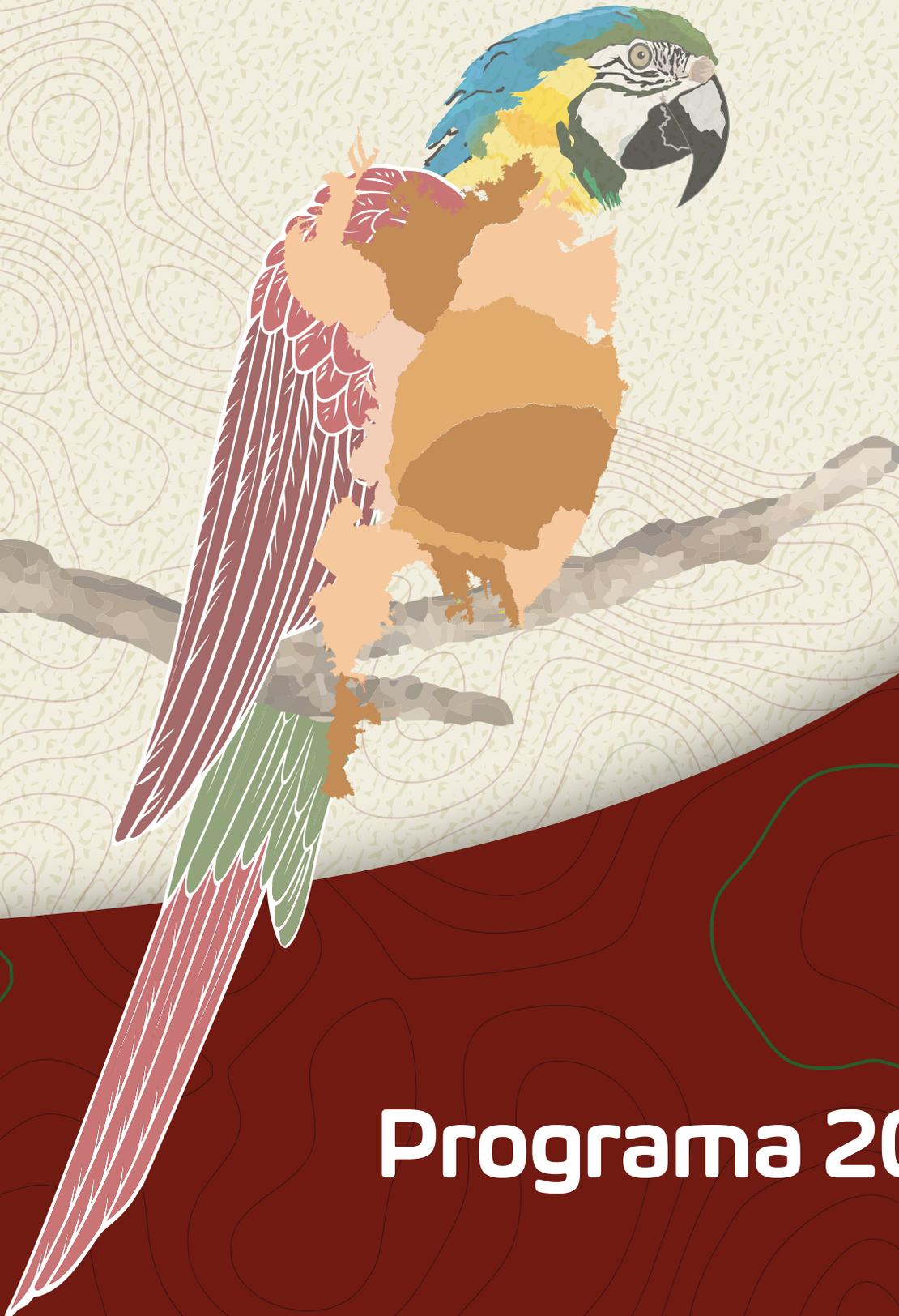




6º GeoPantanal

6^o Simpósio de Geotecnologias no Pantanal

Cuiabá, MT, 22 a 26 de outubro de 2016



Programa 2016



FOLHA DE ROSTO

EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA

Av. André de Tosello, 209 - Barão Geraldo - Caixa Postal 6041

Cep: 13083-886 - Campinas, SP

Tel: (19) 3211-5700

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

Avenida dos Astronautas, 1.758 - Jd Granja

Cep: 12227-010

São José dos Campos, SP - Brasil

Tel: 55 (12) 3945-6000

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO MATO GROSSO, CÁCERES

Avenida dos Astronautas, 1.758 - Jd Granja

Cep: 12227-010

São José dos Campos, SP - Brasil

Tel: 55 (12) 3945-6000

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL, PANTANAL

Avenida dos Astronautas, 1.758 - Jd Granja

Cep: 12227-010

São José dos Campos, SP - Brasil

Tel: 55 (12) 3945-6000

UFMS - UNIVERSIDADE FEDERAL DO MATO GROSSO DO SUL

Avenida Costa e Silva, s/n - Cidade Universitária

Cep: 79070-900

Campo Grande, MS - Brasil

Tel: 55 (67) 3345-7000



IFMT - INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MATO GROSSO

Avenida Sen. Filinto Müller, 953 - Duque de Caxias

Cep: 78043-400

Telefone: (65) 3616-4100

Cuiabá, MT - Brasil

UFMT - UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO

Avenida Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança

Cep: 78068-600

Cuiabá, MT - Brasil

COMISSÃO ORGANIZADORA

Dr. João dos Santos Vila da Silva - Embrapa Informática Agropecuária - Presidente

Dr. Laércio Massaru Namikawa - INPE

Dra. Sandra Mara Alves da Silva Neves - UNEMAT

Dr. Aguinaldo Silva - UFMS

Prof. Dr. Vanderley Severino dos Santos - IFMT

Prof. Dr. Gustavo Manzon Nunes - UFMT

EDITORIAÇÃO ELETRÔNICA, EDIÇÃO DOS ARQUIVOS NO FORMATO PDF, ABERTURA E CAPA

Jessica Spessotto Vieira

Aline dos Santos

Suzilei Almeida Carneiro



Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais da Catalogação na Publicação (CIP)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

Simpósio de Geotecnologias no Pantanal (6.:2016 : Cuiabá, MT).

Anais do 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cuiabá, MT, 22 a 26 de outubro de 2016 / Editores técnicos, João dos Santos Vila da Silva, Beatriz Lima de Paula Silva, Laércio Massaru Namikawa. - São José dos Campos, SP: Inpe; Brasília, DF: Embrapa, 2016.

1 CD-ROM : color. ; 4¾ pol.

ISBN 978-85-17-00085-0

1. Geotecnologia. 2. Sistema de informação geográfica. 3. Análise espacial
4. Geoprocessamento. 5. Sensoriamento remoto I. Silva, João dos Santos Vila da. II. Silva, Beatriz Lima de Paula. III. Namikawa, Laércio Massaru. IV. Embrapa Informática Agropecuária. IV. Título.

CDD 526 - 21 st ed

1ª edição

CD-ROM (2016): 500 exemplares

Configuração mínima e Instalação

Pentium 4 ou equivalente, 512 Mb de memória RAM, acionador para CD-ROM com 40x de velocidade, monitor SVGA configurado a 1024 x 768 de resolução, 32 bits de profundidade de cor, Windows 32 bits (XP ou superior) instalado e funcionando adequadamente.

O CD dos Anais do 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal deverá ser executado diretamente do acionador de CD-ROM, não interferindo de forma alguma na configuração do seu micro. Você pode criar um atalho no *desktop* do Windows para chamar o arquivo *geopantanal.pdf* que se encontra no diretório raiz do CD-ROM.



ORGANIZAÇÃO

REALIZAÇÃO

Embrapa Informática Agropecuária

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

UNEMAT - Universidade do Estado de Mato Grosso

UFMS - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul

IFMT - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso

UFMT - Universidade Federal de Mato Grosso

COMISSÃO ORGANIZADORA

Dr. João dos Santos Vila da Silva - Embrapa Informática Agropecuária - Presidente

Dr. Laércio Massaru Namikawa - INPE

Dra. Sandra Mara Alves da Silva Neves - UNEMAT

Dr. Aguinaldo Silva - UFMS

Prof. Dr. Vanderley Severino dos Santos - IFMT

Prof. Dr. Gustavo Manzon Nunes - UFMT

COMITÊ DE PROGRAMA

Dr. Laércio Massaru Namikawa - INPE - Presidente

Dra. Beatriz Lima de Paula - UFMS

Dr. João dos Santos Vila da Silva - Embrapa Informática Agropecuária

Dra. Myrian de Moura Abdon - SELPER Brasil

Dr. Ronaldo José Neves - UNEMAT (in memória)

Dra. Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin - UNEMAT

Dra. Gláucia Miranda Ramirez - UFMT

Dra. Ângela Santana de Oliveira - IFMT

MSc. Roberto Nunes Vianconi Souto - IFMT

Dra. Norka da Silva Albernaz - IFMT



COMITÊ DE INFRAESTRUTURA

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA

Terezinha Gomes dos Santos - INPE

Daniela Miyuki Seki - INPE/SELPER Brasil

Maria Giulia Croce - Embrapa Informática Agropecuária

Rafaelle Mayara Martins - Embrapa Informática Agropecuária

Prof^a Mestre Amarília Matilde da Silva - IFMT Cuiabá

Prof. Giuliano Robledo Zucoloto Moreira - IFMT Cuiabá

SECRETARIA FINANCEIRA

Tamara de Moraes Fernandes - INPE

Daniela Miyuki Seki - INPE

SUBMISSÃO E REVISÃO DE ARTIGOS

Laércio Massaru Namikawa - INPE

Dra. Beatriz Lima de Paula - UFMS Corumbá

João dos Santos Vila da Silva - Embrapa Informática Agropecuária

ARTES GRÁFICAS, WEBDESIGNER E WEBMASTER

Suzilei Carneiro - Embrapa Informática Agropecuária

Jéssica Spessoto Vieira - Marka Criativa

Aline Santos - Marka Criativa

ACOMPANHAMENTO DE EVENTOS

José Bento Fontes - INPE

SECRETARIA DE JORNALISMO

Nadir Rodrigues - Embrapa Informática Agropecuária

Beatriz Guimarães - Embrapa Informática Agropecuária

Caroline Masiero - Embrapa Informática Agropecuária

Maria Santíssima de Lima - UFMT



COMITÊ TÉCNICO-CIENTÍFICO

- Dra. Beatriz Lima de Paula - UFMS Corumbá - Presidente
- Dr. Aguinaldo Silva - UFMS Corumbá
- Dr. Alexandre Camargo Coutinho - Embrapa Informática Agropecuária
- Dr. André Geraldo Berezuk - UFGD Dourados
- Dr. Antônio Conceição Paranhos Filho - UFMS Campo Grande
- Dr. Arnildo Pott - UFMS Campo Grande
- Dra. Carla Bernadete Madureira Cruz - UFRJ
- Dr. Carlos Alberto Felgueiras - INPE
- Dr. Carlos Antonio da Silva Júnior - UNEMAT Alta Floresta
- Dr. Carlos Antônio Oliveira Vieira - UFSC
- Dra. Cátia Nunes da Cunha - UFMT Cuiabá
- Dra. Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin - UNEMAT Barra do Bugres
- Dr. Ericson Hideki Hayakawa - UNIOESTE
- Dra. Evlyn Márcia Leão de Moraes Novo - INPE
- Dr. Fabricio Anibal Corradini - UFTM
- Dr. Flávio Jorge Ponzoni - INPE
- Dr. Giovane Maia do Vale - UNEMAT Sinop
- Dr. Gustavo Manzon Nunes - UFMT Cuiabá
- Dr. Ibraim Fatim Cruz - UFMT Cuiabá
- Dr. Ivan Bergier Tavares de Lima - Embrapa Pantanal
- Dr. João dos Santos Vila da Silva - Embrapa Informática Agropecuária
- Dr. João Francisco Gonçalves Antunes - Embrapa Informática Agropecuária
- Dr. Júlio César Dalla Mora Esquerdo - Embrapa Informática Agropecuária
- Dr. Laercio Massaru Namikawa - INPE
- Dr. Marcelo Pereira de Souza - USP São Carlos
- Dra. Maria Elisa Siqueira Silva - USP São Paulo
- Dra. Marta Pereira da Silva - Embrapa Gado de Corte
- Dr. Maurício Alves Moreira - INPE
- Dra. Mercedes Abid Mercante - UNIDERP
- Dra. Myrian de Moura Abdon - SELPER
- Dr. Nelson Wellausen Dias - IBGE Aracaju



- Dr. Normandes Matos da Silva - UFMT Rondonópolis
Dr. Raul Sánchez Vicens - UFF Niterói
Dr. Rivanildo Dallacort - UNEMAT Tangará da Serra
Dr. Rodrigo Bruno Zanin - UNEMAT Sinop
Dra. Rozely Ferreira dos Santos - USP
Dr. Rubens Augusto Camargo Lamparelli - Unicamp
Dra. Sandra Mara Alves da Silva Neves - UNEMAT Cáceres
Dr. Sérgio Rosim - INPE
Dr. Sidney Kuerten - UEMS Jardim
Dr. Sílvio Bueno Pereira - UFV
Dr. Sílvio Roberto Evangelista - Embrapa Informática Agropecuária
Dr. Teodoro Isnard Ribeiro de Almeida USP São Paulo
Dr. Thiago Statella - IFMT Cuiabá
Dr. Vitor Matheus Bacani - UFMS Campo Grande
Dr. Waterloo Pereira Filho - UFSM
Dr. Yosio Edemir Shimabukuro - INPE



PREFÁCIO

Ao longo desta publicação o leitor encontrará 97 artigos apresentados no 6º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal – 6º GeoPantanal, ocorrido entre 22 e 26 de outubro de 2016 na cidade de Cuiabá, MT. Além disso, encontram-se publicados 13 resumos das palestras convidadas. Os artigos encontram-se agrupados em temas e podem ser facilmente acessados por autores, temas e palavras-chave.

O incentivo à produção e a disseminação do conhecimento foi proporcionado pelo esforço da Embrapa informática Agropecuária e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, juntos com as parceiras locais Universidade do Estado de Mato Grosso, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e Universidade Federal de Mato Grosso.

Nesta sexta edição do evento houve a inscrição de 153 artigos, sendo que 147 foram submetidos na forma de artigos completos para análise, dos quais 97 foram aprovados para publicação. Ressalta-se aqui o empenho e dedicação dos 50 revisores que compõem o comitê técnico-científico do evento, que ao longo de 10 anos garantem a qualidade das avaliações.

Editores Técnico-científicos

João dos Santos Vila da Silva

Beatriz Lima de Paula

Laércio Massaru Namikawa



SUMÁRIO

Cartografia, Sistemas e Sensores

Carta hipsométrica do perímetro urbano da cidade de Macapá-AP utilizando modelos de elevação do TOPODATA e o LAF20

HERONDINO DOS SANTOS FILHO
MARCELO JOSÉ DE OLIVEIRA
DARREN NORRIS

CBERS-4 MUXCAM Sensor: A Geometric Quality Assessment31

THIAGO STATELLA

Avaliação do Modelo Digital de Terreno (MDT) do projeto Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá: estudo de caso do perímetro urbano do Macapá.47

HERONDINO DOS SANTOS FILHO
MARCELO JOSÉ DE OLIVEIRA

Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ TIRS para o mapeamento de temperatura de superfície em perímetros urbanos, no município de Várzea Grande, Mato Grosso.57

FABIO NUNES COELHO
CEZAR CLEMENTE PIRES DOS SANTOS
MAYCON PEREIRA DO NASCIMENTO

Utilização de modelagem híbrida wavelet nas previsões de séries temporais como auxílio de compreensão na análise meteorológica67

RICARDO VELA DE BRITTO PEREIRA
LUIZ ALBINO TEIXEIRA JÚNIOR
JAIRO MARLON CORRÊA
LEVI LOPES TEIXEIRA

Utilização de novas tecnologias para o mapeamento cartográfico náutico sistemático da Hidrovia do Rio Paraguai78

PAULO PEREIRA OLIVEIRA MATOS
JUAREZ CERQUEIRA FERREIRA
VICTOR HUGO DO ESPÍRITO SANTO CONCEIÇÃO

Avaliação de metodologia para estimativa de características técnicas em barramentos. .85

WALTER CORRÊA CARVALHO JUNIOR
LUCIANA REZENDE ALMEIDA
RODRIGO COGNASC VISENTIN SANTOS GONÇALVES



Uso da estação total robótica como geotecnologia aplicada no monitoramento de barragens de rejeito96

DAVID HARLEY DE OLIVEIRA SARAIVA
ANNE KAROLYNE PEREIRA DA SILVA
DÁLETE MARIA LIMA SOUSA
RAFAEL WENDELL BARROS FORTE DA SILVA

O uso da técnica Phansharping em imagens Landsat 8 para identificação do calor superficial em aglomerados Urbanos..... 104

CÉZAR CLEMENTE PIRES DOS SANTOS
FABIO NUNES COELHO
CINTIA PAULA TARELLI TEIXEIRA
LEONARDO BEZERRA LIMA NETO
SUZELAINE APARECIDA DA SILVA MATOS

Classificação orientada a objeto do Pantanal de Cáceres-MT utilizando a Lógica Fuzzy 113

MURILO HENRIQUE XAVIER PEREIRA
EDINÉIA APARECIDA DOS SANTOS GALVANIN

Análise da acurácia posicional planimétrica da hidrografia numérica extraída do MDS SRTM banda X na região do Pantanal Mato-Grossense 124

DIEGO TELES DA CRUZ
AFONSO DE PAULA DOS SANTOS

Proposta de uso de computação em nuvem em aplicações de zoneamento 133

SÉRGIO APARECIDO BRAGA DA CRUZ
JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES



Fauna e Vegetação

Utilização de índices de vegetação NDVI e EVI do sensor MODIS para caracterização espectro-temporal de coberturas vegetais do Pantanal..... 141

LÍVIA FARIA DEFEO
JÚLIO CÉSAR DALLA MORA ESQUERDO

A vegetação ribeirinha no alto curso do córrego Mineiro, no município de Nova Olímpia – MT..... 150

LAURENTINO BERNARDES VIEIRA

Análise da fragmentação e estrutura populacional de *Dipteryx alata* em dois assentamentos rurais no município de Cáceres no Mato Grosso, por meio das geotecnologias 160

JAKELINE SANTOS COCHEV
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
MAURICIO FERREIRA MENDES
ANA APARECIDA BANDINI ROSSI
SOPHIA LEITÃO PASTORELLO DE PAIVA

Uso e cobertura vegetal da terra na bacia do rio Mutum nas Zonas de Transição Aquático-Terrestre do Pantanal Norte 172

ANA DE PAULA GONÇALVES MELLO
GUSTAVO BENEDITO MEDEIROS ALVES
SIMONI MARIA LOVERDE-OLIVEIRA

Análise multitemporal, com base no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), da cobertura vegetal da Reserva Particular de Patrimônio Natural Penha (RPPN Penha), em Corumbá/MS 191

MARCUS VINICIUS FREITAS BEZERRA
THAÍS RODRIGUES ALVES
ANTÔNIO CONCEIÇÃO PARANHOS FILHO

Estimativa de evapotranspiração real diária para o município de São Gabriel do Oeste utilizando algoritmo SEBAL e imagens Landsat 8..... 197

BRUNO BORNEMBERGER DA SILVA
CARLOS EDUARDO VIZZOTTO CATTANI
LUCAS VOLOCHEN OLDONI
ERIVELTO MERCANTE
JOÃO FRANCISCO GONÇALVES ANTUNES
JÚLIO CÉSAR DALLA MORA ESQUERDO



Geologia, Geomorfologia e Solos

O Pantanal Araguaiano 207

PAULO ROBERTO MARTINI
VALDETE DUARTE
EGÍDIO ARAI
LUAÊ ANDERE

Caracterização física da microbacia do córrego do Caixão em Cuiabá/MT através do software ArcGIS 216

PALOMA DONDO TONELLO PEDRO
FERNANDO DA SILVA SALLO
CAMILA CAROLINE BRAUN DA CRUZ
ANA RUBIA DE CARVALHO BONILHA SILVA
AMANDA FINGER
JULIANO HENDRIGO BORDONI MANZEPI

Papel das macrófitas aquáticas na sucessão ecológica em sistemas fluvio-lacustres do Pantanal: Lago Uberaba 224

EDWARD L. LO
AGUINALDO SILVA
IVAN BERGIER
MICHAEL M. MCGLUE
BEATRIZ LIMA DE PAULA SILVA
ANA PAULA SOUZA SILVA
LUCIANA E. PEREIRA
HUDSON DE AZEVEDO MACEDO
MARIO LUIS ASSINE
EDSON RODRIGO DOS SANTOS DA SILVA

Análise dos processos erosivos nas sub-bacias dos Córregos dos Alpes e do Retiro - município de São Pedro - SP: avaliação de metodologias para determinação das áreas de contribuição 234

MONIQUE DE PAULA NEVES
OSNI JOSÉ PEJON

Registro iconográfico e documental dos sismos ocorridos entre 1955 e 2015 na bacia sedimentar do Pantanal e sua relação com as aplicações de geotecnologias vigentes da época 245

GUSTAVO MARQUES E AMORIM
TIAGO GOMES DA SILVA
EDNA MARIA FACINCANI
THAMYRES LANA GEHLEN
DANILO CESAR SILVA CORRÊA



CAMILA BENITES LULE

Emprego das unidades de relevo no planejamento territorial da bacia do Rio Claro (SP), na escala 1:50.000..... 255

DARLAN DE SOUZA MARQUEZOLA
VAGNER DE SOUZA SERIKAWA
JOSÉ AUGUSTO DE LOLLO
REINALDO LORANDI

Geotecnologias livres e gratuitas na elaboração de carta de distribuição espacial da perda de solos anual para a bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, Dourados/MS..... 265

JOÃO LUCAS ALVES DA SILVA
VINÍCIUS DE OLIVEIRA RIBEIRO
LEONARDO LIMA DOS SANTOS

Uso do sensoriamento remoto na análise de mudanças morfológicas no rio Correntes. 276

EDSON RODRIGO DOS SANTOS DA SILVA
AGUINALDO SILVA
BEATRIZ LIMA DE PAULA SILVA
LUCIANA ESCALANTE PEREIRA
EDWARD L. LO
TAYRINE PINHO DE LIMA FONSECA
MAXWELL DA ROSA OLIVEIRA

Modelagem geoespacial das perdas de solo em pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da bacia do alto Taquari (MT/MS)..... 288

SÉRGIO GALDINO
MARA DE ANDRADE MARINHO
SÉRGIO GOMES TÔSTO

Suscetibilidade à erosão laminar no município de Miranda/MS..... 297

VANESSA ALINE WAGNER LEITE
EMERSON FIGUEIREDO LEITE

Análise das características morfométricas da bacia hidrográfica rio das Pitas 307

RAQUEL MARTINS DA SILVA
ANA LAURA REZENDE DA COSTA
GEOVANNA MIKAELLE SANTOS SILVA
CINTHYA SOUZA
NATHAN CAMPOS TEIXEIRA
ANA RÚBIA DE CARVALHO BONILHA SILVA

Análise do relevo e das características granulométricas da porção leste do Pantanal da Nhecolândia subsidiadas com a aplicação de multissensores remotos 316

FREDERICO DOS SANTOS GRADELLA
PAOLA VICENTINI BONI



6º GeoPantanal

6º Simpósio de Geotecnologias
no Pantanal

Cuiabá, MT, Brasil - 22 a 26 de outubro de 2016

<https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2016>

AMANDA MOREIRA BRAZ
HERMILIANO FELIPE DECCO

Uso de geotecnologia para obtenção de áreas de prioridade para mapeamento geomorfológico na Bacia do Alto Paraguai-BAP 327

JEPHERSON CORREIA SALES
JOELSON DE SOUZA PASSOS

Análise geoespacial das ocorrências de feições erosivas nos planaltos e depressões da faixa norte da bacia do Alto Paraguai 337

DANIEL DIAS DE ANDRADE
JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA
VERA APARECIDA DE FIGUEIREDO
ELISA CALHAU DE CASTRO



Meteorologia, Clima e Recursos Hídricos

Delimitação e análise das Áreas de Preservação Permanente dos corpos hídricos no território municipal de Itaqui, RS, Brasil..... 345

DIEISON MOROZOLI DA SILVA
SIDNEI LUÍS BOHN GASS

Avaliação dos impactos na drenagem com a implantação de telhados verdes na UFMT – Campus Cuiabá utilizando o software SWMM 354

BRUNA PEREIRA LEITE
JÉSSICA MAYUMI FUJIMURA
JHENIFER STÉFANI DE ARAÚJO FERNANDES

Geoprocessamento aplicado à gestão de recursos hídricos: o caso do semiárido nordestino e do Pantanal..... 364

RAFAEL WENDELL BARROS FORTE DA SILVA
DÁLETE MARIA LIMA DE SOUSA

Geotecnologias livres e/ou gratuitas aplicadas ao combate à perda de água em sistema de abastecimento de água 374

VINÍCIUS DE OLIVEIRA RIBEIRO
ANTONIO CONCEIÇÃO PARANHOS FILHO
FLÁVIA MARIA FOGAÇA

Deslocamento dos Sistemas Convectivos de Mesoescala que atingiram o Rio Grande do Sul entre 2004 e 2008 e geraram granizo 384

BRUNO MAON FERNANDES
CLÁUDIA REJANE JACONDINO DE CAMPOS

Carta de Potencial dos meios físico e antrópico ao escoamento superficial para a bacia hidrográfica do Ribeirão Bocaina-MG..... 394

ANA CLÁUDIA PEREIRA CARVALHO
OSNI JOSÉ PEJON
EDUARDO GOULART COLLARES

Proposta de monitoramento da qualidade das águas do rio Cuiabá, com o uso de processos estatísticos e de geotecnologia, prevendo possíveis impactos ambientais à Região do Pantanal 405

CLAUDIONOR ALVES DA SANTA ROSA

Análise multiescala como abordagem do impacto do uso da terra na qualidade da água fluvial da bacia Paraguai/Diamantino em Mato Grosso, Brasil 416

ADRIANA FERREIRA LIMA
EDINÉIA APARECIDA DOS SANTOS GALVANIN



SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
DANIELLE STORCK - TONON

Extração de Corpos de Água do Bioma Pantanal Utilizando Imagens RapidEye por Metodologia Automatizada Baseada no Componente Matiz da Transformação de Cores RGB para o Modelo HSV 426

LAÉRCIO MASSARU NAMIKAWA
EMILIANO FERREIRA CASTEJON

Ilhas de calor nas cidades contidas na Bacia do Alto Paraguai, Brasil..... 433

GÉSSICA DE JESUS OLIVEIRA SILVA
CHARLES CAIONE
VICKTOR LIMA SOUZA
ALEXANDER WEBBER PERLANDIM RAMOS
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
EDINÉIA APARECIDA DOS SANTOS GALVANIN

O fluxo da pecuária de corte no Pantanal Sul: uma análise do trânsito de bovinos investigando a interferência da dinâmica hidro meteorológica da região e o evento extremo “cheia de 2011” 442

ANA GABRIELA DE JESUS ARAUJO
LUIZ TADEU DA SILVA
LEONARDO BACELAR LIMA SANTOS
BEATRIZ MARQUES MOREIRA DA SILVA
GILVAN SAMPAIO DE OLIVEIRA
GUILLERMO OSWALDO OBREGÓN PÁRRAGA
ANTÔNIO MIGUEL VIEIRA MONTEIRO
MURILO DA COSTA RUV LEMES
MARCELO LEME DO PRADO
DANIEL ANDRES RODRIGUEZ

O aumento da concentração de metano no norte do Pantanal é explicado pelo alagamento sazonal? 453

FERNANDO DA SILVA SALLO
TONNY JADER DE MORAES
LUCIANA SANCHES
KAREN F. A. P. SALLO
JOÃO BASSO MARQUES
VANESSA R. M. DIAS

Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Cabaçal em Mato Grosso, Brasil 464

THIZIANE HELEN LORENZON
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
JESÁ PEREIRA KREITLOW
EDINÉIA APARECIDA DOS SANTOS GALVANIN



LUIZ CARLOS MACHADO FILHO

Análise agroclimática para o cultivo do melão no município de Cáceres/MT 475

TAMIRES DA SILVA MACHADO
CLEITON PAULO OLIVEIRA
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
JESÁ PEREIRA KREITLOW
SANTINO SEABRA JUNIOR

Geoestatística como ferramenta para análise espacial da precipitação para o Mato Grosso e seleção de modelos semivariográficos 485

VANESSA RAKEL DE MORAES DIAS,
FERNANDO DA SILVA SALLO
LUCIANA SANCHES
RIVANILDO DALLACORT

Geoferramenta para Aquisição Automática de Dados Pluviométricos a partir do QGIS 493

JÉSSICA RIBEIRO FONTOURA
DANIEL GUSTAVO ALLASIA PICCILLI
RUTINÉIA TASSI
VITOR GUSTAVO GELLER
JEAN RICARDO FAVARETTO
GABRIEL HERBSTTRITH FROEMMING

PSA Hidrico Web: um sistema de apoio a programas de Pagamento para Serviços Ambientais Hídricos no Brasil..... 501

CARLA GEOVANA DO NASCIMENTO MACÁRIO
AZENETH EUFRAUSINO SCHULER
RACHEL BARDY PRADO
ELAINE CRISTINA CARDOSO FIDALGO
ANA PAULA DIAS TURETTA

Impactos climáticos das emissões associadas às queimadas no município de Cáceres-MT.. 512

VERÔNICA MARTINEZ DE O. RAYMUNDI
THALES ERNILDO DE LIMA
ALFREDO ZENEN DOMÍNGUEZ GONZÁLEZ



Planejamento e Análise Ambiental

O cadastro ambiental rural e os desafios para sua efetiva implementação no município de Terra nova do norte-MT..... 520

VIVIANE PIMENTEL DE LIMA DOS SANTOS
SYLVIA KARLA FERREIRA DOS SANTOS

Metodologia para a delimitação da Reserva Biológica do São Donato, municípios de Itaqui e Maçambará, RS, Brasil..... 529

SIDNEI LUÍS BOHN GASS
GUILHERME AUGUSTO MUZY
RICHARD ASSIS DA SILVA

Modelagem de carta geotécnica de erodibilidade do município de Chapada dos Guimarães no Mato Grosso..... 539

WESLEY ALBANO DA SILVA
CRISTOVAM ALBANO DA SILVA JUNIOR
MARCIO ANTUNES DA SILVA

Mapa para análise visual espaço-temporal em design de simulação de cheia no Pantanal .. 549

ARTHUR EMMANUEL DE MEDEIROS NÓBREGA
BEATRIZ LIMA DE PAULA SILVA

Aplicação de plataforma livre na incorporação de dados geoespaciais multifonte para planejamento do Censo Agropecuário: exemplo de utilização do QGIS..... 558

GEOVANNI RIBEIRO LOIOLA
FERNANDO JAKES TEUBNER JUNIOR
NELSON WELLAUSEN DIAS
MATHEUS CARVALHAES DE SOUZA

Emprego de técnicas de geoprocessamento, mapeamento cartográfico e desenvolvimento de SIG para subsidiar o levantamento cadastral de propriedades isoladas na área do Pantanal Sul-Matogrossense no âmbito da universalização de acesso à energia elétrica 568

FABIANO SCHEER HAINOSZ
ELLEN CHRISTINE PRESTES FERRONATO
CRESENCIO SILVIO SEGURA SALAS
CESAR JOÃO ANDREAZZA
GIANCARLO COVOLO HECK
LETÍCIA HELENA SOUZA DA SILVEIRA

Reflexões sobre o aproveitamento dos mapas de escala grande em meio analógico das áreas urbanas das cidades pequenas. 578

Estudo de caso: Sistema Cartográfico da área urbana da cidade de Aquidauana-MS ... 578

NELSON MARISCO

Balanço hídrico sequencial para a cultura do Amendoim em Tangará da Serra - MT 586

JOÃO DANILO BARBIERI
RIVANILDO DALLACORT
ADALBERTO SANTI
FRANCIELLE FREITAS VIEIRA
ANDRÉ TAVARES VASCONCELOS

Análise do desmatamento e da concessão de crédito rural no bioma Pantanal, no período de 2002 a 2008 594

DANIEL RICARDO DA SILVA SENA
EDINÉIA APARECIDA DOS SANTOS GALVANIN
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES

Análise comparativa da fragilidade ambiental do município de Aquidauana-ms com uso de geotecnologias 603

LARISSA DO CARMO PIRES
EVA TEIXEIRA DOS SANTOS
VITOR MATHEUS BACANI

Análise do desmatamento e renda nos municípios da microrregião de Tangará da Serra – Bacia Alto Paraguai/MT 613

POLLYANA APARECIDA SIMÃO
YUNG FELIPE GARCIA
THALES ERNILDO LIMA
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
AUMERI CARLOS BAMPI
DIVINO BATISTA ALVES ROSA

Dinâmica da agricultura na Bacia do Alto Paraguai..... 623

ALEXANDRE CAMARGO COUTINHO
CHRISTOPHER BISHOP
JÚLIO CÉSAR DALLA MORA ESQUERDO
JUDE HEATHCLIFF KASTENS
JOHN CHRISTOPHER BROWN

Análise da vulnerabilidade natural da bacia do Rio Coxipó Açu - MT..... 633

HENRIQUE NICOLAU MARANHOLI
LUCIANA ALMEIDA DE MATOS
THALES ERNILDO DE LIMA
WELLINGTON FAVA ROQUE
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
ALFREDO ZENEN DOMINGUEZ GONZALEZ

Qualificação Territorial da Agropecuária e Socioeconomia do Pantanal Brasileiro 642



LUCÍOLA ALVES MAGALHÃES
MARCELO FERNANDO FONSECA
GUSTAVO SPADOTTI AMARAL CASTRO
JAUDETE DALTIO
PAULO ROBERTO RODRIGUES MARTINHO
CARLOS ALBERTO DE CARVALHO

Interferências do pulso de inundação nas atividades econômicas da Comunidade da Barra do São Lourenço 653

MAXWELL DA ROSA OLIVEIRA
BEATRIZ LIMA DE PAULA SILVA
AGUINALDO SILVA
LUCIANA ESCALANTE PEREIRA
TAYRINE PINHO DE LIMA FONSECA
EDSON RODRIGO DOS SANTOS DA SILVA

Análise temporal da dinâmica de paisagem das áreas não inundáveis do Pantanal de Cáceres/ MT 661

ALEXANDER WEBBER PERLANDIM RAMOS
MIRIAM RAQUEL DA SILVA MIRANDA
GÉSSICA DE JESUS OLIVEIRA SILVA
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
EDINÉIA APARECIDA DOS SANTOS GALVANIN
RONALDO JOSÉ NEVES (IN MEMORIAM)

Influência do processo de inundação do Rio Paraguai na região da Barra do São Lourenço, Pantanal 673

TAYRINE PINHO DE LIMA FONSECA
AGUINALDO SILVA
BEATRIZ LIMA DE PAULA SILVA
LUCIANA ESCALANTE PEREIRA
EDSON RODRIGO DOS SANTOS DA SILVA
MAXWELL DA ROSA OLIVEIRA

Geotecnologias na análise de vazão de interceptor de esgoto..... 682

PEDRO ERNESTO BARBOSA ZAMBONI
VINÍCIUS DE OLIVEIRA RIBEIRO
JOSÉ RENATO DORETO HERNANDO

O uso do geoprocessamento para análise do crescimento urbano nos municípios com a maior evolução da área de plantio da soja no estado do Mato Grosso, entre os anos de 1990 e 2010 691

KELLY CRISTINA DE MORAES CAMARGO
FELIPE FERRAZ VAZQUEZ
ARTUR HUGO RIBEIRO CORRÊA DE ARAÚJO



ROBERTO LUIZ DO CARMO

Mapeamento e análise multitemporal da paisagem nos assentamentos rurais de Cáceres/MT, situados na fronteira Brasil-Bolívia 701

POLIANA ROMA GREVE NODARI
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
LARISSA ESPINOSA DE FREITAS
MIRIAM RAQUEL DA SILVA MIRANDA
DOUGLAS EHLE NODARI

Uso do modelo digital de elevação para planejamento ambiental em nível de micro bacia contribuinte do Pantanal 710

VALÉRIA SHIRLEY ORTH DE JESUS
JEPHERSON SALES
CLEBERSON RIBEIRO DE JESUZ
ELIANA BEATRIZ NUNES RONDON LIMA

O uso de geotecnologias e o sistema CAR para regularização, licenciamento e monitoramento ambiental rural no Estado do Acre 720

LEIDIANE DA SILVA PEREIRA
KARLA DA SILVA ROCHA
LAURA DE SOUZA MORAES DUETI

Análise espacial do crescimento urbano de Cáceres/MT, Pantanal mato-grossense 728

WILLIAM JAMES VENDRAMINI
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
EDINEIA APARECIDA DOS SANTOS GALVANIN
JOÃO SANTOS VILA DA SILVA
JESÁ PEREIRA KREITLOW
LAÍS FERNANDES DE SOUZA NEVES

Geotecnologias aplicadas na avaliação do potencial das subbacias hidrográficas enquanto unidades espaciais de planejamento urbano integrado na cidade de Rondonópolis-MT 738

TATIANE DUARTE SILVA OLIVEIRA
JEATER WALDEMAR MACIEL CORREA SANTOS
NESTOR ALEXANDRE PEREHOUSKEI

Análise da paisagem e mudanças no uso da terra no assentamento Antônio Conselheiro/Mato Grosso..... 750

MIRIAM RAQUEL DA SILVA MIRANDA
JESÁ PEREIRA KREITLOW
CLEBER APARECIDO BARROS
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
RONALDO JOSÉ NEVES (IN MEMORIAM)

Suscetibilidade à erosão hídrica no município de Araputanga, região sudoeste de

planejamento do estado de Mato Grosso - Brasil..... 760

CAMILA CALAZANS DA SILVA LUZ
CLEBER APARECIDO DE BARROS
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
RONALDO JOSÉ NEVES (IN MEMORIAM)
MARIA CÂNDIDA MOITINHO NUNES



Turismo e Saúde

Análise espacial dos criadouros de dengue no município de Macapá-AP..... 768

CHIRLIANE GOMES DUARTE
KEILIANE DOS SANTOS AMARAL
MAGDA AZEVEDO PINTO
FABIANO LUÍS BELEM
DIANE MONTEIRO BITENCOURT
ERICA CRIS DA SILVA E SILVA
ELYERSON ALEXANDRE PEREIRA BOAVENTURAC
MARINA TEÓFILO PIGNATI

Análise multitemporal da mudança da paisagem e suas influências na evolução do desenvolvimento do turismo em Bonito, Mato Grosso do Sul. 778

WALDIR LEONEL
MERCEDES ABID MERCANTE
MAURO HENRIQUE SOARES DA SILVA

Impactos da inundação do rio Aquidauana (MS) sobre o ambiente e a saúde da população ribeirinha em 2016 789

EVA TEIXEIRA DOS SANTOS
LENITA DA SILVA VIEIRA XIMENES
ALFREDO AGUIRRE DA PAIXÃO

Análise das paisagens observadas a partir da orla do Rio Paraguai na cidade pantaneira de Cáceres/MT: uma contribuição para o turismo local 799

MARCELA DE ALMEIDA SILVA
MIRIAM RAQUEL DA SILVA MIRANDA
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
RONALDO JOSÉ NEVES (IN MEMORIAM)

O Turismo e os Impactos Ambientais na Ilha de Cotijuba (Belém – PA) 809

KELLY ARAGÃO DO AMARAL
INGRIDIS CAROLINA DE ARAÚJO CORRÊA
JEAN FERREIRA DA SILVA
MICHELE TEXEIRA MOUTINHO

MOISÉS ALBERTO EVELYN PEREIRA TOME
WELLINGTON WAGNER NUNES DE ABREU
PAULA MARIA DE MELO MENEZES
ARIAN FERREIRA CARNEIRO
THAMYRES MARQUES DA SILVA



Uso da Terra e Educação Ambiental

Análise do uso e ocupação de terra no distanciamento do perímetro urbano de Alta Floresta – MT, na Bacia Hidrográfica Mariana 816

SYLVIA KARLA FERREIRA DOS SANTOS
ADEMILSO SAMPAIO DE OLIVEIRA
EMELI LALESCA APARECIADA DA GUARDA
DIEGO BRUNO COELHO DE SOUZA

Mapeamento do uso e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Paracatu: comparação 2002 e 2013 826

JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA
PAULA GUIMARÃES
JÉSSICA DA SILVA RODRIGUES CECIM

Produção agrícola e aspectos fundiários no Mato Grosso no período de 2000 a 2010 .. 836

MARINES ORLANDI
ARNALDO TAVEIRA CHIOVETO
PAULO CÉSAR SILVA COSTA JUNIOR
JEFFERSON ANDRONIO RAMUNDO STADUTO

Dinâmica de uso da terra da bacia hidrográfica do rio Cará-Cará entre os anos de 2002 e 2010 846

EDSON ANTONIO MENGATTO JUNIOR
JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA
CRISTIANO MARQUES FERNANDES
LUCILIA MARIA PARRON

Ferramenta técnica como suporte a gestão do território..... 856

EDSON ANTONIO MENGATTO JUNIOR
JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA
REGINA CÉLIA DE OLIVEIRA

Classificação sub-pixel de séries temporais de dados MODIS para o mapeamento da cana-de-açúcar na Bacia do Alto Paraguai 865

JOÃO FRANCISCO GONÇALVES ANTUNES
JÚLIO CÉSAR DALLA MORA ESQUERDO



Ferramenta de análise de crédito rural: espacializando dados para o Pantanal 876

VERA APARECIDA DE FIGUEIREDO
JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA
ELISA CALHAU DE CASTRO
DANIEL DIAS DE ANDRADE

Análise da vulnerabilidade natural da bacia do Rio Coxipó Açu - MT..... 886

Análise dos atributos do meio físico e de uso e ocupação do solo das zonas de manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra no município de Delfinópolis (MG)..... 886

ANA PAULA PEREIRA CARVALHO
OSNI JOSÉ PEJON
EDUARDO GOULART COLLARES

Diagnóstico do uso do solo no entorno de lagoas marginais ao rio Taquari, Bacia do Médio Taquari, Mato Grosso do Sul, Brasil, por meio de imagem de satélite LANDSAT: influência sobre a diversidade da biota aquática..... 897

ADRIANA MARIA GÜNTZEL
TALITA VARELA UTSUNI DE CAMARGO
VÍNCLEO FERNANDES RIBEIRO DE OLIVEIRA
ALEXANDRE FORNARO

Geotecnologias aplicadas à avaliação da aptidão agrícola das terras da bacia Ribeirão da Jacobina, Cáceres-MT 905

LARISSA ESPINOSA DE FREITAS
SANDRA MARA ALVES DA SILVA NEVES
MARIA CÂNDIDA MOITINHO NUNES
MILSON EVALDO SERAFIM
DIEGO GALVÃO DE PAULA

Uso da terra na bacia de contribuição do reservatório Ponte de Pedra no limite do planalto com a planície de inundação do Pantanal..... 916

CAMILA SILVA FAVRETTO
IBRAIM FANTIN-CRUZ
SIMONI LOVERDE-OLIVEIRA

Monitoramento e análise da dinâmica das alterações de áreas agrícolas na Bacia do Alto Paraguai 926

CLÓVIS CECHIM JÚNIOR
JOÃO FRANCISCO GONÇALVES ANTUNES
JERRY ADRIANI JOHANN
JÚLIO CÉSAR DALLA MORA ESQUERDO

Aplicação de geotecnologias gratuitas e livres na delimitação e análise do uso e cobertura do solo na da Bacia Hidrográfica do córrego Laranja Doce 936



LEONARDO LIMA DOS SANTOS
VINÍCIUS DE OLIVEIRA RIBEIRO
JOÃO LUCAS ALVES DA SILVA

O espaço da pecuária bovina de corte no Pantanal de Mato Grosso do Sul: redes, territórios e territorialidades 946

ANA GABRIELA DE JESUS ARAUJO
LUIZ TADEU DA SILVA
DEIVID GALDINI SILVA
RENE ANTÔNIO NOVAES JÚNIOR
RENATA GALVÃO NEVES DA SILVA
MARCELO LEME DO PRADO
MURILO DA COSTA RUV LEMES
LUANA NAYARA NASCIMENTO
NÁGELA FERNANDA DOS SANTOS MASUDA
ANTÔNIO MIGUEL VIEIRA MONTEIRO
DANIEL ANDRES RODRIGUEZ
GILVAN SAMPAIO DE OLIVEIRA

Análise da temperatura da superfície terrestre associada à dinâmica do uso e ocupação do solo nos municípios de Belém e Ananindeua, Pará, Brasil 957

ADÊNIO MIGUEL SILVA DA COSTA
PAULO EDUARDO SILVA BEZERRA
RODRIGO SILVA DE OLIVEIRA



Palestras

Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ TIRS para o mapeamento de temperatura de superfície em perímetros urbanos, no município de Várzea Grande, Mato Grosso. 968

FABIO NUNES COELHO
CEZAR CLEMENTE PIRES DOS SANTOS
MAYCON PEREIRA DO NASCIMENTO

Séries temporais de EVI2/MODIS para avaliação de pastagens tropicais 969

DANIEL ALVES DE AGUIAR

Mapas da vegetação e de macrohabitats: nova abordagem para a ferramenta de gestão do Pantanal 970

CÁTIA NUNES DA CUNHA*
W. J. JUNK*

Sistema de suporte à decisão frente às inundações do Pantanal 971

CARLOS ROBERTO PADOVANI

Mapeamento a análise tridimensional de macrohabitats no Pantanal com uso de VANTs .. 972

GUSTAVO MANZON NUNES

O uso de séries temporais no monitoramento agrícola e ambiental 973

JÚLIO CÉSAR DALLA MORA ESQUERDO

Comissionamento do satélite CBERS-4 974

JULIO CESAR LIMA DALGE

10 anos do GeoPantanal - retrospectiva e desafios 975

JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA

Cadastro Ambiental Rural e Monitoramento Ambiental em Mato Grosso 976

OLGA PATRÍCIA KUMMER

Pós-graduação em Sensoriamento Remoto 977

FLÁVIO JORGE PONZONI

Agricultura de Precisão: Conceitos baseados na geotecnologia 978

RICARDO YASSUSHI INAMASU

Geotecnologias na Universidade do Estado de Mato Grosso – Panorama atual e Desafios . 979

RODRIGO BRUNO ZANIN



6º GeoPantanal

6º Simpósio de Geotecnologias
no Pantanal

Cuiabá, MT, Brasil - 22 a 26 de outubro de 2016

<https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2016>

Pesquisa e aplicações em geotecnologias: situação e perspectivas na região Centro-Oeste 980

ELIANE GUARALDO

ANTONIO CONCEIÇÃO PARANHOS FILHO



Carta hipsométrica do perímetro urbano da cidade de Macapá-AP utilizando modelos de elevação do TOPODATA e o LAF

Herondino dos Santos Filho ¹

Marcelo José de Oliveira ¹

Darren Norris ¹

¹ Universidade Federal do Amapá – UNIFAP
Rod. Juscelino Kubitschek, s/n – Caixa Postal 261
68902-280 – Macapá – AP, Brasil
herondino7@yahoo.com.br
{geomarcelooliveira, dnorris75}@gmail.com

Resumo. Macapá encontra-se na planície do estuário amazônico, onde a baixa altitude é revelada pela tipificação de suas áreas inundadas, localmente chamadas de “ressacas”. Estas áreas de proteção ambiental tornam-se áreas de risco, pois comumente são ocupadas pela população de baixa renda, podendo ainda apresentar um problema mais grave com a elevação do nível do mar. A compreensão de sua elevação em relação ao nível do mar deve ser uma preocupação constante principalmente do setor público para ações resilientes e mitigadoras nas esferas socioambientais. A modelagem numérica do perímetro urbano da cidade pode permitir um planejamento que dê respostas em caso de desastres ambientais, quanto às ações a serem tomadas, pelo conhecimento de sua altimetria. Este trabalho teve como objetivo a elaboração de um mapa altimétrico (hipsométrico) do perímetro urbano da cidade de Macapá na escala 1:100.000, utilizando os produtos oferecidos pelo INPE como os insumos do TOPODATA, a ferramenta do Laboratório de Agricultura e Floresta - LAF e do software SPRING. Os resultados mostram que a correlação entre os dados LAF e os obtidos pelo TOPODATA são bastante significativos.

Palavras-chave: hipsométrico, TOPODATA, LAF, MNT, altimetria, ressaca.

Abstract. Macapá is a city located on the floodplain of the Amazon estuary, where low altitude results in areas frequently flooded by storm surges, locally known as “ressacas”. However, urban expansion across the floodplains means that these areas of environmental protection are transformed into areas of socio-environmental risk. These “ressaca” areas are commonly occupied by low-income populations, and the risks may become a more serious problem with predicted sea level rise. To enable the development of protection and mitigation actions in the social and environmental spheres a more detailed understanding of the elevation relative to sea level should be a constant concern mainly in the public sector. The numerical modeling of the altitude of the urban perimeter of the city can allow the planning of appropriate response actions in the event of environmental disasters. This study aimed to produce a hypsometric altimetry map of the urban perimeter of the city of Macapá at 1: 100,000 scale, using the products offered by INPE, specifically TOPODATA, a tool from the Agriculture and Forest Laboratory (“Laboratório de Agricultura e Floresta”- LAF) and SPRING software. The results show that the correlations between results of LAF and TOPODATA are highly significant.

Key-words: hypsometric, TOPODATA, LAF, DEM, altimetry, floodplain

1. Introdução

Em qualquer estudo que descreva algum tipo de fenômeno espacial, ou de dados que tratam da superfície da terra, não há dúvidas de que a melhor maneira de analisá-los é por meio de uma representação gráfica, de visualização mais tangível, como um mapa ou um modelo numérico de terreno (MNT). Um modelo numérico de terreno (MNT) ou ainda também chamado modelo digital de elevação (MDE), é uma representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre (Câmara et al, 2001). Segundo Valeriano (2008), os modelos digitais de elevação (MDE) são arquivos que contêm registros altimétricos estruturados em linhas e colunas georreferenciadas, como uma imagem com um valor de elevação em cada pixel.

Uma grande quantidade de dados altimétricos foram disponibilizados para toda América do Sul em meados de 2003, por meio da Missão Topográfica por Radar ou Shuttle Radar Topographic Mission - SRTM. A SRTM foi uma missão espacial liderada pela agência espacial americana - *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e envolveu as agências espaciais da Alemanha (*Deutschen Zentrum für Luft - und Raumfahrt* - DLR) e Itália (*Agenzia Spaziale Italiana* - ASI) (Araújo, 2006 apud Valeriano, 2005).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE por meio da iniciativa TOPODATA, apresentou uma quantidade significativa de variáveis locais derivadas dos dados SRTM para todo o Brasil, que estão disponíveis gratuitamente. Estes dados foram refinados da resolução espacial original de 3 arco-segundos (~90m) para 1 arco-segundo (~30m) pelo método de krigagem (Valeriano, 2008).

O INPE também é o responsável pela disponibilização do Laboratório de Agricultura e Floresta – LAF, que mediante cadastro em sua plataforma virtual, fornece dados de séries temporais MODIS em aplicações de análises de mudanças de uso e cobertura da terra, calcula os valores do índice de vegetação e precipitação. Além de fornecer a visualização dentro do perímetro circunscrito de um determinado raio, a altimetria de qualquer ponto da área de estudo. Segundo Batista Filho et al. (2013), o fácil manuseio e o acesso que o programa LAF oferece constitui uma boa fonte de obtenção de dados altimétricos, tendo o cuidado de respeitar as suas limitações, relacionadas ao uso em altitudes elevadas e distorções com o efeito espelho geradas em vales estreitos, situação não observada na região objeto de estudo desta pesquisa.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi de elaborar um mapa altimétrico – hipsométrico - confiável do perímetro urbano da cidade de Macapá. Segundo Simm (2011), o mapa hipsométrico é um fatiamento em cores da superfície gerada pelo modelo numérico de terreno, ou MDE. Para esse

fim será utilizado como instrumentos, insumos e dado SRTM disponíveis no TOPODATA/INPE, o Laboratório de Agricultura e Floresta – LAF e o SPRING 5.3, com o propósito de verificar a elevação média da cidade de Macapá, em especial, das áreas de preservação ambientais denominadas “ressacas”, as quais segundo Santos Filho (2011), abrangem cerca de 20% do perímetro urbano da sede de Macapá. A cidade é capital do estado do Amapá, e está situada na planície do estuário da foz do Amazonas, estando, portanto, sujeita à ação de marés. Em função disso, é comum durante a estação chuvosa e as marés de sizígia a ocorrência de alagamentos, sobretudo, nas áreas mais baixas e de ressaca. O que denota, ainda mais a importância de dados altimétricos como os gerados pelo presente estudo.

As áreas de ressaca são campos de inundação de grande extensão e alimentadas por um sistema complexo de bacias hidrográficas inseridas no perímetro urbano da cidade de Macapá. São espaços de relevante interesse ambiental e urbano, pois funcionam como elementos naturais de drenagem, corredores de circulação de vento, além de abrigar uma biodiversidade característica que agregam qualidade ambiental à cidade. Todavia, vem sendo francamente ocupados pela população de baixa renda, que encontra um espaço “gratuito” para a construção de suas moradias. A falta de políticas públicas para o ordenamento das ressacas, associada à ineficiência de fiscalização vem contribuindo para o aumento da ocupação e degradação socioambiental desses ecossistemas. Segundo Acselrad (2004), a desigualdade ambiental é sem dúvida uma das principais expressões da desigualdade social, em que “os pobres estão mais expostos aos riscos devido à localização de suas residências, mais vulneráveis a enchentes, a ação do esgoto a céu aberto, além do lançamento de rejeitos sólidos”.

3. Material e Métodos

De forma sistemática e ordenada a elaboração e validação da carta hipsométrica de Macapá, seguiu os seguintes procedimentos metodológicos: delimitação da área de estudo, aquisição de imagem, processamento de imagem, geração de modelo digital de elevação e avaliação do mapeamento.

3.1 Delimitação da área de estudo

O perímetro urbano da cidade de Macapá, capital do estado do Amapá, foi objeto de estudo deste trabalho. A área investigada se insere no retângulo envolvente definido pelos paralelos 0° 3' 27" e 0° 6' 45" Latitude sul e norte respectivamente, e meridianos 51° 12' 17" e 51° 0' 15" Longitude oeste (**Figura 1**). A delimitação desta área foi o primeiro passo para a elaboração do modelo digital de elevação.

3.2 Aquisição da imagem

Procedeu-se a aquisição da imagem junto ao Projeto TOPODATA do INPE em seu formato Geotiff. Esses dados foram elaborados a partir dos dados SRTM () disponibilizados pelo USGS na rede mundial de computadores (INPE, 2015). Também no INPE se obteve, de forma gratuita, o software SPRING versão 5.3, utilizado em/no processamento das imagens.

Os dados estão todos dispostos em quadrículas compatíveis com a articulação 1:250.000, portanto, em folhas de 1o de latitude por 1,5° de longitude. Para a área de estudo obteve-se duas quadrículas, haja vista a peculiaridade da cidade de Macapá ser cortada pela linha do Equador, estando à primeira no hemisfério sul e de notação: 00s525, ou seja, latitude 0° sul e longitude 52° e 30'. Enquanto que a segunda quadrícula encontrando-se no hemisfério norte de notação: 01n525, ou seja, latitude 01 norte e longitude 52° e 30'.

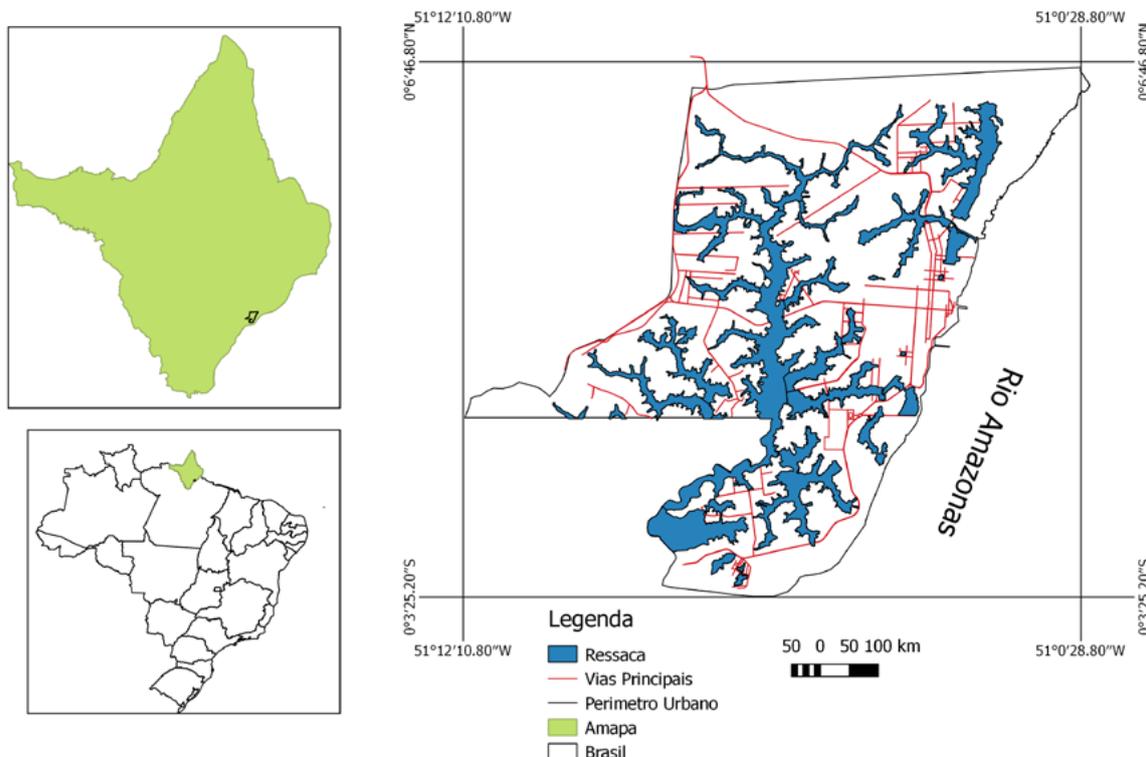


Figura 1. Localização da área de estudo, Macapá-AP

3.3 Processamento da imagem

Após o download da imagem no TOPODATA, e para que a sua leitura fosse feita no SPRING, foi criado um projeto contendo os paralelos $0^{\circ} 59' 59''$ e $1^{\circ} 0' 2''$ Latitude S e N, respectivamente, e meridianos $52^{\circ} 29' 59''$ e $50^{\circ} 59' 58''$ Longitude W. Em seguida, foi feito o mosaico com o interpolador vizinho mais próximo e também o seu recorte com o shapefile do perímetro urbano da cidade fornecido por Santos Filho (2011).

Ademais, foi elaborado um novo projeto denominado Macapa, com os seguintes parâmetros:

- Sistema de projeção cartográfica: UTM/DATUM – SIRGAS 2000
- Meridiano central: 51o WGr na Zona: 22
- Coordenadas: GMS e Hemisférios: Norte e Sul;
- Coordenadas do retângulo envolvente:
 - o $51^{\circ} 12' 17''$; s $0^{\circ} 3' 27''$ (Canto esquerdo inferior)
 - o $51^{\circ} 0' 15''$; n $0^{\circ} 6' 45''$ (Canto direito superior)

A partir deste novo projeto foi construído o modelo de dados para elaboração do mapa hipsométrico.

3.4 Geração do mapa altimétrico (hipsométrico)

A **Figura 2** mostra os procedimentos adotados para o tratamento dos dados obtidos junto ao TOPODATA. Inicialmente foi feita a criação do modelo de dados temático e os atributos das suas classes. A seguir, procedeu-se o fatiamento, onde se definiu os limites: do valor da cota mínima (0) e máxima (30 m), baseados em valores próximos dos mínimo e máximo registrados nos dados fornecidos pela própria imagem do TOPODATA. A seguir definiu-se o intervalo de

fatiamento em 3 metros, o qual se julgou ser o adequado para a representação de dez classes entre 0 e 30 metros em respectivo intervalo (3m).

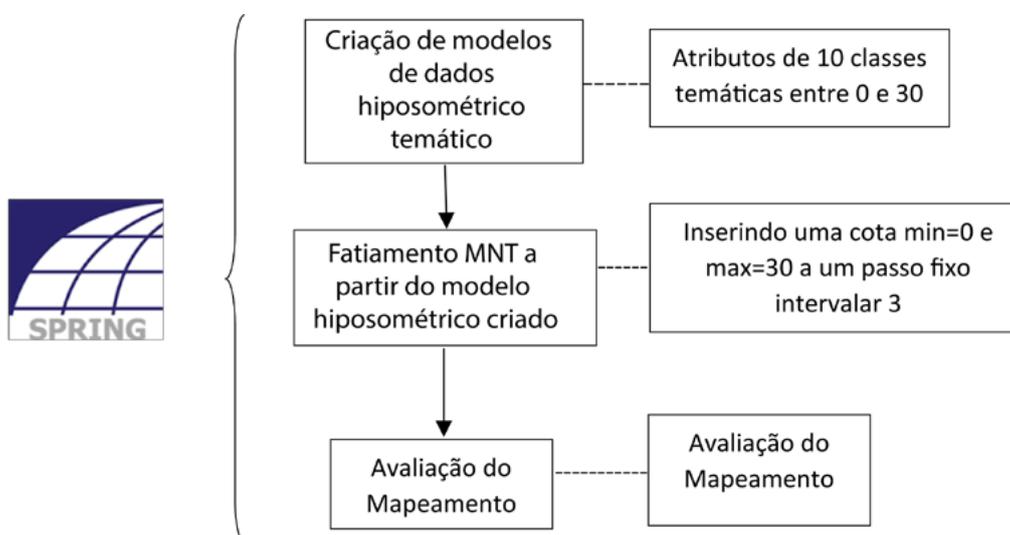


Figura 2. Fluxograma do processamento da imagem Geotiff no SPRING

3.5 Avaliação do mapeamento

Para dar confiabilidade ao produto cartográfico gerado, os dados do TOPODATA são comparados com os dados fornecidos pelo LAF, gerando modelos de regressão linear simples entre as duas fontes de dados.

A comparação dos dois modelos foi precedida da aquisição de 32 amostras de coordenadas GMS obtidas no LAF, abrangendo toda área do perímetro urbano da cidade de Macapá, e por meio da função de posicionar cursor do Spring e suas operações métricas na carta gerada. Os dados de elevação apresentados no gráfico polar são obtidos dos modelos de elevação disponíveis no globo em que o círculo oportuniza a escolher os valores de todo o perímetro percorrido de um círculo em dada coordenada. Neste trabalho o raio do círculo foi de 200 m, obtendo-se os pontos de maior elevação (Max) e os de menor elevação (Min).

A avaliação do mapeamento também teve a análise estatística por meio dos seguintes parâmetros: Coeficiente de *Pearson* [R], Coeficiente de Determinação [R²], Erro médio (*Mean Error*), o Erro Quadrático Médio (EQM), Erro Médio Percentual (EMP) e análise dos gráficos obtidos.

4. Resultados e Discussão

4.1 Carta hipsométrica

Os resultados contam com o mapeamento hipsométrico da área do perímetro urbano da cidade de Macapá em escala de 1:100.000 com 10 classes altimétricas, com uma variação mínima de 0(zero) metros até uma elevação máxima de 30 (trinta) metros de altura conforme mostra a No mapa é possível observar a abrangência das áreas de ressacas em tonalidade de azul no perímetro urbano, as quais se encontram a uma elevação entre 0 e 6 metros de altitude, num total de 17,9% deste perímetro. A maior altitude encontrada no perímetro urbano da cidade de Macapá encontra-se entre 24 a 30 metros de altitude, somando um valor de 1,5% deste total. Os valores de 27 à 30 m de elevação é de apenas 0,2%.

Outro fator relevante a ser observado pela carta hipsométrica (**Figura 3**), é verificar que a

altitude da zona sul da cidade de Macapá é visivelmente mais baixa que a altitude da zona norte. Na zona sul a elevação predominante vai até 12 metros e na zona norte essa é mais equilibrada entre os outros valores das classes altimétricas.

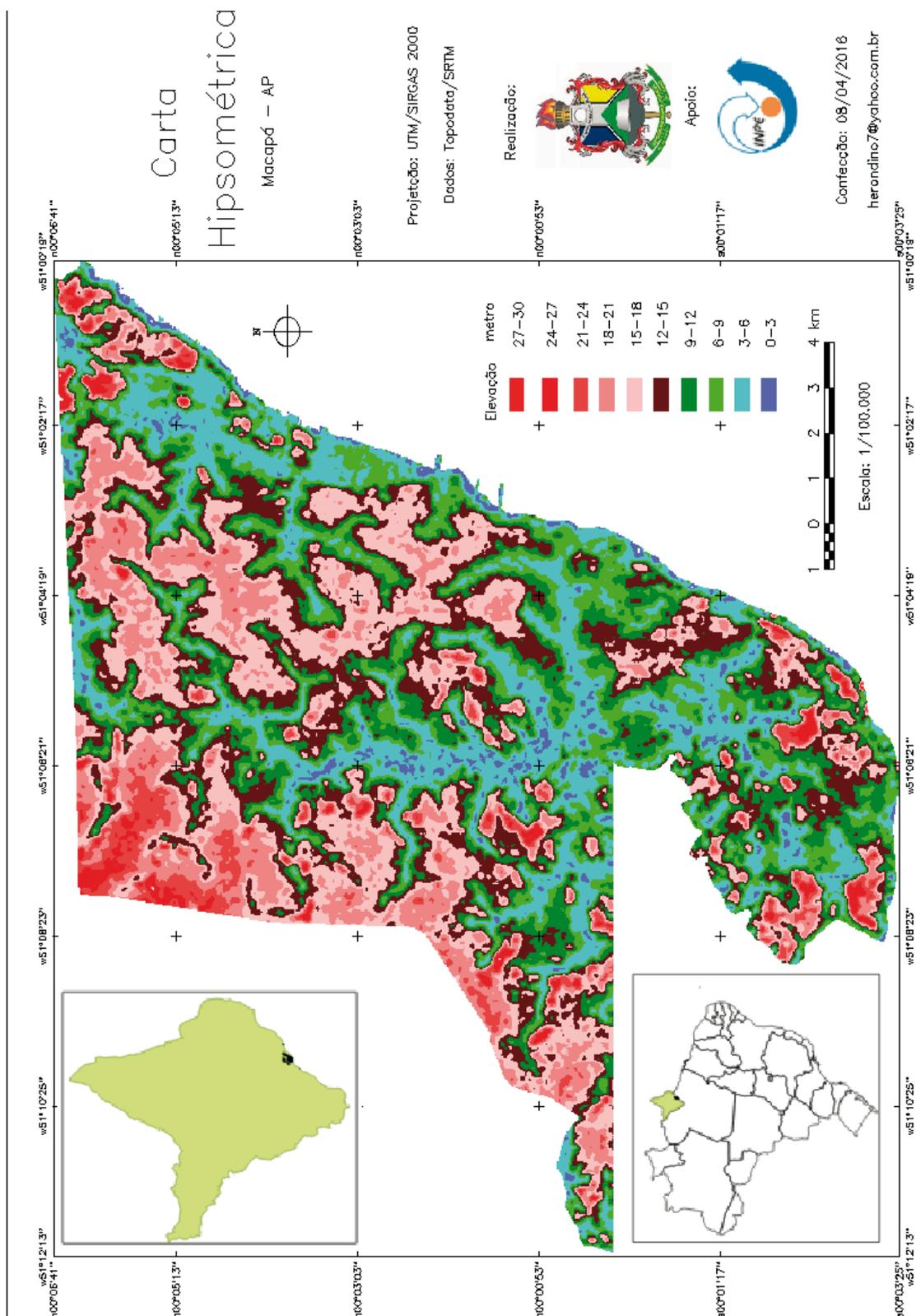


Figura 3. Carta Hipsométrica com intervalo entre as classes de 3m de Macapá-AP

Há também uma zona de transição (6-9m) entre a área de ressaca e a porção seca que se encontra em verde claro. Esta responde por 14,7% do perímetro urbano. Esta porção é em grande parte utilizada para o escoamento das águas da chuva para as áreas de ressaca; abrangendo também a mata ciliar, conforme apresenta a Tabela 1.

A **Tabela 1** mostra ainda que 98,5% da elevação da cidade de Macapá encontram-se entre 0 e 24 metros de altitude e 83,0% é de 0 a 18 metros.

Altitude(m)	Área (Km ²)	%	Fa (%)
0-3	3,56	1,9	1,9
3-6	29,42	16,0	17,9
6-9	27,05	14,7	32,6
9-12	27,37	14,9	47,5
12-15	31,68	17,2	64,7
15-18	33,64	18,3	83,0
18-21	21,21	11,5	94,6
21-24	7,21	3,9	98,5
24-27	2,40	1,3	99,8
27-30	0,37	0,2	100,0

Tabela 1. Áreas das classes hipsométricas

4. 2 Avaliação/validação do mapeamento

As 16 primeiras amostras apresentadas na **Tabela 2** foram obtidas em terra firme e as 16 seguintes foram centradas em áreas inundadas periodicamente, conhecidas como ressacas. As médias de elevação encontradas para o mínimo valor em terra firme, tanto do modelo LAF quanto do modelo TOPODATA foram 12,10 e 11,06 metros respectivamente. Na área de ressaca, esses valores caem para 4,0 e 1,3 metros no modelo LAF e TOPODATA respectivamente. Para as médias de elevação de máximo valor em terra firme, foram de 18,10 e 18,37 para os modelos LAF e TOPODATA respectivamente. As medidas máximas de elevação para as áreas de ressacas são de 9,9 para ambos os modelos.

Tabela 2. Comparação entre as medidas no LAF e TOPODATA em coordenadas GMS

nº	Coordenadas GMS		REFERÊNCIA	LAF		TOPODATA	
	LAT	LONG		min	max	min	Max
1	n 00 04 30.29	o 51 07 58.15	P_LagoaAzul	19.3	22.9	15	21
2	n 00 05 18.76	o 51 07 01.47	Amazonas	12.9	23.9	15	24
3	n 00 04 06.21	o 51 05 16.63	Infraero	14.1	17.7	15	21
4	n 00 05 27.05	o 51 02 59.69	Lago da vaca	9.6	19.4	9	18
5	n 00 04 46.73	o 51 01 46.61	FazendaNorte	4.1	8.1	3	6
6	n 00 03 09.55	o 51 04 11.84	Aeroporto	15.0	19.5	12	21
7	n 00 00 51.98	o 51 08 30.52	P_LagoDuka	9.0	12.0	9	15
8	s 00 00 20.71	o 51 05 00.57	Unifap	14.1	16.8	12	18
9	n 00 02 05.8	o 51 05 08.52	Bis	13.4	18.5	12	21
10	n 00 01 24.37	o 51 04 28.12	BancoBuri	16.6	19.5	15	21
11	s 00 02 05.58	o 51 05 04.52	JK	14.6	19.7	15	24
12	s 00 02 29.37	o 51 05 49.17	jk_Bosque	13.1	26.8	9	24
13	s 00 03 10.49	o 51 06 45.42	Fazendinha	7.2	10.0	9	12
14	s 00 02 38.13	o 51 07 26.05	Jk_Amiraldo	4.6	9.3	3	9
15	n 00 01 32.38	o 51 07 33.98	GoiabalCurva	13.0	17.0	12	18
16	n 00 00 52.21	o 51 07 17.99	GoiabalMeio	13.6	28.0	12	21
17	s 00 02 05.77	o 51 07 01.69	R_I_Fortaleza	2.1	9.4	0	9
18	s 00 01 17.10	o 51 05 57.03	R_Tacaca	3.0	4.8	0	6
19	s 00 00 20.63	o 51 04 36.16	R_MarcoZero	6.1	9.4	3	12
20	n 00 00 11.81	o 51 05 48.85	R_Congós_Beirol	2.0	6.3	0	6
21	n 00 00 51.90	o 51 05 32.70	R_ChicoDias	3.0	5.2	0	6
22	n 00 00 11.66	o 51 08 30.52	R_I_Arco	3.0	7.7	0	6
23	n 00 01 24.66	o 51 08 13.38	R_Coracao	3.5	12.8	0	12
24	n 00 02 29.24	o 51 07 01.84	R_Marabaixo	4.5	19.4	3	18
25	n 00 01 40.65	o 51 06 13.18	R_L_Indios	2.8	4.2	0	6
26	n 00 02 37.20	o 51 05 24.54	R_SaComprido	3.1	13.5	0	12
27	n 00 03 50.04	o 51 06 53.66	R_Km9	3.6	14.8	3	12
28	n 00 03 51.20	o 51 05 08.21	R_InfraeroII	8.1	14.5	6	15
29	n 00 05 10.61	o 51 04 28.04	R_Acai	5.5	12.5	3	12
30	n 00 05 18.49	o 51 02 10.70	R_Jandia	3.0	6.3	0	6
31	n 00 05 02.65	o 51 03 15.20	R_L_Vaca	4.0	12.3	0	12
32	n 00 03 17.52	o 51 02 51.10	R_P_Socorro	4.0	6.0	3	9

Os gráficos de dispersão dos valores máximos e mínimos apresentam entre os dois modelos uma correlação direta positiva, conforme mostra a **Figura 4**. Neles também são expressas as equações de ajustamento da reta.

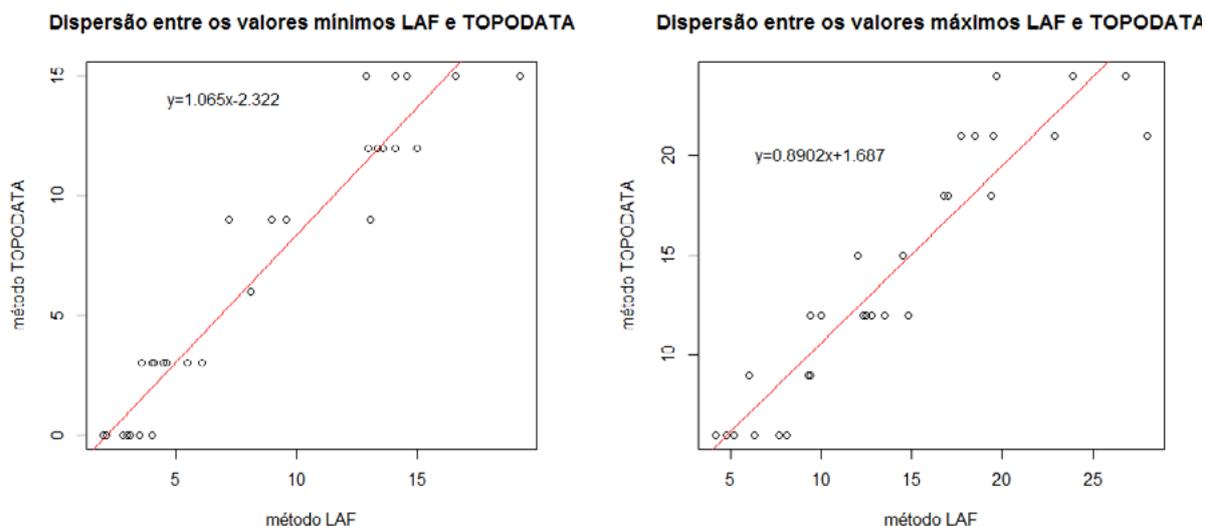


Figura 4. Gráficos de dispersão e regressão

A correlação existente entre os dois modelos mostrou ser forte quando comparado as elevações mínimas encontradas, pois apresentou um coeficiente de determinação R² no valor de 0,9266, ou seja, 92,66% da variação do modelo TOPODATA pode ser explicado pela variação do modelo LAF. Para as elevações máximas, o R² foi de 0,8817, ou seja 88,17% da variação do modelo TOPODATA pode ser explicado pela variação do modelo LAF. Em ambas as situações são apresentadas uma forte correlação entre os dois métodos, destacando-se o de menor elevação.

Os coeficientes de Pearson foram de 0,9626 e 0,9390 mostrando um correlação direta muito forte nos valores de mínima e de máxima elevação, respectivamente.

O erro médio, calculado pela média aritmética dos erros, foi pequeno, uma vez que os erros positivos acabam compensando os erros negativos, o que poderia acabar distorcendo o resultado, e como mostra a **Tabela 3** o erro médio dos valores mínimo e máximo é próximo de zero, o que revela ser um resultado imparcial.

Na **Tabela 3**, o erro quadrático médio (EQM) apresenta o valor médio entre os dois conjuntos de erros, evidenciando uma melhor condição para os valores de menor elevação (min).

Parâmetros	Valores Analisados	
	Min	Max
Erro Médio	0.000023	0.000386
EQM	2.391473	4.472942
Erro Médio Percentual	0.008486	0.110066
Coeficiente de Pearson	0.962610	0.939004
Coef. Determinação	0.926619	0.881729

Tabela 3. Análise estatística da correlação encontrada

O erro percentual também se aproximou de zero, mostrando que houve mais consistência nos valores mínimos do que os valores máximos.

A sobreposição das linhas do método TOPODATA sobre o método LAF é perceptível pelas linhas dos gráficos que se encaixam, tanto dos mínimos valores, como também dos máximos valores obtidos da elevação na circunferência, conforme apresenta a **Figura 5**.

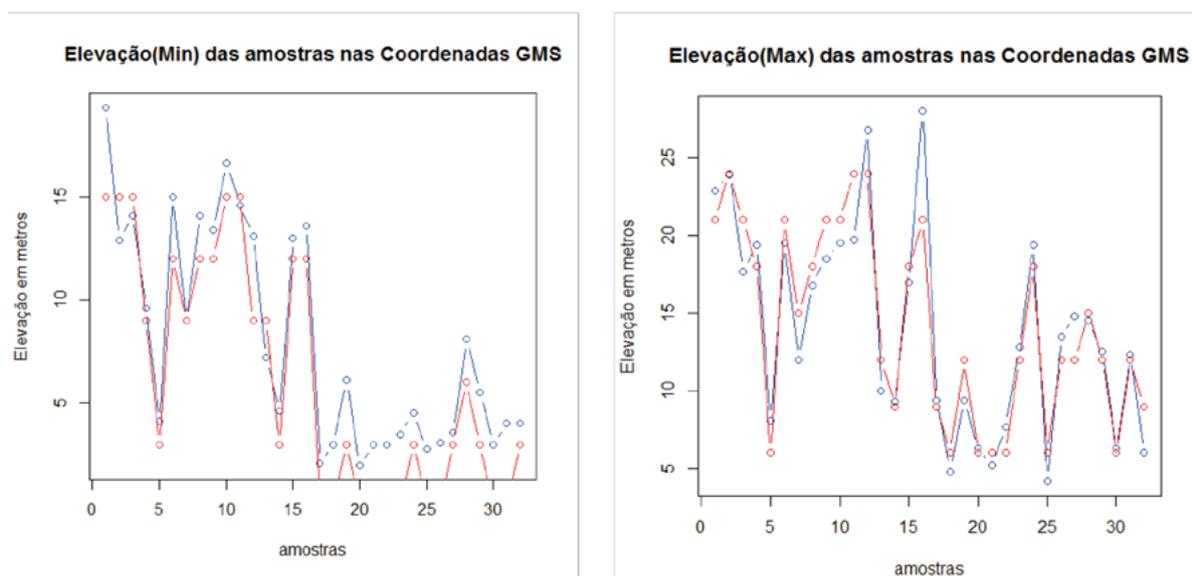


Figura 5. Gráfico comparativo entre os dois modelos: azul o método LAF e o vermelho o TOPODATA

As elevações médias inteiras máximas encontradas nas áreas de terra firme e ressacas (áreas úmidas) foram de 18 e 10 metros, respectivamente, para ambos os métodos (LAF e TOPODATA). A sua menor elevação apontada pelo método TOPODATA nessa área é de 1,3 m. Isso mostra uma suscetibilidade maior às variações provocadas pelas águas das chuvas e mudanças atípicas das marés nas áreas de ressacas, o que por sua vez gera uma situação de risco para os moradores que fixam suas residências naquele local.

5. Conclusões

A carta altimétrica (hipsométrica) gerada é um instrumento seguro e que permite a leitura clara e direta para um planejamento que necessite de informações sobre a altimetria do terreno de Macapá, numa escala restrita até 1:100.000. Na indisponibilidade de dados de campo para validação do modelo gerado, a utilização de informações do LAF se mostrou satisfatória, considerando que os coeficientes de correlação para os valores máximos e mínimos foram superiores a 0,93; e os erros médios percentuais muito próximos de zero.

6. Agradecimentos

Ao Laboratório de Geoprocessamento de Ciências Ambientais – LABEGEOCA pela disponibilidade de seus computadores e conexão e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE pela disponibilização dos diversos recursos, ambientes e software que tornaram possível a elaboração do presente estudo.

7. Referências

- Achselrad, H. **Conflitos ambientais no Brasil**. Rio de Janeiro: Relume Dumará: Fundação Heinrich Boll, 2004.
- Araujo, E. P. **Aplicação de dados SRTM à modelagem da erosão em microbacias por geoprocessamento**. 2006. 89 p. (sid.inpe.br/MTC-m13@80/2006/08.25.13.19-TDI). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas espaciais, São José dos Campos, 2006.
- Batista Filho, J. M.; Assireu, A. T. ; Barouch, A. L. V;Pons, N. A. D . Comparação dos produtos altimétricos TOPODATA, LAF e medidas in situ em região de topografia complexa. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -

- SBSR, 2013. p. 4534-4539. Disponível em:< <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0356.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2016.
- BRITO, Jorge Luiz Nunes e Silva; COELHO FILHO, Luiz Carlos Teixeira. Fotogrametria Digital. 1 ed. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2007.
- Câmara, G. et al. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Objectoriented. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395 - 403, May - Jun 1996.
- Câmara, G.; Davis, Clodoveu; Monteiro, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. INPE-10506-RPQ/249. São José dos Campos, 2001. Disponível em:< <http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2016.
- Carvalho, E. M. D.; Pinto, S. D. A. F., 2011, Curitiba. Fusão de imagem CBERS-2B (CCD e HRC) para atualização de dados de cartas topográficas e de imagens de menor resolução espacial. Curitiba: Anais Xv Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - Sbsr, 2011. 7434 p. Disponível em < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0299.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2016.
- Garofalo, D. F. T.; Liesenberg, V. ;. Análise comparativa da informação altimétrica presente nos modelos digitais de elevação ASTER GDEM 1 e 2, SRTM e TOPODATA. In: Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2015, João Pessoa. XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013. p. 2867-2875. Disponível em < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0565.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2016.
- INPE. Ministério da Ciência e Tecnologia. /**www.dsr.inpe.br**, 2015. Disponível em: < <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em: 24 Novembro 2015.
- Santos Filho, H.; Almeida, M. G. ; Ribeiro, M. M. Mapeamento e classificação das áreas de ressaca na região metropolitana de Macapá-AP utilizando imagens do satélite CBERS-2B. In: Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013, Foz do Iguaçu. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013. p. 2211-2217. Disponível em:< <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0108.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2016.
- Santos Filho, H. ; Almeida, M. G. ; Rios, R. O . Mapeamento e análise da carta imagem da cidade de Macapá-AP obtida através da fusão das imagens do satélite CBERS-2B multisensor CCD e HRC. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011, Curitiba. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011. p. 2614-2619. Disponível em < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0473.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2016.
- Simm, A. P. R .L. Mapeamento do potencial de instabilização de taludes rodoviários: usando SIG e seções geológico – geotécnicas de campo com aplicação da rodovia SP-310. 1ª Ed. Biblioteca24horas, São Paulo , 2011. p. ISBN978-85-7893-925-0.
- Valeriano, M. M. **TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, 2008. INPE-15318-RPQ/818. Disponível em:< <http://mtc-m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2016.



CBERS-4 MUXCAM Sensor: A Geometric Quality Assessment

Thiago Statella ¹

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT
Rua Zulmira Canavarros, 93
78605-200 - Cuiabá - MT, Brasil
thiago.statella@cba.ifmt.edu.br

Resumo. Em dezembro de 2014 Brasil e China lançaram com sucesso o satélite CBERS-4, a quarta geração dos satélites CBERS. No módulo de carga o satélite carrega a MUXCAM, uma câmera multiespectral com 20 m/pixel de resolução espacial. A MUXCAM foi construída sob responsabilidade do Brasil e é uma atualização da câmera CCD de alta resolução dos satélites CBERS-1, 2 e 2B, cujas imagens têm sido amplamente utilizadas em estudos do Pantanal, como por exemplo, no monitoramento de áreas inundáveis. Neste artigo a qualidade geométrica de uma imagem MUXCAM é analisada. A qualidade geométrica do sensor CCD pode ser medida através do cálculo da acurácia posicional e da acurácia interna das imagens adquiridas por ele. A acurácia posicional da MUXCAM resultou em ~404 m enquanto que a acurácia interna resultou em ~30 m, melhor que dois pixels. Portanto, para aplicações menos rigorosas nas quais uma grande acurácia em coordenadas não seja necessária e em que os erros possam ser negligenciados, as imagens multiespectrais adquiridas pela MUXCAM podem ser usadas sem qualquer correção geométrica.

Palavras-chave: Satélite CBERS-4, Acurácia posicional, Acurácia Interna.



Abstract. In December 2014, Brazil and China successfully launched the CBERS-4 satellite, the fourth generation of CBERS satellites. In the payload module, the satellite carries the MUXCAM, a 20 m/pixel spatial resolution multispectral camera. The MUXCAM has been built under Brazilian supervision and is an updated version of the CCD camera onboard CBERS-1, 2 and 2B, whose images have been widely used in applications such as studying flooded areas in Brazilian Pantanal. In this paper the geometric quality of the MUXCAM images is analyzed. One can measure the geometric quality of the CCD sensor by calculating the positioning and the internal accuracy of the images acquired by it. The positional accuracy for the MUXCAM resulted in ~404 m whereas the internal accuracy resulted in ~30 m, better than 2 pixels. Therefore, in coarse applications in which a high accuracy in coordinates is not mandatory, and in which such errors can be neglected, the multispectral images acquired by MUXCAM can be used without a prior geometric correction.

Key-words: CBERS-4 Satellite, Positioning accuracy, Internal accuracy.

1. Introduction

The China-Brazil Earth Resources Satellite (CBERS) Program is a partnership between Brazil and China in the space technical scientific segment to build and launch Remote Sensing satellites. The first CBERS satellite was launched in 1999 and since then the images generated by the program have been used in important areas, such as deforestation control and environmental monitoring in the Amazon Region, water resources monitoring, urban growth, soil occupation, wet land monitoring (as an example, the Brazilian Pantanal), education and several other applications (Lino et al. 2000, Epiphanyo 2013, Silva et al. 2015).

The fourth CBERS generation (CBERS-4) has been launched in December 2014 from Taiyuan Satellite Launch Center (TSLC) in Shanxi, China. In the payload module CBERS-4 has four cameras: the Panchromatic and Multispectral camera (PANMUX), the Multispectral Camera (MUXCAM), the Infrared Medium Resolution Scanner (IRSCAM) and the Wide Field Imaging Camera (WIFICAM). The PANMUX and IRSCAM have been built by China whereas the MUXCAM and WIFICAM have been built by Brazil (Boggione et al. 2014).

In this paper the geometric quality of a MUXCAM image has been analyzed. The geometric quality assessment is important to determine and validate the relationship between terrain points and their positions on CBERS-4 images for Remote Sensing applications (D'Alge et al. 2005), such as monitoring flooding areas in the Pantanal, Brazil. Several projects developed in the Brazilian Pantanal and wet areas rely on the information provided by orbital sensors, whose images are used without further corrections other than those already performed by the distribution center, which is, in the present case, the Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Therefore, the scientific community should be aware of the accuracy of the data they are using in order to decide if the related errors can be neglected or if a further correction is needed for each specific case study. To do so, the positioning accuracy and the internal accuracy of a CBERS-4 MUXCAM image have been analyzed. The positioning accuracy is the average displacement between map projection coordinates that are measured on a system-corrected image and those that are measured on the Earth surface. The internal accuracy is the root mean square error of the remaining residuals after a geometric transformation is applied to tie a system-corrected image to a map projection reference system (D'Alge et al. 2005). The MUXCAM image has been provided by the Brazilian space research national institute (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE).

2. MUXCAM Images

The MUXCAM camera onboard CBERS-4 uses a CCD sensor to acquire 20 m/pixel spatial resolution images in four spectral bands in a 26 days temporal resolution (Epiphanyo 2011, 2013).

Table 1 shows some parameters of the MUXCAM.



Figure 1 shows the MUXCAM image used to perform the geometric quality assessment of the camera. The scene depicts a number of cities in São Paulo state, among them, part of the São Paulo city (the larger city in the bottom right corner), and has been taken on 01/08/2015. The CBERS-4 system-corrected image is projected in the Universal Transverse Mercator (UTM) map projection using the WGS84 geodetic reference system Ellipsoid parameters (semi-major axis $a = 6,378,137$ m; flattening $f \sim 1/298$). The scene center coordinates are 23.24041°S and 47.04819W.

Table 1. MUXCAM sensor parameters.

Spectral bands [μm]	B1: 0.45 – 0.52 B2: 0.52 – 0.59 B3: 0.63 – 0.69 B4: 0.77 – 0.89
Spatial resolution [m]	20
Swath width [km]	120
Quantization	8 bits
Revisit [days]	26

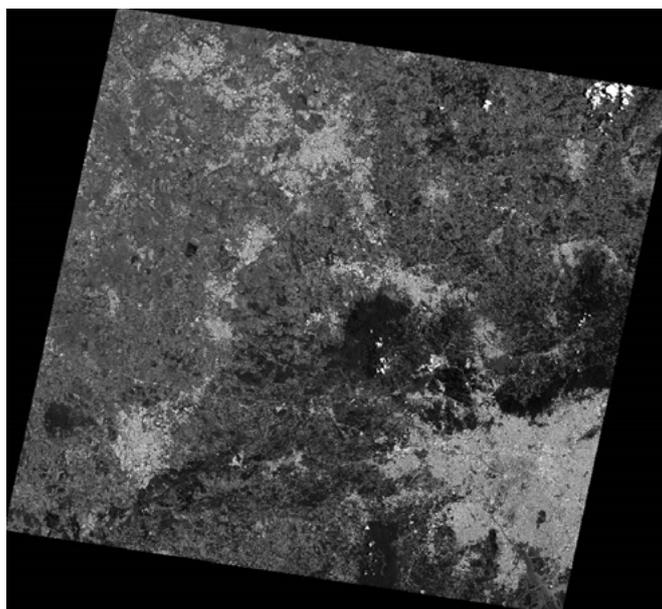


Figure 1. Multispectral image used to assess the geometric quality of MUXCAM camera on-board CBERS-4 satellite.

3. Methodology

The geometric quality of the CBERS-4 MUXCAM image can be assessed by calculating the positioning accuracy and the internal accuracy of the scenes. In both cases, a set of Ground Control Points (GCPs) is needed. A ground control point is a position easily identified in the MUXCAM image whose corrected map coordinates are accurately known. The procedure was performed in a Geographic Information System – GIS (in this case, ESRI ArcGis), where all the data could be imported into a same reference system and a same map projection. The raster data have been modeled as regularly spaced numeric grids whereas the data points were modeled into the vector format.



3.1 Positioning accuracy

The displacement between the system-corrected image coordinates and their map-corrected positions is the positioning accuracy of the image. In the calculations, the system-corrected coordinates of a set of points selected from the MUXCAM image are compared to their map-corrected coordinates (GCPs coordinates), which can be obtained from GPS measurements, large-scale maps or from ortho-rectified Remote Sensing data. For each point a displacement in X and Y coordinates can be calculated as:

$$\begin{aligned}\Delta X &= X_{image} - X_{GCP} \\ \Delta Y &= Y_{image} - Y_{GCP}.\end{aligned}\quad (1)$$

Where (X_{image}, Y_{image}) are the coordinates from the system-corrected image and (X_{GCP}, Y_{GCP}) are the GCPs coordinates.

The resulting displacements in X and Y coordinates for a set of n points are given by:

$$\begin{aligned}\Delta \bar{X} &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta X_i^2} \\ \Delta \bar{Y} &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta Y_i^2}.\end{aligned}\quad (2)$$

Finally, the total Root Mean Square Error (RMSE) is the positioning accuracy, which is calculated as:

$$(\Delta \bar{X}^2 + \Delta \bar{Y}^2)^{1/2}.\quad (3)$$

3.2 Internal accuracy

After an image has been accurately georeferenced to a map projection system, its internal accuracy can be estimated by measuring the displacement of a set of GCPs coordinates before and after the geometric correction procedure. A geometric transformation is used to relate the system-corrected image coordinates to their georeferenced coordinates. The coordinates of a set of points manually chosen from the georeferenced image is then compared to the map-corrected coordinates of GCPs. Again, GCPs map-corrected coordinates can be obtained from GPS measurements, large-scale maps or from ortho-rectified Remote Sensing data.

The geometric transformation is usually a polynomial. The choice on the order of the polynomial depends on the amount of distortion to be corrected. The higher the order, presumably, the more significant the distortion is. One of the most used transformations for geometric correction of Remote Sensing data is the first order polynomial (or Affine transformation) given in equation 4. It accounts for 6 parameters and therefore requires at least 3 GCPs for them to be solved.

$$X_{image} = a_1 X_{GCP} + a_2 Y_{GCP} + a_3$$



$$Y_{image} = b_1 X_{GCP} + b_2 Y_{GCP} + b_3. \quad (4)$$

Where a_i and b_i , $i = \{1, 2, 3\}$, are the transformation parameters.

Alternatively, a second order polynomial, such as the one shown in equation 5, can be applied. That transformation accounts for 12 parameters and therefore requires a minimum of 6 GCPs for them to be solved.

$$\begin{aligned} X_{image} &= a_1 + a_2 X_{GCP} + a_3 \cdot Y_{GCP} + a_4 X_{GCP} Y_{GCP} + a_5 X_{GCP}^2 Y_{GCP} + a_6 X_{GCP} Y_{GCP}^2 \\ Y_{image} &= b_1 + b_2 X_{GCP} + b_3 \cdot Y_{GCP} + b_4 X_{GCP} Y_{GCP} + b_5 X_{GCP}^2 Y_{GCP} + b_6 X_{GCP} Y_{GCP}^2. \end{aligned} \quad (5)$$

Where a_i and b_i , $i = \{1, \dots, 6\}$, are the transformation parameters.

After applying a first or second order polynomial, the internal accuracy of the image can be assessed by comparing the resulting displacement between the GCPs coordinates and the transformed (georeferenced) image system-corrected coordinates. The procedure for calculating such displacement is the same as for the positioning accuracy, except that in equation 1 the displacements for X and Y are written as $\Delta X = X_{geo} - X_{GCP}$ and $\Delta Y = Y_{geo} - Y_{GCP}$, with (X_{geo}, Y_{geo}) being the transformed coordinates. For the sake of an unbiased analysis, the set of points used for calculating the displacements should be different from the set of points used to estimate the transformation parameters.

4. Results

For the positioning and internal accuracy assessment, GCPs have been manually chosen from an ortho-rectified mosaic of RapidEye images. The spatial resolution of the images is 5 m/pixel and the horizontal accuracy of the GCPs coordinates is ~6 m. The adopted geodetic reference system is the WGS84 and the projection system is the UTM.

4.1 Assessment of the positioning accuracy

For the positioning accuracy calculations, a set of 18 GCPs (P_i , $i = \{1, \dots, 18\}$) has been selected from the RapidEye mosaic and their coordinates have been compared with the corresponding positions in the MUXCAM image. **Figure 2** shows the distribution of the GCPs over the MUXCAM image.

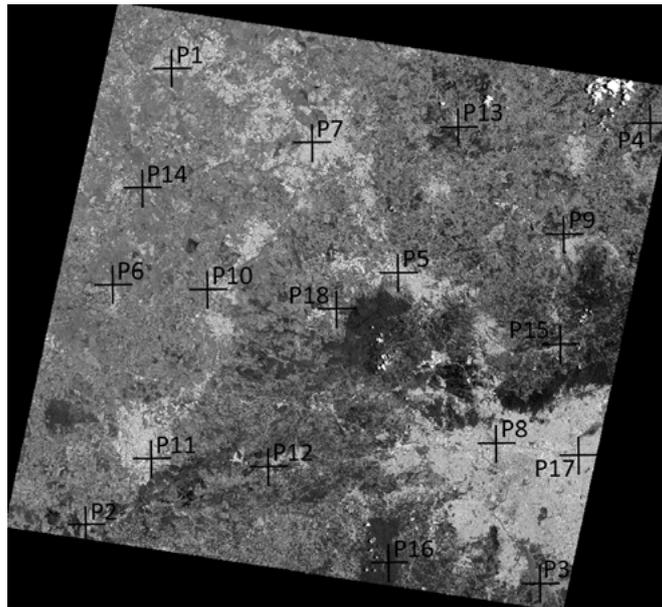


Figure 2. Distribution of the GCPs over the MUXCAM image.

The GCPs must be easily identifiable in both, the MUXCAM image and the reference mosaic. Examples of features that can be used as GCPs are crossing roads, bridges, corners, and any other feature that can be accurately pointed in the scenes. **Figure 3** shows examples of manually chosen GCPs. In **Figure 3A** one can see the ground control point 6 placed over the MUXCAM image. In Figure 3B the same control point 6 (in black) and its displacement (in white) in relation to the MUXCAM coordinates are shown over the reference mosaic. **Figure 3C** and **Figure 3D** show the same results for the GCP 7.

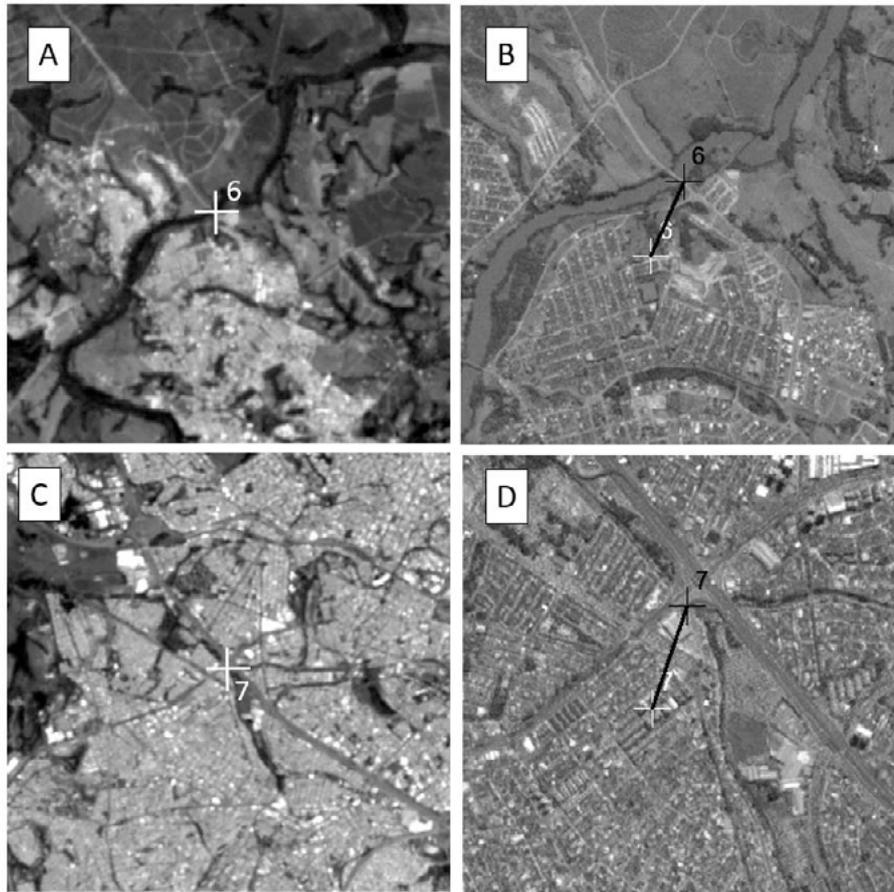


Figure 3. Manually chosen GCPs: (A) GCP 6 placed over the MUXCAM image. (B) GCP 6 (black) placed over the reference mosaic and its displacement to the MUXCAM coordinates (white). (C) GCP 7 placed over the MUXCAM image. (D) GCP 7 (black) placed over the reference mosaic and its displacement to the MUXCAM coordinates (white).

In **Table 2** the displacements between MUXCAM point coordinates and the GCPs coordinates measured from the reference mosaic are displayed. From **Table 2**, the resulting displacement in X coordinates is $\Delta\bar{X} = 136.59$ m and for Y coordinates it is $\Delta\bar{Y} = 380.07$ m. The total RMSE, and therefore the resulting displacement of the MUXCAM image from its expected position, is ~ 404 m when considering the whole set of 18 GCPs. The assessment of the positioning accuracy of the MUXCAM is important because a number of Remote Sensing data users rely on the system-corrected coordinates of the CCD sensor onboard CBERS-4. Thus, they should be aware of the expected error when measuring such coordinates without applying any previous geometric correction to the scenes. The RMSE for CBERS-4 can be considered acceptable if compared, for example, with the CBERS-2 CCD positioning accuracy, which was ~ 11 km (D'Alge et al. 2005, Devaraj and Shah 2014).

4.2 Assessment of the internal accuracy

For the internal accuracy assessment, the MUXCAM image has been georeferenced by a geometric transformation used to relate its system-corrected coordinates and the GCPs map-corrected coordinates. Two transformations have been applied, a first and a second order polynomial (according to equations 4 and 5). In both cases, the same 18 GCPs used to compute the positioning accuracy have been used to estimate the transformation parameters. The RMSE



for the first order polynomial after the least square adjustment of the parameters was 39.20 m whereas the RMSE for the second order polynomial was 34.30 m. These results are similar to the ones found by Zanardi et al. (2005) when georeferencing CBERS-1 CCD images.

The displacement measurements were performed over a set of 20 GCPs that had not been used for estimating the geometric transformation parameters. These results are shown in **Table 3**.

Table 2. Displacements between coordinates measured in the MUXCAM image and the GCPs coordinates measured in the reference mosaic.

Point	DX [m]	DY [m]	RMSE [m]
1	-157.354875	-373.680031	405.459396
2	-159.645159	-376.336151	408.797597
3	-29.826186	-364.159737	365.379139
4	-88.737973	-435.983116	444.922134
5	-143.568341	-382.614186	408.663044
6	-150.442481	-346.764871	377.993142
7	-132.170358	-379.415972	401.777903
8	-120.508222	-421.154192	438.056029
9	-118.366158	-417.276847	433.740146
10	-141.036163	-367.564492	393.693859
11	-140.873023	-355.237020	382.149903
12	-159.215427	-392.200328	423.285541
13	-132.991399	-415.014858	435.802758
14	-152.518604	-364.638707	395.250947
15	-94.631496	-313.437827	327.411654
16	-212.769672	-335.964364	397.671959
17	-93.134184	-401.376899	412.040521
18	-136.473870	-376.186707	400.176905

Table 3. Displacements between coordinates measured in the georeferenced MUXCAM image and the GCPs coordinates measured in the reference mosaic.

Transformation	$\Delta\bar{X}$ [m]	$\Delta\bar{Y}$ [m]	RMSE [m]
1 st order	19.80	15.47	25.12
2 nd order	20.19	22.75	30.42

The results were similar for the polynomial transformations considered. The first order RMSE was 25.12 m whereas the second order RMSE was 30.42. The MUXCAM CCD camera spatial resolution is 20 m/pixel, thus the internal accuracy is roughly better than 2 pixels. The higher the internal accuracy, the better the MUXCAM images can be integrated with maps and geospatial data in Geographic Information Systems.

5. Conclusion

Brazil and China have launched the fourth generation of the CBERS program, the CBERS-4 satellite, in December 2014. Among other scientific instruments, the payload module carries the Multispectral Camera MUXCAM, produced in Brazil. In this paper the geometric quality of an image acquired by the MUXCAM CCD sensor has been assessed by comparing the image coordinates to GCPs coordinates obtained from an ortho-rectified RapidEye mosaic.

The positioning accuracy for the MUXCAM was ~404 m with a larger displacement of $\Delta\bar{Y}$



= 380.07 m found in the NS direction. For coarse applications, the MUXCAM images can be used without any geometric correction but for those applications in which accurate positions are to be measured from the scene a geometric transformation must be applied.

After a geometric transformation has been applied, the coordinates accuracy of the MUXCAM is significantly improved. The internal accuracy has been calculated using a first and a second order polynomial function. The resulting RMSE for the first order polynomial was 25.12 m and for the second order it was 30.42 m. From the internal accuracy calculations, one can conclude that MUXCAM images can easily be integrated to other maps and spatial data in Geographical Information Systems. The results obtained for the fourth generation of CCD camera produced in Brazil onboard the CBERS-4 satellite shows a significantly improvement if compared to previous generations, such as CBERS-2, whose positioning accuracy was ~11 km.

6. References

- Boggione, G.A.; Pereira, G.; Cardoso, F.S.; Fonseca, L.M.G. Evaluation of simulated images of MUX camera from CBERS-4 satellite for environmental analysis. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 20, p. 590-609, 2014.
- D'Alge, J.; Cartaxo, R.; Erthal, G. Geometric quality assessment of CBERS-2. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 16-21.
- Devaraj, C.; Shah, C. Automated geometric correction of multispectral images from High Resolution CCD camera (HRCC) on-board CBERS-2 and CBERS-2B. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 89, p. 13-24, 2014.
- Epiphanyo, J.C.N. 2011. Satélites Brasileiros de Observação da Terra: balanço e perspectivas. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**.
- Epiphanyo, J.C.N. 2013. Satélites Brasileiros de Observação da Terra: balanço e perspectivas. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**.
- Lino, C.O.; Lima, M.G.R.; Hubscher, G.L. CBERS-An international space cooperation program. **Acta Astronautica**, v. 47, p. 559-564, 2000.
- Silva, A.G.A.; Amaro, V.E.; Stattegger, K.; Schwarzer, K.; Vital, H.; Heise, B. Spectral calibration of CBERS 2B multispectral satellite images to assess suspended sediment concentration. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 104, p. 53-62, 2015.
- Zanardi, R.P.; Rolim, S.B.A.; Júnior, C.B.; Almeida, C.A.M. 2005. Análise de processamento e georreferenciamento em imagens de satélite CBERS-1. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**.

$$X_{image} = a_1 X_{GCP} + a_2 Y_{GCP} + a_3$$

$$Y_{image} = b_1 X_{GCP} + b_2 Y_{GCP} + b_3.$$

(4)



Avaliação do Modelo Digital de Terreno (MDT) do projeto Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá: estudo de caso do perímetro urbano do Macapá.

Herondino dos Santos Filho ¹
Marcelo José de Oliveira ¹

1 Universidade Federal do Amapá – UNIFAP
Rod. Juscelino Kubitschek, s/n – Caixa Postal 261
68902-280 – Macapá – AP, Brasil
herondino7@yahoo.com.br
geomarcelooliveira@gmail.com

Resumo. O Estado do Amapá encontra-se dentro do chamado “vazio cartográfico”, mas, nos últimos anos, um projeto de iniciativa do governo do estado em convênio com a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército tem produzido um grande volume de informações através de sistema sensores SAR aerotransportado interferométrico. Dentre esses produtos, destaca-se o Modelo Digital de Terreno, o qual gera variáveis morfométricas importantes para auxiliar no estudo e ordenamento do espaço, tanto rural, quanto o urbano em regiões de alto valor ambiental mas com carência de dados cartográficos, como os biomas Amazônico e do Pantanal. Todavia, o MDT deve ser confiável e em escala adequada ao escopo da pesquisa. Desse modo, o objetivo deste estudo foi de avaliar os dados altimétricos gerados do MDT do projeto Base Cartográficos Contínua do Amapá em diferentes escalas de estudo. Para tanto, foram comparados e testados estatisticamente os valores provenientes do MDT da base cartográfica com medidas de campo constantes no levantamento topográfico do perímetro urbano do município de Macapá, uma região às margens do Amazonas e caracterizada pela ocorrência de ecossistemas úmidos a exemplo do Pantanal. A avaliação do MDT e os seus insumos resultantes mostram a aplicação do uso deste dado em grande escala para análise a partir de escalas: 1:1.000, 1:2.000, e com excelente acurácia nas escalas de 1:5.000 e 1:10.000, demonstrando relevância para aplicação.

Palavras-chave: MDT, Base Cartográfica, Avaliação, interferometria

Abstract. The State of Amapá is within the so-called “empty mapping”, but in recent years, one project of the state government initiative in partnership with the Department of the Army Geographical Service has produced a large volume of information through system sensors airborne SAR interferometric. Among these products, there is the Digital Terrain Model, which generates important morphometric variables to assist in the study and spatial planning, both rural and the urban in areas of high environmental value but lack of cartographic data, such as the biomes of Amazon and Pantanal. However, the DTM must be reliable and in an appropriate scale to the scope of the search. Thus, the aim of this study was to evaluate the altimetry DTM data generated from Amapá Continuous Cartographic Base Project in different study scales. Therefore, they were compared and statistically tested values from DTM basemap with field measurements contained in the survey of the urban perimeter of the city of Macapa, a region along the Amazon and characterized by the occurrence of wet ecosystems such as the Pantanal. The evaluation of DTM and its resulting inputs show the application of the use of this data on a large scale for analysis from scales: 1: 1000, 1: 2000, and with great accuracy in scales of 1:5,000 and 1:10,000, showing relevance to application.

Key-words: DTM, Cartographic Base, Evaluation, Amapá, interferometry

1. Introdução

O avanço das geotecnologias tem ocorrido a passos largos nos últimos anos e possibilitado um conhecimento mais robusto e rápido da superfície terrestre. Contudo, o Estado do Amapá ainda encontra-se dentro do chamado “vazio cartográfico”, o que tem impossibilitado o crescimento de estudos mais consistentes de seu território. Para retirar o estado desta condição, o projeto Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá (BCDCA), uma parceria entre o Governo do Estado do Amapá, por intermédio da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA) e da Secretaria de Estado do Planejamento (SEPLAN), em convênios com a Diretoria de Serviço Geográfico do Exército (DSG), tem gerado uma grande quantidade de dados de sistemas de Radar de Abertura Sintética (*Synthetic Aperture Radar* – SAR) aerotransportados interferométricos (Geoportal E. B., 2016). Segundo Borges e Nunes (2008), o termo “interferometria é derivado da palavra interferência, que expressa um fenômeno resultante da interação entre ondas de qualquer tipo”.

Pode-se dizer que a Interferometria é a ciência aplicada de estudo e medição da interferência de ondas ou ainda que Interferometria seja uma técnica de metrologia com aplicações extremamente diversas em várias áreas das Ciências.

InSAR é a junção do acrônimo: interferometria (In), Detecção e Telemetria por Rádio (*Radio Detection and Ranging* - Radar) e Radar de Abertura Sintética (SAR) (Hanssen, 2002). A medida fundamental em InSAR é a diferença de fase, também chamada fase interferométrica. A diferença de fase é calculada a partir das observações que o radar fornece, e a relação entre a diferença de fase e a distância percorrida pelos sinais de radar (Nievinski, 2004). Usando duas imagens SAR, adquirida por duas antenas diferentes ou aquisições repetidas, é possível obter a distância, bem como medições angulares. A utilização das medidas de fase permite a observação das distâncias relativas como uma fração do comprimento de onda do radar, e a diferença nas localizações de sensor permite a observação das diferenças angulares, necessárias para o levantamento topográfico (Hanssen, 2002).

Em virtude da cobertura vegetal densa e a constante presença de nuvens, que é comum nas imagens de satélites desta região do norte do Brasil, foram utilizados sistemas sensores SAR aerotransportados interferométricos. Esses equipamentos fornecem ortoimagens e Modelo Digital de Superfície (MDS) que representam a interação do sinal radar, na banda X, ao nível da copa das árvores. Também fornecem o Modelo Digital de Terreno que é produto da interação do sinal radar, na banda P, ao nível do solo em regiões de floresta densa, conforme mostra a **Figura 1** (Geoportal E.B., 2016).

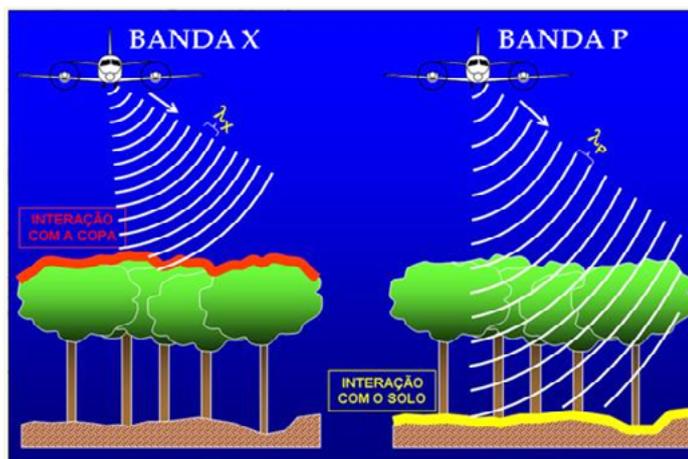


Figura 1. Captura de informações nas bandas X e P
Fonte: Geoport E. B. (2016)

Neste trabalho o enfoque está no sinal radar da banda P que permite a representação do MDT e seus produtos. Para Menezes e Almeida (2012), “os modelos topográficos tradicionais, geralmente de alto custo” e de equipamento mais especializado, “vêm cedendo espaço aos métodos mais automatizados como o sistema de posicionamento global (GPS) e à interferometria de radar de abertura sintética – InSAR”.

Segundo Moreira (2011), a geometria básica de um sistema de imageamento por SAR é representada pela **Figura 2**. Para o sistema, a plataforma com sensor SAR se move a uma velocidade V em relação ao solo, a uma altura H , apontando a antena lateralmente com um ângulo θ_i em relação ao nadir. A distância inclinada (*slant range*) representa a distância do sensor ao alvo ao longo da direção de *range*; A distância no terreno (*ground range*) representa a distância inclinada projetada sobre a superfície terrestre; A largura da faixa (*swath width*) simula a largura da faixa imageada na direção perpendicular ao movimento da plataforma; O alcance próximo (*near range*) é a região mais próxima ao nadir; O alcance distante (*far range*) é a região mais distante do ponto nadir.

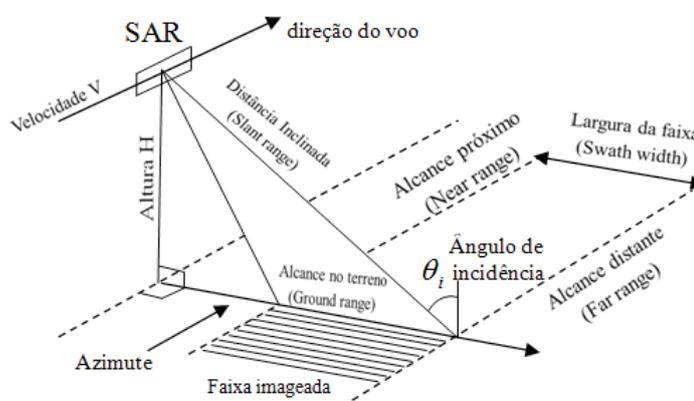


Figura 2. Geometria do sistema SAR
Fonte: Adaptada de Moreira (2011) e INPE (2016)

O procedimento de aquisição da “imagem de um sensor é obtida pela varredura do terreno em linhas sequenciais, cada linha sendo amostrada por uma área unitária (pixel)”, em seguida “o sensor registra os pixels no formato de uma grade regular e o valor do pixel correspondente ao valor da radiância, emitância ou de retroespalhamento dos alvos é convertido no sensor para um valor digital discreto e finito” (Menezes; Almeida, 2012).

Cumprir destacar a excelente resposta dos produtos de radar na Amazônia, sobretudo, em regiões com densa cobertura florestal e úmidas como o Pantanal Mato-Grossense e a capital Macapá, fornecem dados muito mais confiáveis que o imageamento por satélite. Assim, uma vez avaliados e validados os dados do MDT em análise no presente estudo, outras regiões em condições próximas ou similares poderão se beneficiar da mesma tecnologia com certo grau de confiabilidade.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar os dados altimétricos gerados do MDT da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá, e seu uso em diferentes escalas de trabalho do perímetro urbano do município de Macapá

3. Material e Métodos

De forma sistemática e ordenada a avaliação do Modelo Digital de Terreno da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá - BCDCA seguiu os procedimentos metodológicos: delimitação da área de estudo, aquisição de imagem, processamento de imagem, geração de modelos de elevação e avaliação dos insumos gerados, como mostra a **Figura 3**.

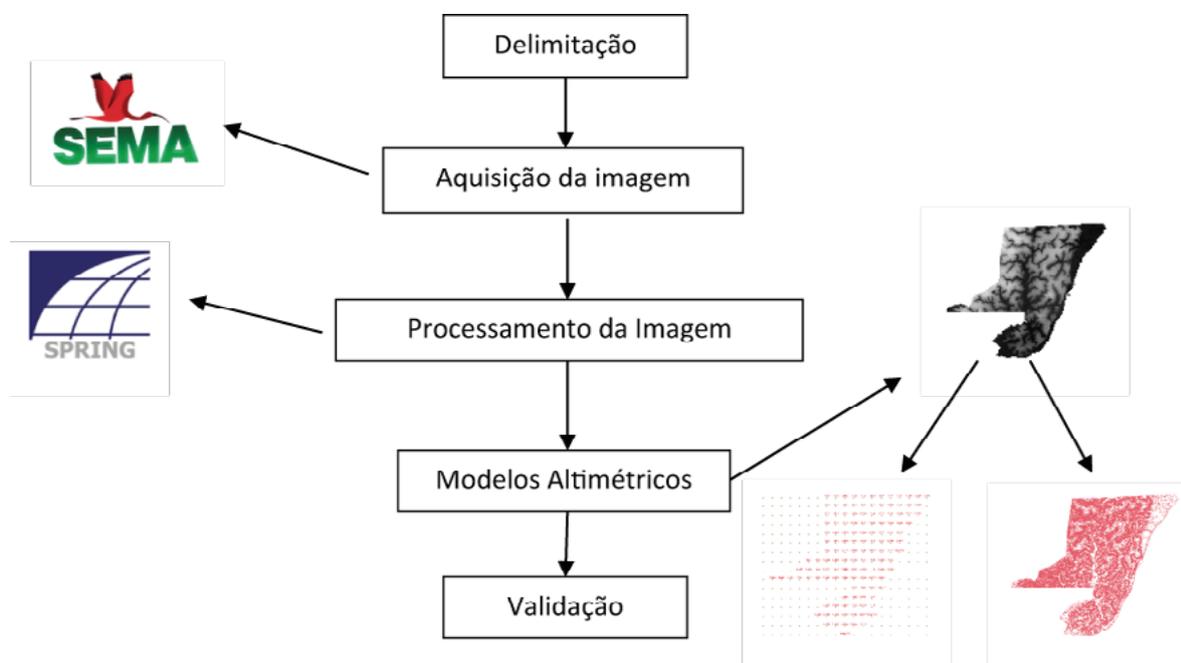


Figura 3. Fluxograma do procedimento adotado

3.1 Delimitação da área de estudo

O perímetro urbano da cidade de Macapá, capital do estado do Amapá, foi objeto de estudo deste trabalho. Cumprir ressaltar as características fisiográficas desta capital, localizada às margens do rio Amazonas e entrecortada por áreas úmidas, localmente chamadas de “Ressacas” e de alto valor ambiental, a exemplo do Pantanal.

A área investigada se insere no retângulo envolvente definido pelos paralelos 0° 3' 27" e 0° 6' 45" Latitude sul e norte respectivamente, e meridianos 51° 12' 17" e 51° 0' 15" Longitude oeste (**Figura 3**). A delimitação desta área foi o primeiro passo para a avaliação.

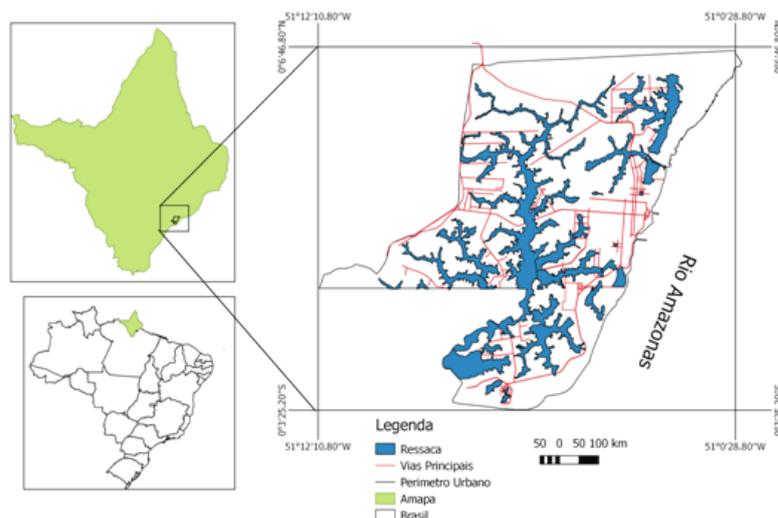


Figura 3. Localização da área de estudo – Macapá-AP

3. 2 Aquisição da imagem

A imagem MDT que representa o solo exposto, de forma contínua, foi obtida por distribuição gratuita realizada pela Secretaria de Meio Ambiente – SEMA/AP. As imagens foram adquiridas de acordo com as especificações das imagens SAR, dentro do sistema de projeção UTM/ SIRGAS 2000, no formato TIF, como mostra a **Tabela 1**.

Foi utilizada uma aeronave do tipo bimotor, com autonomia de vôo de 4,5 horas, a uma velocidade média de 360 km/h, com altura de vôo entre 19.000 a 25.000 *ft*, com comprimento máximo de linha de vôo de 220 km.

Tabela 1. Especificações das Imagens SAR

Especificações das imagens	Parâmetros
Escala	1:25.000
Dimensão do pixel no MDT (m)	2,5m x 2,5m
Superposição das linhas em Range	>= 66%
Superposição das linhas em Azimuth	>= 5 km
Resolução Banda X	2,5m
Resolução Banda P	2,5m
Swath	14 km
Precisão Altimétrica MDT (Banda P)	Em áreas abertas: Erro Padrão 3,33 m. Atendendo o PEC antigo classe A para a escala 1:25.000). Em áreas com densa vegetação: Erro Padrão 4,56 m (atendo o PEC antigo classe C para a escala
Precisão Planimétrica MDT	<=7,5m PEC classe A
GEOIDE	MAPGEO 2010. Modelo geoidal Sirgas 2004.
Radiometria modelo digital	32 bits

Fonte: DSG/SEMA-AP

3.3 Processamento da Imagem e Modelo Numérico

Após aquisição da imagem na SEMA/AP, e para que a sua leitura fosse feita no SPRING versão 5.3, foi criado um projeto contendo os paralelos 0° 7' 36" e 0° 7' 36" Latitude S e N, respectivamente, e meridianos 51° 15' 06" e 50° 59' 53" Longitude W. O sistema de projeção adotado foi o UTM e o modelo da terra DATUM SIRGAS 2000.

Quatro imagens da base cartográfica foram importadas para o SPRIG, em seguida foi feito o mosaico com o interpolador vizinho mais próximo e posteriormente realizado o recorte com o *shapefile* do perímetro urbano da cidade fornecido por Santos Filho (2011).

A partir do Modelo Digital de Terreno (MDT) obtido junto à base cartográfica e a utilização dos algoritmos implementados no software SPRING, foi realizada a sua visualização utilizada na avaliação deste modelo.

3.4 Avaliação do Mapeamento

Para estudo da confiabilidade do produto cartográfico gerado, os dados MNT gerados a partir dos dados MDT da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá (BCDCA) foram submetidos à comparação com os dados medidos em campo e derivados/calculados da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC dos sistemas Sistema de Navegação Global por Satélite (*Global Navigation Satellite System - GNSS*) gerando modelos de regressão linear simples e outros parâmetros estatísticos.

As coordenadas obtidas pelas estações da RBMC são tomadas para a elaboração final dos resultados referenciados. Sua grande vantagem é que as estações fazem parte da Rede de Referência SIRGAS (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) em que a precisão é de ± 5 mm. O método relativo está incluso nas aplicações geodésicas e topográficas do GNSS, onde ao menos uma estação de coordenadas é conhecida e também ao mesmo tempo ocupada pelos pontos desejados. “As estações da RBMC desempenham justamente o papel do ponto de coordenadas conhecidas pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB)”, ou seja, “elimina a necessidade de que o usuário imobilize um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso” (IBGE, 2016).

A comparação entre os modelos foi precedida da aquisição de 58 amostras. As coordenadas GMS obtidas na Empresa topográfica Construtora Amacol Ltda, abrangendo toda área do perímetro urbano da cidade de Macapá, sendo comparada através da função de posicionar cursor do Spring versão 5.3 e suas operações métricas.

A avaliação do mapeamento teve a análise estatística através dos seguintes parâmetros: Coeficiente de *Pearson* [R], Coeficiente de Determinação [R^2], Erro médio (*Mean Error*), o Erro Médio Quadrático (EMQ), o Erro Padrão (EP) e o Padrão de Exatidão Cartográfica – PEC.

O Padrão de Exatidão Cartográfica foi instituído pelo Decreto de 89.817 de 20 de Junho de 1984. De acordo com esta lei o Padrão de Exatidão Cartográfica é um “indicador estatístico de dispersão”, relativo a 90% de probabilidade, que define a exatidão de trabalhos cartográficos. A probabilidade de 90% corresponde a 1,6449 vezes o Erro Padrão (EP), ou seja, de acordo com a **Equação 1**:

$$PEC_{Encontrado} = 1,6449 \cdot EP \quad (1)$$

Os valores devem ser comparados com os dados pelas **Tabelas 2** ou **3** conforme o caso, levando em consideração que o PEC encontrado deve ser menor que o PEC tabelado, ou seja, em conformidade com a **Equação 2**:

$$PEC_{Encontrado} < PEC_{Tabela} \quad (2)$$

A **Tabela 2** mostra as especificações técnicas sobre os dados altimétricos que discriminam a equidistância entre as curvas de nível e respectivos valores já calculados com suas classes correspondentes, em conformidade com o Decreto 89.817.

Tabela 2. Padrão de Exatidão Cartográfica da Altimetria (curvas de nível) dos Produtos Cartográficos Digitais

PEC ⁽¹⁾	PEC-PCD	1:1.000 (Eqd = 1 m)		1:2.000 (Eqd = 1 m)		1:5.000 (Eqd = 2 m)		1:10.000 (Eqd = 5 m)		1:25.000 (Eqd = 10m)		1:50.000 (Eqd = 20m)		1:100.000 (Eqd = 50m)		1:250.000 (Eqd = 100m)	
		PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	A	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,67	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	6,67	25,00	16,67	50,00	33,33
B	B	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
C	C	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00
	D ⁽⁴⁾	1,00	0,60	1,00	0,60	2,00	1,20	5,00	3,00	10,00	6,00	20,00	12,00	50,00	30,00	100,00	60,00

Fonte: ET-ADGV

A **Tabela 3** é referente aos valores do Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais (PEC-PCD), retirados da Especificação Técnica dos Produtos de Conjuntos de Dados Geospaciais (ET-PCDG). Estes valores são propostos para os produtos digitais produzidos após a publicação da ET-PCDG e complementam os estabelecidos, para produtos impressos, no Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984.

Tabela 3. Padrão de Exatidão Cartográfica Altimétrica dos Pontos Cotados e do MDT, MDE E MDS para a produção de Produtos Cartográficos Digitais

PEC - PCD ⁽³⁾	1:1.000 (Eqd = 1 m)		1:2.000 (Eqd = 1 m)		1:5.000 (Eqd = 2 m)		1:10.000 (Eqd = 5 m)		1:25.000 (Eqd = 10 m)		1:50.000 (Eqd = 20 m)		1:100.000 (Eqd = 50 m)		1:250.000 (Eqd = 100 m)	
	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)	PEC (m)	EP (m)
A	0,27	0,17	0,27	0,17	0,54	0,34	1,35	0,84	2,70	1,67	5,50	3,33	13,70	8,33	27,00	16,67
B	0,50	0,33	0,50	0,33	1,00	0,66	2,50	1,67	5,00	3,33	10,00	6,66	25,00	16,66	50,00	33,33
C	0,60	0,40	0,60	0,40	1,20	0,80	3,00	2,00	6,00	4,00	12,00	8,00	30,00	20,00	60,00	40,00
D	0,75	0,50	0,75	0,50	1,50	1,00	3,75	2,50	7,50	5,00	15,00	10,00	37,50	25,00	75,00	50,00

Fonte: ET-ADGV

Os valores previstos para a classe “A” (PEC-PCD) foram definidos a partir de adaptações dos estudos realizados por Merchant (1982) e ASPRS (1989), nos quais o PEC-PCD = 0,27*Equidistância do produto cartográfico e o EP = 1/6*Equidistância do produto cartográfico. As classes “B”, “C” e “D” do PEC-PCD correspondem, em ordem, as classes “A”, “B”, “C” do PEC Altimétrico previstas no Decreto 89.817, de 20 de junho de 1984 (Exército Brasileiro, 2011).

Para o transporte de coordenadas foi utilizado dois pares de receptores de sinais GNSS da marca Hiper, modelo GD-GGD de dupla frequência (L1/L2) e sete (07) Estações Total: (02) LEICA modelo TC305, (02) PENTAX modelo R-326EX, (01) TOPCON modelo GPT 3207N, (01) RUIDE modelo RTS 860 e (01) TRIMBLE modelo S3.

Para o transporte de cotas dos marcos do IBGE para os pontos de partida foi utilizado um (01) nível Leica NA724 e dois (02) Níveis Leica Sprinter 150m.

Posteriormente foram feitas irradiações, para os pontos rastreados com a utilização dos da-

dos da base RBMC Macapá (RN1630J = P1) para processamento dos dados obtidos em campo.

O par de receptores Hiper GD/GGD – L1/L2 foi utilizado para fazer o levantamento das coordenadas geodésicas, através do processo relativo rápido estático e pseudo rápido estático.

4. Resultados e Discussão

A **Tabela 4** mostra os pontos amostrados, com as respectivas coordenadas e cotas medidas (DGNSS) e estimadas (BCDCA), na qual já se verifica números muito próximos de altimetria.

Tabela 4. Comparação dos valores de altimetria medidos (DGNSS) e estimados (BCDCA) nos 58 pontos amostrados.

Ponto	Coordenadas Geodésicas		DGNSS	BCDCA
	Latitude	Longitude		
P1	n 0 02 59.034	o 51 04 06.239	15,275	15,0667
P2	n 0 02 56.942	o 51 04 09.080	15,275	15,5000
P3	n 0 05 21.932	o 51 05 09.007	15,275	16,1333
P4	n 0 6 14.316	o 51 3 47.912	16,300	16,5667
P5	n 0 5 42.922	o 51 2 25.927	11,790	12,4000
P6	n 0 5 36.982	o 51 2 45.557	15,881	15,5667
P7	n 0 5 28.646	o 51 2 59.985	14,359	14,0000
P8	n 0 5 7.839	o 51 4 15.694	8,887	8,0607
P9	n 0 5 6.134	o 51 4 14.609	9,167	8,3593
P10	n 0 4 19.167	o 51 3 13.049	11,993	12,6667
P11	n 0 4 18.818	o 51 2 39.977	2,556	2,5910
P12	n 0 4 16.870	o 51 2 41.104	2,706	2,8000
P13	n 0 4 9.746	o 51 2 45.197	3,005	3,1367
P14	n 0 3 43.127	o 51 2 56.393	3,507	4,1253
P15	n 0 2 48.082	o 51 3 20.145	10,656	11,4000
P16	n 0 6 9.649	o 51 3 52.974	18,128	17,9000
P17	n 0 6 11.204	o 51 3 51.302	17,984	17,6330
P18	n 0 6 12.749	o 51 3 49.658	17,501	17,5000
P19	n 0 6 14.316	o 51 3 47.912	16,300	16,5333
P20	n 0 6 7.027	o 51 3 50.540	17,872	17,4333
P21	n 0 6 8.596	o 51 3 48.893	18,017	17,8333
P22	n 0 6 10.126	o 51 3 47.236	17,859	17,8333
P23	n 0 6 11.769	o 51 3 45.518	17,063	17,4000
P24	n 0 6 4.390	o 51 3 48.150	17,664	17,4333
P25	n 0 6 5.953	o 51 3 46.450	17,776	17,6333
P26	n 0 6 7.504	o 51 3 44.846	17,574	18,1000
P27	n 0 6 9.088	o 51 3 43.106	17,751	17,9667
P28	n 0 6 1.751	o 51 3 45.763	17,575	17,5000
P29	n 0 6 3.344	o 51 3 44.076	17,644	17,3000
P30	n 0 6 4.902	o 51 3 42.455	17,442	17,6667
P31	n 0 6 6.464	o 51 3 40.722	16,829	17,3667
P32	n 0 5 59.099	o 51 3 43.357	17,621	17,2000
P33	n 0 6 0.716	o 51 3 41.671	17,567	17,9000
P34	n 0 6 2.230	o 51 3 40.023	17,494	17,9000
P35	n 0 6 3.797	o 51 3 38.311	16,723	16,6667
P36	n 0 6 4.524	o 51 3 38.844	16,253	16,7000
P37	n 0 6 8.739	o 51 3 34.066	12,720	13,4000
P38	n 0 5 56.899	o 51 3 38.129	17,930	17,5667
P39	n 0 5 58.419	o 51 3 36.472	17,890	17,7000
P40	n 0 6 0.037	o 51 3 34.848	17,773	18,2333
P41	n 0 6 3.668	o 51 3 30.644	16,875	17,5333
P42	n 0 5 52.681	o 51 3 37.451	17,792	17,2000
P43	n 0 5 54.261	o 51 3 35.692	18,073	17,9000
P44	n 0 5 55.835	o 51 3 34.048	18,077	18,3000
P45	n 0 5 57.457	o 51 3 32.388	17,825	18,1000
P46	n 0 6 3.668	o 51 3 30.644	16,875	17,5333
P47	n 0 6 1.974	o 51 3 29.197	17,265	17,6667
P48	n 0 6 1.393	o 51 4 8.691	17,129	16,5000
P49	n 0 5 59.825	o 51 4 7.260	17,333	16,7000
P50	n 0 5 55.267	o 51 4 3.168	16,972	16,2000
P51	n 0 5 52.550	o 51 4 6.169	16,779	16,3333
P52	n 0 5 49.880	o 51 4 9.131	16,562	16,0000
P53	n 0 5 51.236	o 51 4 10.591	16,702	16,1000
P54	n 0 5 54.069	o 51 4 7.574	16,915	16,1000
P55	n 0 6 7.997	o 51 2 50.750	17,071	17,3333
P56	n 0 6 5.529	o 51 2 50.721	17,188	17,2000
P57	n 0 6 2.923	o 51 2 50.665	17,344	17,2000
P58	n 0 6 0.283	o 51 2 50.610	17,083	17,3000

Os valores da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá – BCDCA quando comparados com os dados DGNSS apresentaram resultados de correlação atingindo 0,9934 e coeficiente de determinação de 0,987, mostrando alta correlação, conforme apresentado na **Tabela 5**.

Tabela 5. Parâmetros comparativos entre os dados BCDCA

Parâmetros	BCDCA
Erro Médio	0,005553
EQM	0,199253
Erro Médio Percentual	2,601376
Coefficiente de Peason	0,993479
Coefficiente de Determinação	0,987000
Desvio (EP)	0,44637718

Na avaliação do PEC encontrado e de acordo com a **Tabela 2**, as classes de elevação altimétricas com referência as curvas de nível de cada modelo estão em destaque (cinza) na **Tabela 6**. A BCDCA encontra-se na classe A, em dois metros de equidistância, escala 1:5.000. Em um metro de equidistância cai para a classe C.

Tabela 6. Classes encontradas em cada modelo de elevação para altimetria (curvas de nível)

Classe	BCDCA	
	PEC = 0,73425; EP = 0,44638	
	1:1.000 ou 1:2.000 (Eqd = 1m)	1:5.000 (Eq = 2m)
A	0,50	1,00
B	0,60	1,20
C	0,75	1,50
D	1,0	2,0

O modelo BCDCA apresenta para a altimetria dos pontos cotados e do modelo MDT para os produtos cartográficos digitais Classe A na escala 1:10.000, Classe B na escala 1:5.000 e Classe D na escala 1:2.000 ou 1:1000 conforme mostra a **Tabela 7**.

Tabela 7. Classes Altimétrica dos Pontos Cotados e do MDT para a produção de Produtos Cartográficos Digitais dos Modelos em estudo

Classe	BCDCA		
	PEC = 0,73425; EP = 0,44638		
	Eqd = 1m (1:1.000 ou 1:2.000)	Eq = 2m (1:5.000)	Eq = 5m (1:10.000)
A	0,27	0,54	1,35
B	0,50	1,00	2,50
C	0,60	1,20	3,00
D	0,75	1,50	3,75

5. Conclusões

O Modelo Digital de Terreno da Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá, foi avaliado como bastante confiável podendo gerar cartas topográficas (altimetria / curvas de nível) em grande escalas, como as compatíveis com a representação do espaço geográfico municipal. Os dados encontrados, quando comparados com aqueles definidos no Padrão de Exatidão Car-

tográfica, demonstram excelentes resultados para a carta topográfica do perímetro urbano de Macapá na escala de 1:5.000 (equidistância de 2 m), pois se situa na classe A. Enquanto que para escalas maiores: 1:1.000 ou 1:2.000 (equidistância de 2 m) está na classe C. Para a altimetria dos pontos cotados do modelo MDT, os produtos digitais cartográficos atingem classe A na escala 1:10.000, classe B na escala 1:5.000 e classe D na escala 1:1.000 ou 1:2.000.

Desta forma, isso mostra uma alta precisão (acurácia) para trabalhos a serem desenvolvidos em escalas que envolvam o perímetro urbano dos municípios, áreas com cobertura florestal e úmidas, como é caso de Macapá e o Pantanal Mato-Grossense, fornecendo maior precisão para o desenvolvimento de estudos ambientais que necessitam de dados topográficos confiáveis.

6. Agradecimento

Ao Laboratório de Geoprocessamento de Ciência Ambientais – LABEGEOCA pela disponibilidade de seus computadores, ao Governo do Estado do Amapá e Exército Brasileiro pela disponibilidade do produto do projeto Base Cartográfica Digital Contínua do Amapá e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE pela disponibilização dos diversos recursos, ambientes e software que tornaram possível a elaboração do presente estudo.

7. Referências

Borges, R. O.; Nunes, G. M. **Imageamento interferométrico SAR/SIPAM: métodos e aplicações**. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2., 2008, Recife. **Anais...** . Recife: Ii Simgeo, 2008. v. 2, p. 1 - 4. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOII_CD/Organizado/sens_foto/219.pdf>. Acesso em: 25 maio 2016.

Exército Brasileiro, Departamento de Ciência e Tecnologia, Diretoria de Serviço Geográfico – **Especificação Técnica para Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV)** Editoração e impressão pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, 2ª Edição, 2011.

Geoportal do Exército Brasileiro. Diretoria de Serviço Geográfico. **Estado do Amapá**. 2015. Disponível em: <<http://www.geoportal.eb.mil.br/index.php/component/content/article/55-projetos/160-amapa>>. Acesso em: 30 maio 2016.

Hanssen, R. F. **Radar Interferometry: Data Interpretation and Error Analysis**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2002. 2 v. (*Remote Sensing and Digital Image Processing*).

IBGE (Brasil) (Org.). **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS Sobre a RBMC**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/rbmc/rbmc.shtm>>. Acesso em: 25 maio 2016.

INPE. SPRING. Teoria: Sistemas de Radar, 2016. Disponível em: . Acesso em: 27 Maio 2016.

Menezes, P. R.; Almeida, T.(Org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: Unb, 2012. 266 p

Moreira, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação/Maurício Alves Moreira**. 4a. Edição. ed. Viçosa: UFV, v. I, 2011.

Nievinski, F. G. **Interferometria por Radar de Abertura Sintética (InSAR)**. 2004. 87 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia, Departamento de Geodésia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Cap. 2.

Santos Filho, H. ; Almeida, M. G. ; Rios, R. O . **Mapeamento e análise da carta imagem da cidade de Macapá-AP obtida através dafusão das imagens do satélite CBERS-2B multisensor CCD e HRC**. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011, Curitiba. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2011. p. 2614-2619.



Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ TIRS para o mapeamento de temperatura de superfície em perímetros urbanos, no município de Várzea Grande, Mato Grosso.

Fabio Nunes Coelho ¹
Cezar Clemente Pires dos Santos ¹
Maycon Pereira do Nascimento ¹

¹ Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG
Av. Dom Orlando Chaves, 2655 Cristo Rei
78118-000 - Várzea Grande – MT, Brasil
{fabiionc, cezarbiologo, mayconpereira875}@gmail.com

Resumo. De acordo com Jensen (2009), as técnicas de sensoriamento remoto são acuradas quando utilizadas em estudos sobre a temperatura superficial ou temperatura de superfície (Ts), tendo em vista que o calor interno do objeto alvo é convertido em energia radiante. Para a maioria dos alvos existe uma alta correlação positiva entre a temperatura verdadeira e o fluxo de radiação proveniente dos mesmos. Nesse sentido, a temperatura de superfície diz respeito ao fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do alvo, sendo de suma importância para o entendimento das interações entre a superfície terrestre e a atmosfera. O objetivo do presente trabalho foi mapear o uso e ocupação do solo do município de Várzea Grande MT, e comparar as temperaturas de superfície geradas pela banda 10 - TIRS do Landsat 8, convertida e fusionada. Para o cálculo da temperatura de superfície foi realizada a correção atmosférica, onde foram calculados os valores de transmissividade atmosférica, radiância emitida e recebida pela superfície através dos metadados disponíveis no Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), em seguida foi efetuada a conversão da radiância espectral para temperatura de superfície convertida em graus celsius. Com intuito de melhorar a resolução espacial a banda 10 foi fusionada com a banda 8. Os resultados apresentaram variações nas temperaturas entre 36,27°C (Max) e 26,28°C (Min), com variações de 8,55 °C entre as classes temáticas de uso e ocupação do solo. Os resultados obtidos por meio da análise da banda 10 fusionada, mostraram ser viável a utilização de um SIG, como ferramenta de análise na identificação de ilhas de calor para quantificação das temperaturas de superfície com mais acurácia.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, processamento de imagens, temperatura de superfície, Landsat 8.

Abstract. According to Jensen (2009), remote sensing techniques are accurate when used in studies of surface temperature (Ts), considering that the internal heat of the target object is converted into radiant energy. For most of the targets there is a high positive correlation between the real temperature and the radiation flux coming from the same. In this sense, the surface temperature relates the heat flux given in terms of the energy that comes in and out of the target, which is extremely important for understanding the interactions between terrestrial surface and atmosphere. The objective of this study was to map the land use and occupation of the city Várzea Grande, MT, and compare the surface temperatures generated by the converted and fused band 10 - TIRS Landsat 8. To calculate the surface temperature was carried out the atmospheric correction, where values of atmospheric transmissivity, emitted and received radiance by the surface were calculated using the metadata available in the United States Geological Survey (USGS), then was made the conversion of the spectral radiance to surface temperature in degrees Celsius. In order to improve the spatial resolution, the band 10 was fused with the band 8. The results showed variation of 36,27°C (Max) and 26,28°C (Min), with variations of 8.55 ° C in temperatures between thematic classes of land use and occupation. The results of the fused band 10 showed to be feasible the use GIS as an analysis tool for identification and quantifying heat surface temperatures more accurately.

Key-words: remote sensing, image processing, surface temperature, Landsat 8.

1. Introdução

O aquecimento global tem ganhado cada vez mais relevância nos dias atuais, entre cientistas que defendem posições a favor e contraditórias entre si, mídias que periodicamente anunciam catástrofes relacionadas ao assunto e cidadãos que acompanham os fatos ocorrentes. Formando-se um cenário de preocupações e inquietações deste processo em um futuro próximo (Mendonça, 2006).

Segundo Marengo (2006), um dos principais efeitos do aquecimento global decorrentes das concentrações de gases que provocam o efeito estufa na atmosfera, são as mudanças de temperaturas, que podem ocorrer em grandes e pequenas escalas, corroborando com a formação de fenômenos termais conhecido como ilhas de calor.

Para Santos (2013), o aumento das grandes cidades de forma desordenada é uma das principais razões para que se origine o fenômeno ilha de calor, devido à interferência de fatores como: aumento numérico de veículos, substituição do solo original por superfícies impermeáveis, redução da circulação do ar devido às edificações, canalização de rios, corte das árvores entre outros. Que segundo Lombardo (1985), influenciam no aumento de temperaturas das periferias em direção ao centro.

Este fator também está relativamente ligado ao uso excessivo de combustíveis fósseis em aquecedores e indústrias, transformando a cidade em uma potente fonte de calor, levantado à grande necessidade de estudos sobre o clima urbano para entendimentos sobre a questão (Voogt e Oke, 2003).

Neste sentido o uso do sensoriamento remoto e do geoprocessamento, tornam-se importantes ferramentas com grandes potenciais para análises ambientais, pois possibilita o monitoramento da biodiversidade através da integração de diversas fontes de dados e da investigação sistemática de todas as unidades territoriais (Da Silva, 1992; Lima, 2010; Sena et al., 2012).

Além disso, por meio da utilização do sensoriamento remoto e do geoprocessamento é possível realizar técnicas que elevam os níveis de acurácias para uma região de estudo, oferecendo vantagens na obtenção de informação com ampla cobertura espacial.

A técnica de fusão, realizada através de um sistema de informação geográfica (SIG), utilizando a banda pancromática, é aplicada com o objetivo de melhorarias qualitativas das imagens multiespectrais, agindo especialmente nos termos espectrais e espaciais. Esta técnica agrega informações pertinentes, combinando informações da imagem pancromática e multiespectral, gerando uma imagem híbrida final (Lima et al. 2015).

Neste sentido o objetivo do presente trabalho, foi mapear o uso e ocupação do solo do

Município de Várzea Grande MT, e comparar as temperaturas de superfície geradas pela banda 10 - TIRS do satélite Landsat-8.

2. Características gerais do Landsat-8

O Landsat-8, lançado em fevereiro de 2013, foi projetado para oferecer um leque de possibilidades, capaz de contribuir substancialmente para o monitoramento de uso e ocupação do solo, geração de índices espectrais e geração de temperatura da superfície, por meio de dois sensores imagiadores, sendo o primeiro, *Operational Land Imager* (OLI), com oito bandas espectrais e uma banda pancromática, apresentando as seguintes características:

- Banda 1 - Visível Ultra-Azul (0.43 - 0.45 μm) 30 m
- Banda 2 - Visível Azul (0.450 - 0.51 μm) 30 m
- Banda 3 - Visível Verde (0.53 - 0.59 μm) 30 m
- Banda 4 - Visível Vermelho (0.64 - 0.67 μm) 30 m
- Banda 5 - Infravermelho Próximo (0.85 - 0.88 μm) 30 m
- Banda 6 - Infravermelho Médio/SWIR 1 (1.57 - 1.65 μm) 30 m
- Banda 7 - Infravermelho Médio/SWIR 2 (2.11 - 2.29 μm) 30 m
- Banda 8 - Pancromática (PAN) (0.50 - 0.68 μm) 15 m
- Banda 9 - Cirrus (1.36 - 1.38 μm) 30 m

E o segundo, *Thermal Infrared Sensor* (TIRS), inclusos duas bandas com resolução de pixel correspondente a 100 metros cada, que após serem reamostradas pelo Serviço de Levantamento Geológico Americano, passam a contar com uma resolução de 30 metros, para coincidir com as bandas do sensor OLI (USGS, 2016).

- Banda 10 - Infravermelho Termal/TIRS 1 (10.6 - 11.19 μm) 100 m - tratada e disponibilizada com pixel de 30 metros.
- Banda 11 - Infravermelho Termal/TIRS 2 (11.5 - 12.51 μm) 100 m - tratada e disponibilizada com pixel de 30 metros.

3. Material e Métodos

3.1. Área de Estudo

A Cidade de Várzea Grande, Mato Grosso, Brasil, está localizada nas coordenadas S 15° 38' 52", O 56° 7' 60" (**Figura 1**). Possui cerca de 1.049Km² de extensão territorial e apresenta como bioma predominante o Cerrado, embora também seja influenciada pelo aspecto Pantaneiro, o que a torna juntamente com a capital de Cuiabá, uma das principais portas de entradas para este Bioma (IBGE 2015).

Várzea Grande faz parte dos 13 Municípios que compõem a bacia hidrográfica do baixo Cuiabá dentro da bacia do Alto Araguaia, onde nasce o Rio Cuiabá. Este rio, por sua vez, é afluente do Rio Paraguai, principal curso d'água que alimenta a hidrologia do Pantanal (PCBAP 1997).

Segundo Fonseca (2008), em um estudo realizado na região, a pluviosidade de Várzea Grande está em torno de 1.300 mm por ano. E apresenta como clima o tropical semiúmido, com duas estações bem definida: uma seca, entre os meses de julho a outubro e uma chuvosa, entre os meses de novembro a maio (Maitelli, 1994).

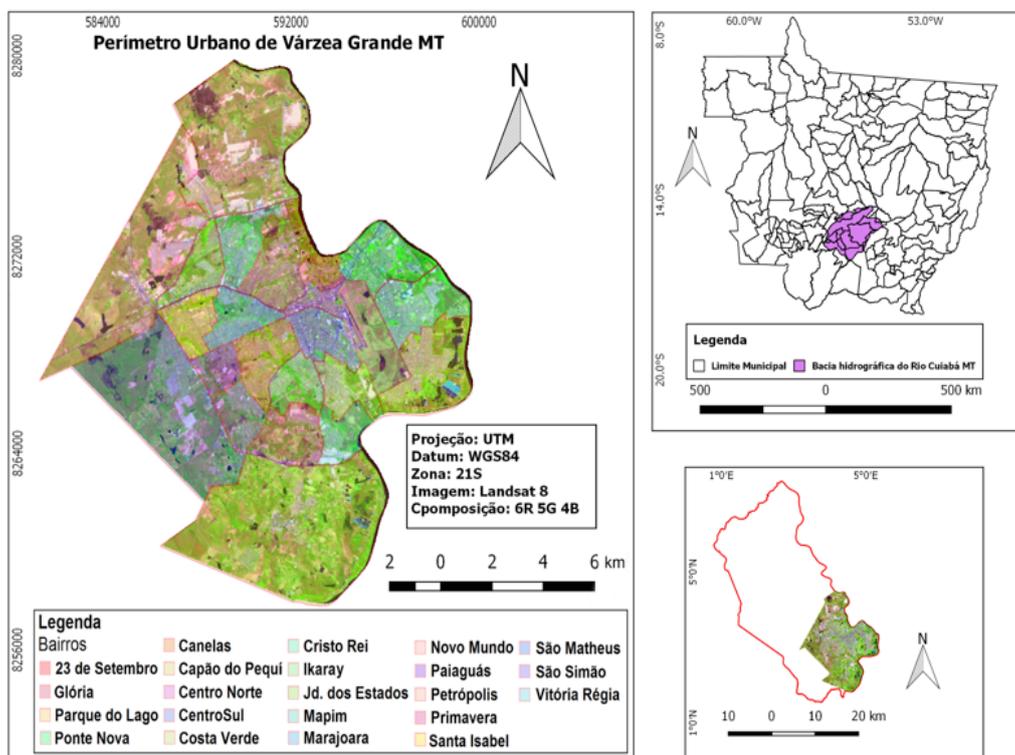


Figura 1. Localização do Município de Várzea Grande MT.

3.2. Procedimentos operacionais

Para efetuar as análises de Temperatura da Superfície Terrestre (LST), foi realizada aquisição das bandas espectrais do satélite Landsat 8, na órbita 226, cena 71 no Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS), com passagem programada no dia 07 de agosto de 2015, às 13:45 h (horário de Brasília).

Para confecção do mapa de temperatura de superfície foi utilizada a banda 10 do sensor TIRS (Thermal Infrared Sensor), que corresponde a faixa infravermelho termal (10.6 - 11.19 μm - micrometro), com resolução espacial de 30 metros por pixel.

O processamento e tratamento da imagem, foi realizado com o Sistema de informação Geográfica *Quantum GIS 2.10*, para conversão dos parâmetros fixos de níveis de cinza (NC) em radiância para refletância, seguido da conversão da temperatura Kelvin para Celsius na banda 10, por meio das equações 1 e 2 cedidas pelo Serviço Geológico Americano (**Tabelas 1 e 2**), para gerar o raster de temperatura da superfície em graus Celsius (**Figura 2**).

Equação 1: $L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL$

Tabela 1. Descrição de dados da equação 1 de conversão.

$L\lambda$	Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/ ($\text{m}^2 \text{sr} \mu\text{m}$)
ML	Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04
AL	Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000
Q_{cal}	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

Equação 2:
$$T = \frac{k2}{\ln\left(\frac{k1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Tabela 2. Descrição de dados da equação 2 de calibração.

<i>T</i>	Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)
<i>k2</i>	Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)
<i>k1</i>	Constante de calibração 1 = 774.89 (K)
<i>Lλ</i>	Radiância espectral em Watts/ (m ² sr μm)

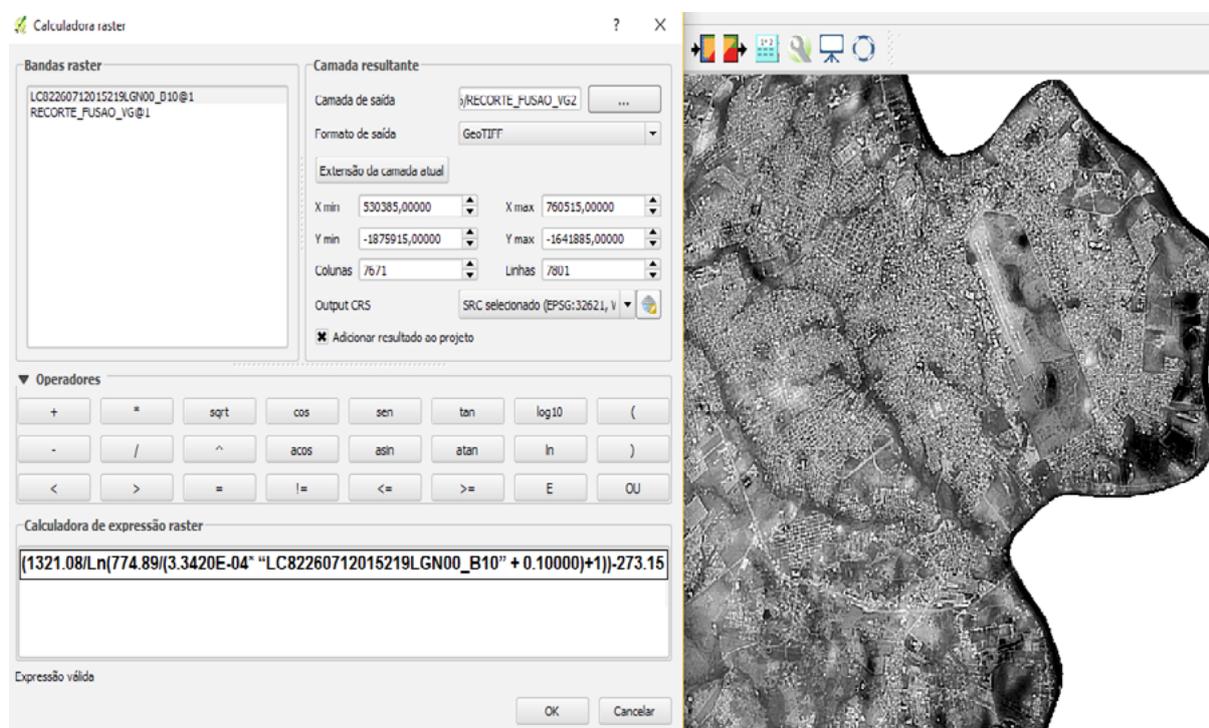


Figura 2. Procedimento de conversão e calibração da banda 10, pelas equações 1 e 2. Fórmula completa utilizada na calculadora raster: $(1321.08/\ln(774.89/(3.3420E-04 * \text{"banda10.tif"} + 0.10000)+1))-273.15$.

A criação do mapa de uso e ocupação do solo, foi composta por uma imagem com as bandas espectrais R6 - Infravermelho médio/SWIR 1(1.57 - 1.65 μm), G5 - Infravermelho próximo (0.85 - 0.88 μm) e B4 - Visível vermelho (0.64 - 0.67 μm), ambas com resolução espacial de 30 metros.

Após a criação da imagem de temperatura de superfície (banda 10 corrigida) e multiespectral (6R5G4B), recorreu-se a técnica de fusão de imagem *Pan Sharpening* utilizando a banda 8 pancromática do sensor (OLI) e a banda 10 do sensor (TIRS).

Para comparar os dados de temperatura de superfície com as classes de uso e ocupação do solo, foi utilizada a técnica de classificação supervisionada, utilizando as seguintes amostras (**Tabela 3**): área urbanizada; vegetação (cerrado e vegetação exótica); água; solo exposto. Tendo o algoritmo de Máxima Verossimilhança empregado para realização do processamento da

imagem. Moreira (2011), menciona que nessa classificação são utilizados algoritmos para o reconhecimento dos padrões espectrais da imagem com base numa amostra de área de treinamento.

Tabela 3. Pontos amostrais para o procedimento de classificação supervisionada.

Ponto	Descrição	Coordenadas	
		X	Y
P1	Área urbana – condomínio Pombal	593885	8269037
P2	Solo exposto no perímetro urbano – Bairro Pirineu	594407	8268147
P3	Área construída – Pirineu	594562	8267842
P4	Frag. de vegetação arbórea – Pq. T. Fancho	593101	8267968
P5	Terminal André Maggi – Centro Per. Urbano	593097	8269580
P6	Frag. de vegetação arbórea – Pq. Berneck	589407	8269752
P7	Lagoa – Pq. B. Berneck	589318	8269593
P8	Vegetação exótica arbustiva – Rodovia M. Andreazza	587875	8272154
P9	Solo exposto – Rodovia Andreazza	588020	8272659
P10	Solo exposto – Rodovia M. Andreazza	589003	8273558

3. Resultados

A classificação de uso e ocupação do solo (**Tabela 4**) apresentou um aumento considerável de 37,11% na classe de uso e ocupação “Vegetação”, seguida pelo “Solo exposto” que apresentou aumento de 0,40%. Já a classe “Urbanização” diminuiu 36,20%. Comparando com os resultados apresentados por Callejas et al. (2011), que realizou o mapeamento do perímetro urbano do Município de Várzea Grande, para o mês de agosto e setembro, nos anos de 1986 e 2007, o aumento das classes em relação ao resultado apresentado pelo autor, no ano de 2007 cuja data é de 02/09/2007, está relacionado com a expansão do perímetro urbano do Município, aprovado pela lei complementar 3974/2013, que aumentou em cerca de 29.448 Km² (22,16%). A diminuição da classe urbanização também está relacionada a este evento, pois a expansão do perímetro urbano ocorreu na região noroeste do município, região esta, que não apresenta vestígios de urbanização.

Tabela 4. Comparação entre as percentagens de uso e ocupação do solo.

Classe Temáticas	(%)	Callejas (%)	Dif. entre autores (%)
Água	2,04	4,46	-2,42
Sólo exposto	20,77	20,37	0,40
Vegetação	58,05	20,94	37,11
Urbanização	18,03	54,23	-36,20

Ressalta-se que os valores de temperatura obtidos se referem à superfície dos materiais de superfície, por isso, estes não são coincidentes com os valores de temperatura do ar levantados em termômetros de estações meteorológicas.

As características da temperatura superficial na cidade de Várzea Grande obtidas a partir da banda 10 fusionada, para a data do presente estudo podem ser visualizados na **Tabela 5**. Observa-se que as temperaturas de superfície (Ts) máxima e média para o ano de 2015 foram 36,27°C e 32,31°C, respectivamente. Se comparar com as temperaturas aferidas por Callejas et al. (2011), obtidas pela banda 6 do satélite Landsat 5 a temperatura máxima foi maior tendo como diferença 5,19°C. Já a temperatura mínima foi menor tendo a diferença de 5,57°C.

Tabela 5. Estatísticas descritivas - temperatura superficial para os anos de 2015 e 2007.

Estatística	Ts (°C) 2015	Ts (°C) 2007 Callejas et al. (2011)	Dif. entre Temp. (°C)
Mínimo	26,28	20,71	5,57
Máximo	36,27	41,46	-5,19
Média	32,31	31,68	0,63
Desvio padrão	1,48	2,93	-1,45

A **Figura 3** apresenta a espacialização das temperaturas de superfície no perímetro urbano de Várzea Grande, referente ao dia 07 de agosto de 2015. Segundo o Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo) a temperatura máxima para este dia foi de 38°C com mínima de 20,20°C e umidade relativa de 53%. Ao realizar a parametrização da temperatura média do ar (Ta) registrada pela estação meteorológica convencional do município de 29.10°C, com a temperatura média de superfície (Ts) registrada pelo sensor na localização da respectiva estação (33,26°C) foi observado um gradiente térmico (Ts-Ta) de 4,16°C. Esta diferença foi amostrada por Weng (2003), onde salienta que a temperatura média de superfície (Ts) apresenta, normalmente, valores mais elevados em relação a temperatura média do ar (Ta) o que já era esperado.

É possível observar na **Figura 3** que as temperaturas variaram abaixo de 22°C (Min) a 38,27°C a 44°C (Max) em regiões distintas do aglomerado urbano, o que corrobora com o estudo a partir da espacialização dos dados de temperatura de superfície para o perímetro urbano do município de Várzea Grande, em relação a 07 de agosto de 2015. Assim, as áreas que apresentaram os maiores valores de temperatura de superfície, ficaram no intervalo de classe entre 36,1 °C a 40°C, foram especificamente os locais, com área restrita, onde se encontram os solos expostos (tom amarelo) nas regiões norte e noroeste. Já a classe urbanização (tom roxo) apresentou Ts que variou entorno de 32,1 a 38°C nas áreas com menos adensamento populacional e valores elevados de 40 a acima de 40,01°C nas regiões centrais, com adensamento populacional mais elevado.

Oke (1979), explica que as ilhas de calor encontradas nos grandes centros perfilam-se em conjunção com os locais da cidade com maior atividade antrópica, normalmente o centro, que se caracteriza por ser mais quente que os bairros residenciais e periféricos. Esse comportamento foi nomeado de “Perfil Clássico das Ilhas de Calor”.

Para Coltri (2006), a explicação mais provável para esse fenômeno é o fato de que o centro da cidade tem maior densidade populacional e construtiva e, também, vegetação escassa, diferente do que acontece nas extremidades das cidades, onde acontece uma inversão nesses índices.

A vegetação (tom verde) apresentou variação de temperatura entre 28,1°C a 38°C. Essa variação está associada aos diferentes tipos de vegetação escolhida para o processo de classificação de uso e ocupação do solo (vegetação nativa e vegetação exótica).

A vegetação nativa cerrado e matas de galeria apresentaram valores de temperatura mais amena (28,01°C). Segundo Costa (2003), áreas com vegetação nativa apresentam grandes dosséis, que possuem absorção solar elevada (aproximadamente 80%) e grande parte da radiação incidente nelas é utilizada para a evapotranspiração, resultando na redução da temperatura do ar e no aumento da umidade ao redor, que mantém consequentemente temperaturas moderadas.

Já a vegetação exótica, apresentou a temperaturas mais elevadas (38° C) por ter uma distribuição rasteira e espaçada, que consequentemente permite a absorção dos raios eletromagnéticos pelo solo, elevando a temperatura. Angeline et al. (2015), identificou que a vegetação rasteira apresenta maiores valores de temperatura da superfície que da vegetação densa, variando de 22,1 a 23,8°C, respectivamente.

A água apresentou temperaturas que vaiaram abaixo de 22°C até 28°C. Callejas et al. (2011), aferiu a Ts na mesma área de estudo e obteve os valores entre 21,75°C e 27°C.

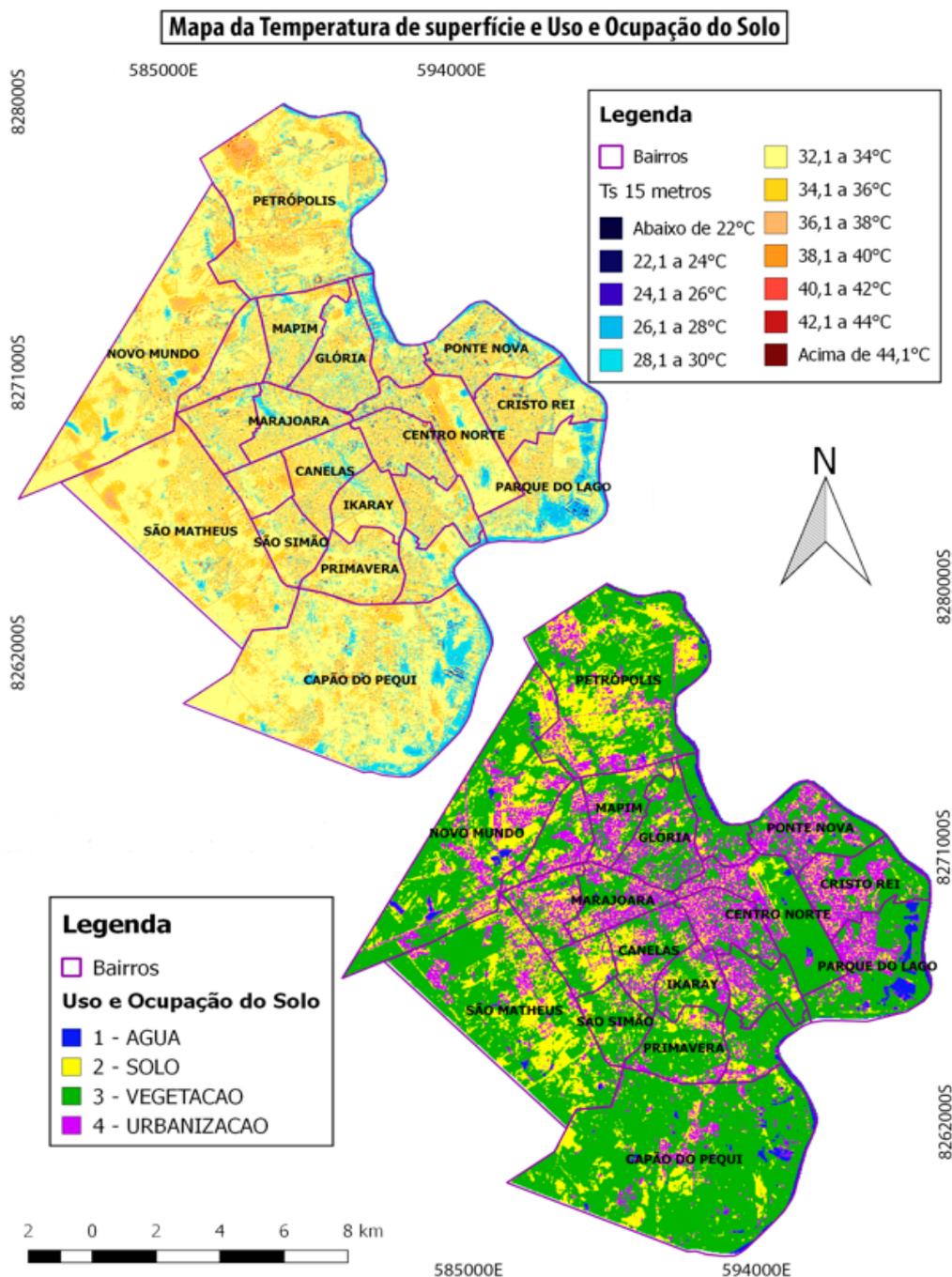


Figura 3. Mapa da temperatura de superfície e uso e ocupação do solo.

4. Considerações finais

Os resultados preliminares, por meio da aplicação dos algoritmos processados e o estabelecimento de classes aos valores de temperatura de superfície, em imagens de satélite utilizadas no trabalho, mostram-se satisfatória e de qualidade, pois permite a espacialização destes com vistas à determinação de valores de temperatura da superfície de materiais.

A aplicação da técnica de fusão de imagens, apresenta resultados satisfatórios, tanto na resolução espacial, quanto na identificação de temperaturas elevadas em aglomerados urbanos, com elevado grau de urbanização (Região central do Município). Estes resultados, permite dif-

erenciar o tipo de material e associar a temperatura de superfície com o albedo.

O estudo também mostra que a vegetação nativa com presença de água exerce um papel fundamental, diminuindo o fenômeno de ilha de calor no aglomerado urbano, tendo como diferença 6,1°C.

5. Referências

- Angeline, L. P.; Fausto, M. A.; Mützenber, D. M. S.; Nassarden, D. C. S.; Danelichen, V. H. M.; Marques, H. O.; Machado, N. G.; Nogueira, J. S. Biudes, M. S. Relação entre albedo e temperatura da superfície estimados por sensoriamento remoto na área urbana de Cuiabá, Mato Grosso. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.
- Callejas, I. J. A.; Durante, C. L.; Oliveira, A, S.; Nogueira, M, C, J, A. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana. **Revista de Geografia da UFC**, 2011.
- Costa, A. D. L. Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos: Uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN. 2003. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2003.
- Coltri, P. P. Influência do uso do solo na intensidade das ilhas de calor no município de Piracicaba. 2006. **Dissertação** (Mestrado em Fitotecnia). Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.
- Da Silva, J. X. Geoprocessamento e análise ambiental. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, 54 (3) 1992. p 46- 60.
- Fonseca, M. Análise harmônica do regime de precipitação em duas localidades da Baixada Cuiabana. **Dissertação** (mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Pós-Graduação em Física e Meio Ambiente, 2008. 66p.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Censos Demográficos 2015. Acesso em: 29 de abril de 2016. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510840&search=mato-grosso|varz+ea-grande>.
- Jensen, J. R. Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2º **Edição traduzida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE**. São Paulo, Parêntese, 2009. 672 p.
- Lima, D.; Pereira, G. K.; Ribeiro, S. R. A. Comparação entre os métodos de fusão ihs, principal Components e gram-schmidt aplicados à imagem do Satélite landsat 8 sensor OLI. **Anais Semana de Geografia**. Volume 1, Número 1. Ponta Grossa: UEPG, 2015.
- Lombardo, M. A. Ilha de Calor nas Metrôpoles. Ed. Hucitec, São Paulo, 1985.
- Maitelli, G. T. Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT. São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1994.
- Marengo, J. Mudanças Climáticas Globais e seus efeitos sobre a Biodiversidade. Brasília: Editora Biodiversidade 26, 2006.
- Mendonça, F. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: Alguns indicadores da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 2, p. 71–86. 2006.
- Moreira, M. A. Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologia de aplicações. 4 ed. Viçosa: Editora UFV, 2011. 422p.
- Oke, T. R. Review of urban climatology. **WMO Tech. Note** 169. Geneva, N°539, 1979.
- PCBAP - Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai, 1997, v. 2.
- Santos, F. M. M. Clima urbano de Cuiabá-MT-Brasil: ocupação do solo e suas influências. 2013.
- Sena, F. T. N.; Santiago, B. J.; Leite, A. C. S. Uso do geoprocessamento como subsídio à análise ambiental: imagem SRMT na geração dos mapas hipsométrico e de declividade das bacias difusas da barragem boa esperança no estado do Piauí. 2012.

United States Geological Survey - USGS. Landsat Update. Vol. 9 Issue 7, 2015. Disponível em: http://landsat.usgs.gov/documents/about_LU_Vol_9_Issue_7.pdf. Acessado em: 11 de janeiro de 2016.

United States Geological Survey - USGS. Landsat Quality Assessment Band. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/qualityband.php>. Acessado em: 11 de janeiro de 2016.

Weng, Q. Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Bethesda, v.69. 2003.

Voogt, J. A.; Oke, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environmet**. Vol. 86, p. 370-384, 2003.



Utilização de modelagem híbrida *wavelet* nas previsões de séries temporais como auxílio de compreensão na análise meteorológica

Ricardo Vela de Britto Pereira ¹

Luiz Albino Teixeira Júnior ²

Jairo Marlon Corrêa ³

Levi Lopes Teixeira ³

¹ Fundação Oswaldo Cruz – Fiocruz
Rio de Janeiro
ricardoestatistico@yahoo.com.br

² Universidade Federal da Integração Latino-Americana - UNILA
, Brasil.
luiz.junior@unila.edu.br

³ Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR
Medianeira, Paraná, Brasil
{jairocorrea, levilopes}@utfpr.edu.br

Resumo. As previsões são imprescindíveis para o monitoramento do nível da barragem junto a rios, abastecimento urbano e agrícola, piscicultura, aquicultura, recreação e lazer. Desta forma, as previsões de afluências realizadas com certa antecedência e precisão permitem, aos tomadores de decisões, elaborarem estratégias que minimizem os efeitos negativos de cheias e secas extraordinárias como as que ocorrem na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari - Pantanal. Esta mesma metodologia aplicada aos dados de Itaipu, podem ser aplicadas ao Pantanal. O objetivo do estudo é propor um previsor híbrido wavelet (PHW) - que integra decomposição wavelet, modelos ARIMA, Redes Neurais Artificiais (RNAs), combinação de previsões e programação matemática não linear - mais eficaz para avaliar o comportamento das séries, comparando com outras metodologias consagradas na literatura.

Palavras-chave: Vazão, Metodologia, Séries, Decomposição; Geotecnia..

Abstract. The prediction of flow data are essential to the dam level monitoring along the rivers, urban supply and agricultural, fisheries, aquaculture, recreation and leisure. Thus, the inflow forecasts made with some advance and precision enable decision makers develop strategies that minimize the negative effects of floods and droughts extraordinary, such as occur in the River Taquari - Pantanal. This same methodology applied to Itaipu data can be applied to the Pantanal. The objective of the study is to propose a hybrid predictor wavelet (PHW) - which includes wavelet decomposition, ARIMA, artificial neural network models (RNAs), combination of forecasts and nonlinear mathematical programming - more effective to assess the behavior of the series compared to other methodologies embodied in literature.

Key-words: Flow, Methodology, Series, decomposition; geotechnical.

1. Introdução

Inúmeros métodos preditivos são propostos a fim de se prever séries de vazões, como as que ocorrem na região do Pantanal e de Itaipu, auxiliando nos estudos sobre os impactos da atividade humana no bioma destas regiões. Podem-se agrupá-los em três categorias: estatísticos (Box & Jenkins 1976- B&J), inteligência artificial (Haykin, 2001), previsores de combinação (Teixeira Jr., 2013). O aperfeiçoamento dessas técnicas permite melhor gerenciamento das bacias, barragens, enchentes além da compreensão da precipitação pluvial que exerce influência no desenvolvimento e crescimento dos vegetais. O Pantanal é um regulador hídrico, que provoca retardamento e escoamento da água, influenciando na complexidade paisagística e na biodiversidade (Santana 2013).

É usual assumir que resíduos produzidos por métodos de previsão individuais (lineares ou não lineares) geram um processo de ruído branco (caracterizando-se como não previsível). Porém, devido principalmente às estruturas de autodependência não mapeadas pelo mesmo, tal suposição pode ser facilmente violada (Zhang 2003). Nesta perspectiva, DAGUM, (1980) destaca que o modelo B&J é capaz de mapear estruturas de autodependência linear; garantindo ausência de estrutura de autocorrelação nos erros de previsão, mas não de estruturas de autodependência não linear, como, frequentemente, é assumido. Zhang (2003) mostra que os resíduos produzidos pelos modelos B&J são modeláveis por RNAs (previsor não linear) e suas previsões “corrigem” as previsões (lineares) da abordagem ARIMA, agregando informações e melhorando a acurácia do processo preditivo. A popularização destas metodologias híbridas na geotecnia inclusive com o uso de ferramentas de software livre permitem um melhor planejamento para mitigar impactos que causam prejuízos à pecuária bovina e alterações da flora nativa da região do pantanal.

2. Objetivo

A principal motivação desse artigo é o desenvolvimento de método híbrido combinado que forneça vantagens preditivas para dados de vazão se comparado a outros da literatura.

3. Material e métodos

A fim de avaliar o PHW utilizou-se uma série de vazão. Esses dados foram escolhidos por apresentarem características complexas e pela importância no contexto de recursos hídricos.

As previsões propostas serão referenciadas como “previsões híbridas”. Formalmente, assumamos que y_t ($t=1, \dots, T$) seja uma série temporal. De acordo com Zhang (2003), cada estado pode ser decomposto tal como: $y_t = L_t + N_t$, onde L_t e N_t são, respectivamente, as suas componentes linear e não linear. Consequentemente, a previsão de y_t , denotada por \hat{y}_t , pode ser visualizada como: $\hat{y}_t = \hat{L}_t + \hat{N}_t$, onde, por exemplo, \hat{L}_t (previsão linear) pode ser gerada por um modelo linear B&J e \hat{N}_t (previsão não linear), por uma RNA.

Paralelamente à modelagem híbrida e combinada (que consiste na integração de métodos preditivos individuais), **Figura** as abordagens wavelet que realizam processamento dos sinais antes de sua efetiva modelagem (Kubrusly 2006). O método wavelet permite decompor y_t ($t=1, \dots, T$) em termos de componentes espectrais (Donoho 1994), ou em filtrá-la (Donoho 1995). Por meio de uma decomposição wavelet de nível r (Teixeira Jr 2015), uma série temporal y_t ($t=1, \dots, T$) é decomposta em termos de $r+1$ componentes wavelet (CWs) – a saber, uma CW de aproximação de nível m_o , denotada por $A_{m_o,t}$ ($t=1, \dots, T$), e r CWs de detalhe de níveis $m_o, \dots, m_o+(r-1)$, denotadas por $D_{m_o,t}, \dots, D_{m_o,t+(r-1),t}$ ($t=1, \dots, T$), respectivamente, onde m_o e r tomam valores inteiros. Devido ao fato de as referidas $r+1$ CWs serem dotadas de frequências espectrais constantes (Mallat 2009), tendem a possuir um padrão de comportamento mais regular que y_t ($t=1, \dots, T$). Com efeito, a modelagem individual, com um nível de acurácia satisfatório, pode incorrer, no processo de reconstrução (isto é, soma das previsões das CW), em ganhos preditivos relevantes (Lei; Ran 2008) Como não existe uma forma de se combinar previsões, ou de se gerar previsões híbridas, que seja considerada a melhor e diante do fato de que o método de decomposição wavelet de nível r tende a incorrer em ganhos preditivos, propõem-se aqui uma metodologia híbrida wavelet de integração de modelos de B&J e de RNAs para geração de previsões. A escolha de tal método de amostragem tem a vantagem de não trabalhar com a distribuição empírica apresentada pelos erros de previsão, evitando vieses decorrentes, por exemplo, da suposição de normalidade dos mesmos.

O PHW descrito em 6 passos: 1) decomposição wavelet de nível r da série temporal de interesse; 2) modelagem individual de cada uma das $r+1$ CW via modelo SARIMA; 3) Combinação linear wavelet (CLW) das previsões geradas no passo 2; 4) Decomposição wavelet de nível k dos resíduos produzidos no passo 3; 5) Modelagem simultânea das $k+1$ CWs geradas no passo 4 via RNA-MLP wavelet automática; 6) Geração das previsões (pontuais) híbridas da série temporal original, somando as previsões obtidas nos passos 3 e 6;

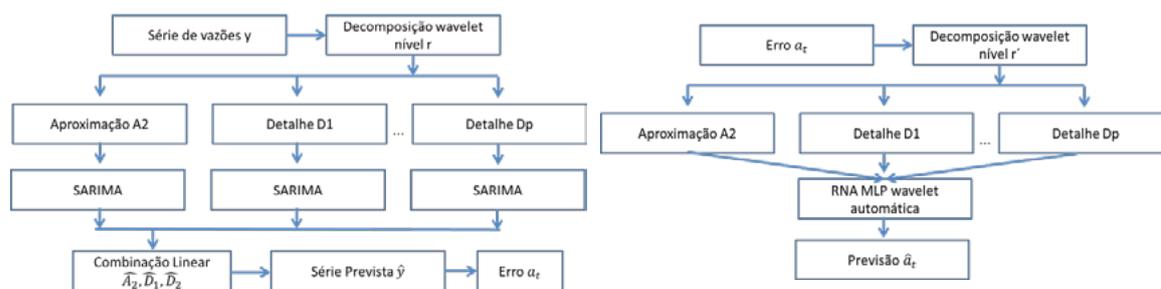


Figura 1. Fluxograma do passo 1 ao passo 3
 Fonte: O autor 2015

Fluxograma do passo 4 ao passo 5

O passo 6 é dado pelo somatório da série prevista \hat{y} e da previsão \hat{a}_t .

Para modelagens B&J utilizou-se o software EViews 8 e considerou-se as seguintes análises de validação: perfil dos gráficos das funções de autocorrelação parcial e simples, teste *Ljung-Box* (até o Lag 30), estatística de Durbin-Watson, teste de raiz unitária de *Dickey-Fuller* (Hamilton, 1994). Na modelagem dos resíduos oriundos da CLW de modelos B&J, quanto aos parâmetros wavelet, considerou-se nível de decomposição wavelet 2. A utilização de nível de decomposição maior não ofereceu ganho preditivo. Quanto às bases ortonormais wavelet, consideram-se as seguintes famílias: db1, db2, ..., db45 (famílias *Daubechies* com momentos nulos variando de 1 a 45); sym1, ..., sym20 (famílias *symlets* com momentos nulos variando de 1 a 20) (Mallat, 1998). Quanto à RNA-MLP, foi utilizada somente uma camada escondida e,

como algoritmo de treinamento, Levenberg-Marquardt (Haykin, 2001). O número de janelas para RNA-MLP variou de 1 a 12, número de treinamentos por configuração igual a 25. A modelagem neuronal e a abordagem wavelet foram implementadas no MATLAB 2013. Finalmente, os parâmetros adaptativos da CLW foram obtidos com auxílio do pacote solver, do Excel 2009, mantendo como inalterados os valores default.

Estatísticas de aderência utilizadas: MSE (*mean square error*), MAE (*mean absolute error*) e MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) definidas por:

$$MSE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T (y_t - \hat{y}_t)^2 \quad MAE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T |y_t - \hat{y}_t| \quad MAPE = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t}$$

Onde: y_t e \hat{y}_t são, respectivamente, o estado e a previsão no instante t .

4. Resultados empíricos

Utilizou-se, neste experimento, uma série temporal de vazão de afluentes mensal (01/1970 à 10/2010) 492 observações / http://www.ons.org.br/operacao/vazoes_naturais.aspx do posto 266, Usina Hidrelétrica de Itaipu. A área da usina vai desde Foz do Iguaçu, no Brasil, e Ciudad del Este, no Paraguai, ao sul, até Guaíra (Brasil) e Salto del Guairá (Paraguai), ao norte. A escolha da série, apresentada na **Figura 2** se deu por conta de sua relevância e por ser de difícil modelagem (Santana 2013). Os tamanhos amostrais de treino e teste utilizados seguiram a metodologia da literatura para fins de comparação (Zhang 2003).

O correlograma (**Figura 2**) da série observada mostra a existência de componente sazonal; além de autocorrelações não decrescentes nos lags múltiplos de doze, indicando não-estacionariedade de segunda ordem, confirmadas pelo teste de Dickey Fuller com $\alpha = 5\%$.

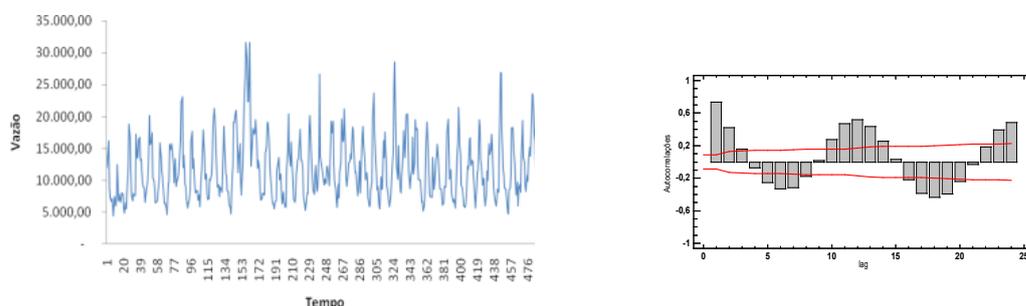


Figura 2: Série de vazões mensais e correlograma da série obtida no posto 266-Itaipu no período 1970-2010

Fonte: O autor 2015

Resultados da modelagem proposta (PHW) foram comparados com outras abordagens da literatura, tais como B&J e RNA; além dos compostos, ARIMA-wavelet (ARIMA-W) e RNA-wavelet (RNA-W). Na experimentação, 70% dos primeiros dados foram utilizados no treinamento dos modelos preditivos individuais (B&J e RNA), separando 20% para a validação e 10%, para amostra teste. Realizaram-se previsões um passo à frente, com horizonte de previsão de 49 meses. Para avaliação utilizaram-se estatísticas MAPE e MAE.

Para testar a hipótese de que todos os coeficientes de autocorrelação ρ_k dos erros de previsão eram estatisticamente não diferentes de zero, foi utilizada a estatística L , desenvolvida por Box e Pierce, em que n é o tamanho da amostra e k a duração da defasagem. A estatística L tem distribuição qui-quadrado com $2k$ graus de liberdade. Quando L excede o valor crítico, rejeita-se $H_0: \rho_k = 0$ (Casella 2002).

A fim de eliminar o efeito de não-estacionariedade na componente de sazonalidade, foi aplicada uma diferenciação de ordem d . Com a série diferenciada, fez-se a análise dos gráficos da

FAC e FACP, podendo assim definir possíveis modelos para o ajuste dos dados. Testes indicaram que, entre os modelos candidatos, o ARIMA(1,0,2)x(0,1,2)₁₂ se ajustou melhor aos dados. Para a validação do modelo foram analisados os resíduos pelos gráficos de autocorrelações, mostrando que são não autocorrelacionados e considerou-se expuria a violação no lag 15 (**Figura 3**).

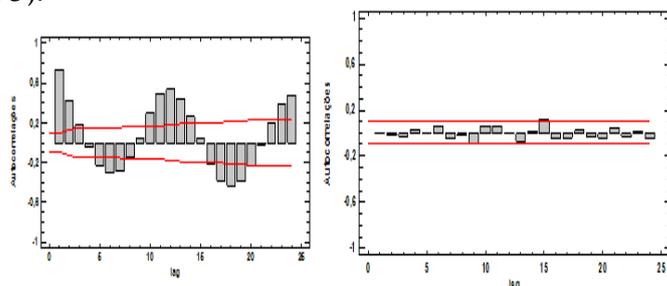


Figura 3: Autocorrelações dos resíduos ARIMA(1,0,2)X(0,1,2)₁₂ Fonte: O autor 2015

O teste de Ljung-Box corrobora a conclusão obtida na FAC residual. Como o p-valor (0,203) obtido com o teste de Box-Pierce é maior que 0,05, não se rejeitou a hipótese de que os resíduos fossem descorrelatados, ao nível de 5%.

A RNA usada na modelagem da série subjacente foi feed-forward multilayer perceptron (RNA-MLP). Realizou-se vinte combinações com tamanho da janela de entrada (J) e quantidade de neurônios na camada escondida (CE), fazendo-se dez simulações para cada combinação. a rede utilizada era constituída por uma camada escondida com função de ativação tangente hiperbólica sigmoideal (tansig) e um neurônio na camada de saída com função de linear (purelin) e Levenberg e Marquardt o algoritmo de treinamento. A busca pela RNA que melhor ajustasse os dados identificou a RNA-MLP com J=4 e camada escondida composta por cinco neurônios artificiais (CE=5), conforme a Tabela 7, onde estão listadas seis das vinte estruturas testadas. Nesta tabela podem ser observados o Erro Médio Percentual Absoluto (MAPE), Erro Percentual Absoluto (APE) mínimo e o APE máximo para as seis **configurações** listadas.

Tabela 1: APE mínimo, máximo e MAPE para seis RNA-MLP Fonte: O autor 2015

J	CE	APE Mínimo			APE Máximo			MAPE		
		Treino	Valid.	Teste	Treino	Valid.	Teste	Treino	Valid.	Teste
5	5	0,060	0,20	0,23	112,3	76,7	79,4	17,8	18,4	21,3
4	4	0,040	0,67	0,67	113,5	70,3	86,4	19,3	20,1	21,6
5	6	0,020	0,44	0,41	132,9	92,5	159,5	16,8	18,6	26,3
5	7	0,005	0,07	0,49	109,3	72,1	146,7	17,2	18,8	27,2
4	5	0,020	0,04	0,68	122,1	87,4	49,4	18,2	18,3	18,9
4	6	0,004	0,07	1,22	126,8	88,3	171,2	18,3	18,9	24,1

A amostra de teste apresentou MAPE igual a 18,01% com o modelo ARIMA e 18,9% com a RNA. Nas **Figuras** 4a e 4b estão os gráficos de dispersão da amostra de teste versus previsão por RNA e ARIMA. Os gráficos em questão são um indicativo que se pode melhorar a qualidade das previsões obtidas com os métodos individuais ARIMA e RNA.

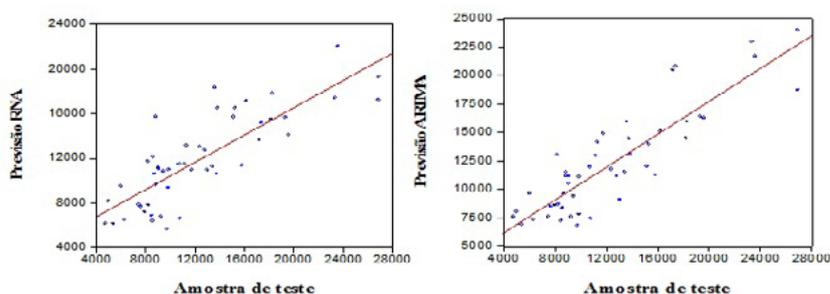


Figura 4: Gráfico dispersão da amostra teste e previsões RNA, ARIMA Fonte: O autor 2015

Inicialmente, a série foi decomposta ortogonalmente via expansão wavelet de nível 2, utilizando a base Daubechies, momento 10 (“db 10”). As três CWs geradas (sendo duas de detalhes (D1 e D2) e uma de aproximação (A2)) foram ajustadas por três RNA e três modelos ARIMA diferentes e, em seguida, as previsões foram combinadas linearmente, a fim de se obter as previsões da série temporal original. As etapas para a execução do método ARIMA-W são semelhantes às apresentadas no fluxograma da **Figura 1**, porém no lugar de modelos ARIMA, utilizaram-se modelos SARIMA e nível de decomposição r. O mesmo ocorre para o método RNA-W utilizando-se uma RNA no lugar dos modelos SARIMA.

Na **Figura 5** podem-se observar os gráficos da série de vazões mensais e as componentes wavelets de aproximação (A2) e detalhes (D1 e D2) obtidas com a base ortonormal wavelet de Daubechies com momento 10 (db 10).

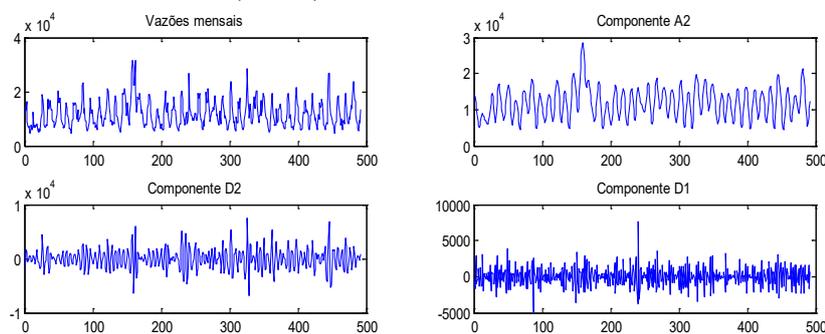


Figura 5- Gráfico da série temporal de vazões e das CWs A2, D2 e D1 Fonte: O autor 2015

A Tabela 2 fornece um resumo dos modelos AR, MA e con**Figurações** das RNA utilizadas na modelagem das componentes wavelet A2, D1 e D2, sendo CE a quantidade de neurônios da camada escondida com função de ativação tangente hiperbólica (tansig) e J o tamanho da janela de entrada de dados. A camada de saída possui um único neurônio e a função de ativação é linear (purelin).

Tabela 2: Con**Figurações** RNA e dos modelos AR e MA para A2, D1 e D2. Fonte: O autor 2015

Componente de aproximação de nível 2 (A2):
RNA1: feed-forward, J=20, CE=9, tansig (camada escondida), purelin (camada de saída). AR(1), AR(2), AR(4), AR(12), AR(13), AR(24), MA(1 até 3), MA(13) e MA(24)
Componente de detalhe de nível 1 (D1):
RNA2: feed-forward, J=20, CE=5, tansig (camada escondida), purelin (camada de saída) AR(1 até 8), MA(1 até 8)
Componente de detalhe de nível 2 (D2):
RNA3: feed-forward, J=21, CE=9, tansig (camada escondida), purelin (camada de saída)

AR(1 até 8). AR(10). AR(11). AR(24). MA(1 até 4). MA(6). MA(7) e MA(10)

As previsões, e foram combinadas linearmente a fim de se obter a previsão da série de vazões, conforme.

Onde: são os parâmetros adaptativos ótimos determinados com a solução do problema de programação não linear, cuja função objetivo é a raiz do erro quadrático médio (RMSE).

Onde:

De forma análoga, obtém-se a partir das previsões, e .

O MAPE para a amostra de teste obtido com a aplicação do método ARIMA-wavelet foi de 3,63%; e de 2,80%, com a utilização do RNA-wavelet – o que mostra a eficiência de tais abordagens em métodos em relação aos individuais RNA e ARIMA. No passo 1, utilizou-se decomposição nível 2, base ortonormal de Haar, da amostra de treino gerando: uma CW de aproximação (A2); e duas de detalhe (D2 e D1). No passo 2, utilizaram-se os previsores:

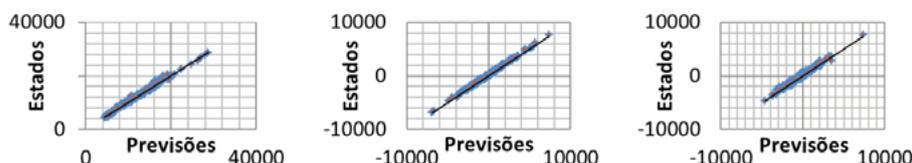
Um modelo SARIMA (4,1,5) x , para prever A2. Assuma que , para todo instante t. O referido modelo ótimo é dado por:

Um modelo SARIMA (2,0,1) x para projetar D2, cuja representação dada por:

+

Um modelo ARIMA (1,0,2), para prever D1, o qual é dado por:

+



CW A2 e previsões

(b) CW D2 e previsões

(c) CW D1 e previsões

Figura 6 - Gráfico de dispersão CWs A2, D2 e D1 e suas previsões. Fonte: O autor 2015

Na **Figura 6**, verifica-se que os dados são altamente correlacionados com as previsões, o que evidencia nível de acurácia satisfatório. A CLW ótima, no passo 3, é dada na Equação.

Onde: , para todo instante t; é uma componente sazonal da estrutura Box e Jenkins.

No passo 4, os erros de predição da CLW ótima, representados algebricamente por , sendo , decomposição de nível 2, base ortonormal Daubechies com momento nulo 10 (“db10”) (Mallat, 2009). A **ConFiguração** ótima da RNA wavelet automática para projetar os resíduos produzidos no passo 6 pode ser visualizada na Tabela 4.

Tabela 3 - **ConFiguração** ótima da RNA-W automática para projetar os resíduos da CLW ótima, do passo 3. Fonte: O autor 2015

Neurônios	Normalização	Tamanho da janela	Função de ativação (camada escondida)	Função de ativação (saída)
db 40	Premnmx	4	Sigmoide logística	linear

Na **Figura 7**, têm-se os gráficos das previsões e resíduos, na amostra de treinamento. As previsões são um passo à frente. Com efeito, no passo 7, somando-se as previsões fora da amostra (amostra de teste), dos passos 3 e 6, são geradas as híbridas para a série temporal de vazão. Note que, na escala do gráfico, praticamente não é possível perceber, de forma visual, diferença entre as previsões e os estados da série temporal de vazão, na amostra de teste

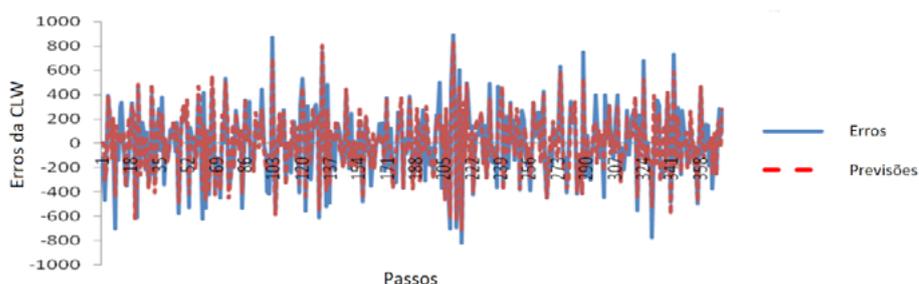


Figura 7 – Resíduos da CLW do passo 3 e suas respectivas previsões. Fonte: O autor 2015

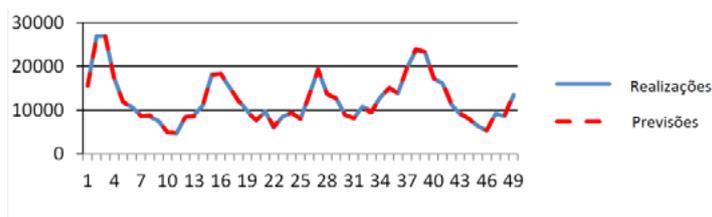


Figura 8: Realizações e previsões da série, na amostra teste Fonte: O autor 2015

Na **Figura 8** visualiza-se o gráfico das realizações da vazão e suas respectivas previsões. A Tabela 4 expõe valores das estatísticas residuais dos previsores, a estatística MAPE e MAE, nas três amostras. CL1 e CL2 são as combinações lineares das abordagens ARIMA e RNA; e ARIMA-W e RNA-W. A combinação linear híbrida wavelet em estágios múltiplos foi superior aos outros nas três amostras. Na **Figura 9**, tem-se a comparação entre o PHW e a abordagem CL2 (segundo melhor predictor). Verifica-se que, na amostra de teste, o PHW apresenta evolução temporal dos valores APE (absolute percentage error) mais estáveis que os da CL2 (note que 6 pontos da CL2 violam a faixa dos 6% de APE, e não ocorre violação da PHW) e na maioria dos instantes, o PHW tem valores APE menores que CL2.

Na **Figura 10**, é apresentado o diagrama de dispersão das previsões e realizações da série, na amostra de teste. Note a presença de forte correlação entre as realizações e as respectivas previsões, corroborando que, de fato, as previsões são acuradas.

Tabela 4 – Estatísticas de aderência MAPE e MAE.

Fonte: O autor 2015

Métodos	MAPE			MAE		
	Treinamento	Validação	Teste	Treinamento	Validação	Teste
RNA	16,35%	15,19%	21,78%	1.886,87	1.682,38	2.389,97
ARIMA	16,60%	19,46%	21,25%	2.032,22	2.185,50	2.560,19
CL 1	14,95%	14,82%	19,13%	1.877,10	1.752,25	2.274,33
RNA- W	2,11%	2,47%	2,80%	224,00	232,73	290,79
ARIMA-W	2,74%	3,13%	3,63%	291,92	278,34	396,26
CL 2	2,06%	2,38%	2,64%	218,29	222,45	275,75
PHW	1,27%	1,27%	1,36%	131,83	121,71	141,95

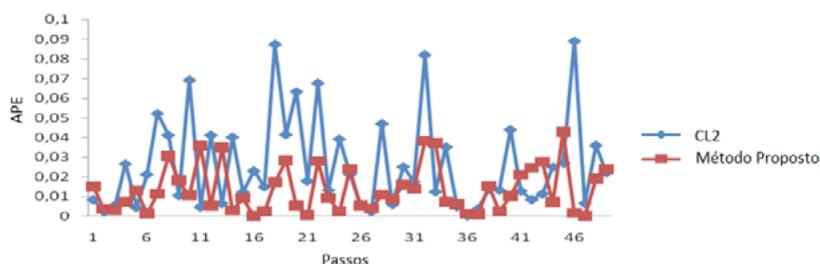


Figura 9: APE dos previsores CL2 e do PHW, na amostra de teste Fonte: O autor 2015

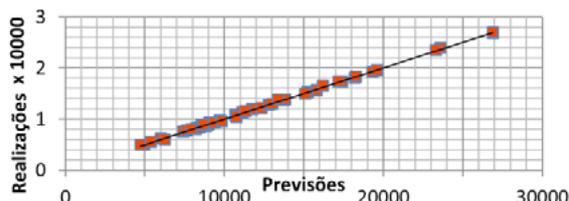


Figura 10: Diagrama de dispersão amostra teste e previsões PHW Fonte: O autor 2015

5. Conclusão

Em relação à abordagem wavelet, considerado horizonte de previsão igual a k passos à frente, foram calculadas k diferentes séries de Fourier wavelet, de modo a se obter k diferentes decomposições wavelet (de nível 2). Para a escolha das melhores bases ortonormais wavelet, no passo 3, considerou-se aquelas que, dado o nível de decomposição 2 (decomposição ótima), forneciam o menor EQM (erro médio quadrático) entre os sinais da amostra treino e os respectivos sinais wavelet gerados em decorrência da soma das componentes de aproximação e de detalhe. A RNA-W automática, gerou as melhores previsões, na amostra de treinamento. Além disso, a decomposição wavelet possibilitou a geração de componentes espectrais wavelet com um padrão de comportamento temporal menos ruidoso (ou menos estocástico) e mais regular. Em particular, no tocante à regularidade de comportamento, tal fato ocorreu porque cada componente ortogonal wavelet está associada ao parâmetro de escala das funções wavelet que a compõe e este, à frequência da respectiva componente wavelet (Box 1994). Assim, cada CW forneceu diferentes contribuições acerca da flutuação estocástica-temporal da série temporal original, no passo 3. Dessa maneira, ao se combinar linearmente a previsão para as componentes wavelet, obteve-se, para cada instante t , uma previsão combinada que, segundo Faria 2008, pode ser interpretada como agregadora de informações oriundas de diferentes fontes (abordagens preditivas).

A combinação linear wavelet (CLW), por se tratar, na verdade, de um modelo linear estatístico, produziu resíduos que, de fato, eram desconcorrelatados. Em abordagens tradicionais de combinação de previsões, geralmente não é feito qualquer teste estatístico para garantir tal propriedade estatística. Por outro lado, a RNA wavelet automática propiciou fazer uma busca exaustiva por milhares de possíveis previsores para projetar os resíduos desconcorrelatados (mas não independentes) da CLW, do passo 3, fornecendo previsões acuradas que possibilitam agregar informações não lineares na previsão final (previsão híbrida). No tocante aos intervalos de previsão para a série temporal de vazão, verificou-se que a sua amplitude era relativamente pequena (o que evidencia menor incerteza acerca do futuro) e que não houve nenhuma violação nos mesmos.

A utilização de modelos B&J e RNAs se deu pelo fato de serem reconhecidos pela sua eficiência na modelagem de estruturas de autodependência linear e não linear, além da facilidade de manipulação operacional devido à gama de software e pacotes existentes.

Por último, este artigo proporciona a incorporação de abordagens matemáticas e estatísticas avançadas e inovadoras no campo da geotecnologia, identificando padrões de comportamento lineares e não lineares, assim como tendências entre variáveis climáticas associadas a eventos de agricultura, paisagem, meteorologia, clima e recursos hídricos.

6. Referências

- BOX, G.E.P.; Jenkins, G.M. **Time series analysis: Forecasting and control**. Rev. ed. San Francisco, CA: Hoiden-Day, 1976
- Casella, C.; Berger, R.I. **Statistical Inference**. [Second Edition], [S.l.:s.n]: 2002. p.577-582
- DAGUM, E. B. **The X11ARIMA seasonal adjustment method Ottawa**: Time Series Research and Analysis Division, Statistics. Canada: [s.n], 1980.
- DONOHO, D. L.; JONHSTONE, I. M. **Ideal Spatial Adaptation by Wavelet Shrinkage**. Biometric,[S.l.], v. 81,p. 425-455, 1994
- DONOHO, D. L.; JONHSTONE, I. M.; KERKYACHARIAN, G.; PICARD, D. Wavelet Shrinkage: Asymptopia? (with discussion) **Journal Royal Statistical Society**,[S.l.],v. 57, p 301-369, 1995.
- HAYKIN, S.**Redes Neurais: Princípios e Prática**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- HAMILTON, J. **Time Series Analysis**. [S.l.]: Princeton University Press, 1994.
- LEI C. ;RAN, L. **Short-term wind speed forecasting model for Wind Farm Based on Wavelet Decomposition** DRPT. Nanjing. China,p 2525-2529, 2008.
- KUBRUSLY C. S., LEVAN, N. (2006). **Abstract Wavelet Generated by Hilbert Space Shift Operators**. Adv. Math. Sci. Appl. 14, 643-660.Kubrusly C. S. Elements of Operator Theory. Boston:Birkhäuser, 2001.
- MALLAT, S. **A Wavelet Tour of Signal Processing**. The Sparse Way. [S.l.:s.n: 2000?], p. 27-39
- MALLAT, S. **A Wavelet Tour of Signal Processing**. San Diego: Academic Press,1998.
- TEIXEIRA JR, L. A.; MENESES, M. L.; PESSANHA, J. F. M. SOUZA, R. C.; CASSIANO, K. M. . Residential Electricity Consumption Forecasting Using a Geometric Combination Approach. **International Journal of Energy and Statistics**, v. 1, n. 2, 1-13, 2013
- SANTANA, M.S.; SOUZA C.A.; JUNIOR, E.S.O. Análise de Séries Temporais de vazão e Precipitação na Bacia do Rio Paraguai. **Revista GeoPantanal** v.8, n.14, 2013
- ZHANG, G. P. **Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model**. Atlanta: Neuro-computing, 2003, v.50, p. 159-175.



Utilização de novas tecnologias para o mapeamento cartográfico náutico sistemático da Hidrovia do Rio Paraguai

Paulo Pereira Oliveira Matos ¹
Juarez Cerqueira Ferreira ¹
Victor Hugo do Espírito Santo Conceição ¹

¹ Centro de Hidrografia da Marinha - CHM
Rua Barão de Jaceguai, s/no
28040-900 - Niterói - RJ, Brasil
{paulo, juarez}@chm.mar.mil.br, kafos1234@gmail.com.

Resumo. Um dos principais corredores de movimentação de cargas da região Centro-Oeste brasileira é o rio Paraguai. Atualmente, a Hidrovia do Rio Paraguai movimenta mais de sete milhões de toneladas de carga, sendo a segunda maior hidrovia em movimentação de cargas no Brasil. Porém, para que estas cargas sejam transportadas de forma rápida, econômica e segura, é imprescindível um correto, sistemático e completo mapeamento do leito do rio. Esta responsabilidade, a cargo da Marinha do Brasil, remonta ao Plano Básico Cartográfico Náutico, de 1935, e materializa-se através da construção de documentos náuticos oficiais, tendo por objetivo a segurança da navegação. Estes documentos, chamados de cartas náuticas oficiais, resultam do processo cartográfico que tem, por origem, a coleta de dados batimétricos *in loco*. Esta coleta (sondagem) sempre se utilizou das mais modernas tecnologias disponíveis sendo, a mais recente, a utilização de ecobatímetros monofeixe e posicionadores precisos. No entanto, novas tecnologias apresentam-se atualmente, entre elas o ecobatímetro multifeixe, equipamento que possui diversas vantagens, entre elas permitir o recobrimento total do leito do rio. Este artigo descreve esta quebra de paradigma na coleta de dados batimétricos na calha do rio Paraguai, apresentando os primeiros resultados e conclusões da utilização desta tecnologia.

Palavras-chave: cartografia náutica, hidrografia, ecobatímetro multifeixe, segurança da navegação.

Abstract. One of the main cargo movement corridors of the Brazilian Midwest region is the Paraguay River. Currently, the Waterway of the Paraguay River moves more than seven million tons of cargo, being the second largest waterway in cargo handling in Brazil. However, for these loads to be transported quickly, economically and safely, it is essential to have a proper, systematic and complete mapping of the river bed. This responsibility, in charge of the Brazilian Navy and dating back to the Nautical Cartographic Basic Plan, 1935, is materialized by the construction of official nautical documents, with the objective of safety of navigation. These documents, called official nautical charts, result from the mapping process that has by origin, collecting bathymetric data on the specific spot. This collection has always used the most modern technologies available and, most recently, single beam echo sounders and accurate positioners. However, new technologies are presented today, including the multibeam echo sounder, equipment that has several advantages, including allowing full coverage of the riverbed. This article describes this paradigm shift in the collection of bathymetric data in the river Paraguay basin, presenting the preliminary findings and conclusions of the use of this technology.

Key-words: nautical cartography, hydrography, multibeam echo sounder, navigation safety.

1. Introdução

A Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ (2010), denomina como Hidrovia do Rio Paraguai o trecho do Rio Paraguai, em território nacional, entre a região de Cáceres/MT e a foz do Rio Apa/MS, percorrendo aproximadamente 1.270 quilômetros. Sendo um dos principais corredores de movimentação de cargas da região Centro-Oeste brasileira, atualmente, a Hidrovia do Rio Paraguai movimenta mais de sete milhões de toneladas de carga, sendo a segunda maior hidrovia em movimentação de cargas no Brasil. Esta hidrovia, além de escoar a produção agrícola dos estados do Centro-Oeste brasileiro, serve de ligação natural ao mar para países como a Bolívia e o Paraguai. Em 2014, a Hidrovia do Rio Paraguai movimentou um total de 7.1 milhões de toneladas de carga (Antaq, 2015), como pode ser visualizado na **Tabela 1**:

Tabela 1. Transporte de cargas (em t) e TKU por corredor hidroviário em 2014

Hidrovia	Navegação Interior			Total (t)	Distância Média (km)	TKU Total
	Estadual	Interestadual	Internacional			
rio Madeira	0	4.784.856	781	4.785.638	1.071	5.123.072.998
rio Solimões-Amazonas	3.077.063	7.476.357	16.207	10.569.627	554	5.853.836.436
rio Tocantins-Araguaia	906.264	2.357.562	0	3.263.827	207	676.569.427
Hidrovias do Sul	4.105.384	0	0	4.105.384	271	1.114.450.862
rio Paraguai	0	0	7.148.005	7.148.005	513	3.670.402.550
rio São Francisco	0	12.812	0	12.812	576	7.373.818
rio Paraná-Tietê	3.125.106	1.010.112	508.911	4.644.129	140	649.381.764

Fonte: ANTAQ (2015).

Ressalta-se, ainda, a previsão de investimentos e ampliação da capacidade de movimentação de carga nesta Hidrovia. O Plano Hidroviário Estratégico Brasileiro, documento elaborado pelo Ministério dos Transportes (2013), prevê uma movimentação total de cargas gerais de 10.871.000T em 2023 e de 14.883.000T em 2031 pela Hidrovia.

Para que estas cargas sejam transportadas de forma rápida, econômica e segura, é imprescindível um correto, sistemático e completo mapeamento das vias navegáveis regionais mais importantes. Desta forma, a Marinha do Brasil, consoante o Decreto-Lei no 243/67, exerce também nesta região a sua atribuição de planejar e executar a cartografia temática **náutica**. Assim, contribui de maneira ímpar para a segurança da navegação e do navegador, atendendo a convenções e regulamentos internacionais, como a Convenção para a Salvaguarda da Vida Humana no Mar – SOLAS, estabelecida inicialmente em 1974.

3. Materiais e Métodos

Miguens (1996) define ecobatímetro como um instrumento de propagação sonora simples, portador de um dispositivo que mede o tempo decorrido entre a emissão de um impulso sonoro e a recepção do seu eco, após refletir-se no fundo. Conhecendo-se esse tempo (cujas metade do valor corresponderá ao tempo necessário para o impulso atingir o fundo) e assumindo-se uma velocidade média de propagação do impulso (em geral de 1.500m/s), obtém-se a profundidade local, diretamente mostrada de forma visual ou digital, ou, ainda, indicada em papel especial de registro (ou em um mostrador LCD), que apresenta o perfil do fundo.

Os primeiros equipamentos a serem utilizados foram os ecobatímetros monofeixe. Estes equipamentos dominaram a Hidrografia por décadas, substituindo os antigos prumos de mão, modo de medição direta da profundidade local. Constituídos basicamente por um transdutor, um receptor e um registrador gráfico, os ecobatímetros monofeixe emitem um feixe eletromagnético por vez. Desta forma, ao receber o retorno deste feixe (chamado eco), por medições indiretas, obtém-se a profundidade pontual local – caso o equipamento esteja conectado a um posicionador, esta profundidade pontual estará georeferenciada, o que é primordial para a sua utilização na atualização cartográfica.

Toda a cartografia náutica brasileira recente, até meados da década de 90, utilizou como subsídios primários dados provenientes desta tecnologia. Muitas cartas náuticas ainda em vigor, em Águas Jurisdicionais Brasileiras, foram completamente sondadas utilizando-se ecobatímetros monofeixe.

Com o desenvolvimento da tecnologia de aquisição de dados batimétricos, em nível mundial, novos equipamentos foram apresentados à comunidade científica, entre eles os ecobatímetros multifeixe. Este equipamento representou uma importante quebra de paradigma em relação à batimetria tradicional. Ecobatímetros multifeixe são sensores que geram seqüências de feixes estreitos, cuja profundidade é o resultado da combinação entre a medida do tempo de viagem dos feixes e dos ângulos de emissão e recepção do sinal acústico. Alguns sistemas multifeixe são capazes de obter mais de 50 perfis de varredura por segundo, obtendo diversas medidas de profundidade. Do mesmo sinal acústico de retorno, informações como a geomorfologia do fundo podem ser inferidas após a apropriada redução radiométrica e geométrica dos dados de retroespalhamento (*backscatter*) e sua correlação com amostras de fundo consistentes. A **Figura 2** mostra a diferença na aquisição de dados entre os dois equipamentos:

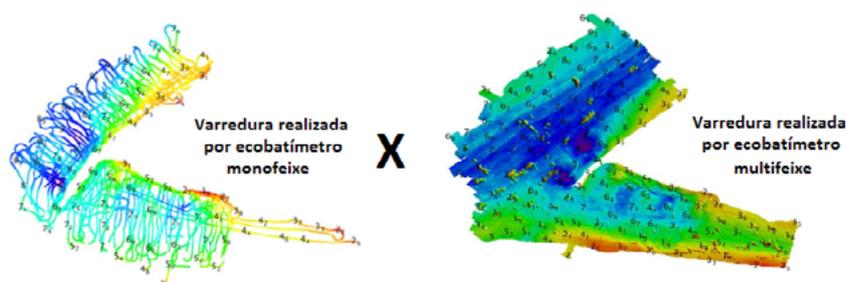


Figura 2. Diferença na aquisição de dados entre ecobatímetros monofeixe e multifeixe.

Fonte: Autor

Os ecobatímetros multifeixe são capazes de informar a profundidade em uma região, ao invés de pontualmente – o que é, efetivamente, a grande diferença entre as duas tecnologias. Desta forma, a varredura completa de grandes áreas torna-se mais rápida e completa, uma vez

que a varredura multifeixe pode permitir o imageamento completo do fundo marinho – o que o ecobatímetro monofeixe não poderá prover, por mais que o espaçamento entre as linhas de sondagem seja minimizado. Pode-se dizer, no entanto, que ambas tecnologias são complementares, embora o ecobatímetro multifeixe seja, claramente, uma evolução do ecobatímetro monofeixe, permitindo a produção de superfícies batimétricas de alta resolução.

Os sistemas acústicos multifeixe adquiridos pela Marinha do Brasil e disponíveis para utilização na região, operam em uma faixa de frequência de 12 kHz a 400 kHz e são capazes de realizar levantamentos batimétricos consistentes e que atendem aos padrões e Ordens de Levantamentos Hidrográficos (LH) especificadas na Publicação Especial S-44 da Organização Hidrográfica Internacional - Especificações da Organização Hidrográfica Internacional para Levantamentos Hidrográficos.

O ecobatímetro multifeixe é indicado para levantamentos onde é necessário um alto nível de detalhamento da superfície do fundo ou uma ensonificação completa do fundo (levantamentos de Ordem Especial – OHI S44, canais de navegação, localização de obstáculos e objetos, instalação de dutos submersos, etc). Desta forma, é apropriado para sondagens de canais de acesso a portos, passagens estreitas e áreas onde a folga abaixo da quilha é pequena.

Para possibilitar a aplicação desta nova tecnologia no Pantanal, a Marinha do Brasil, através do SSN-6, iniciou a realização de sondagens utilizando o ecobatímetro multifeixe EM-2040C *Dual Head*, mostrado na **Figura 3**, adequado à sondagem de águas interiores (rios e lagos), fornecendo uma visão tridimensional e bem precisa do leito do rio. Com isso, os pontos críticos à navegação poderão ser conhecidos com mais exatidão, possibilitando uma representação cartográfica mais fidedigna e a instalação de um balizamento mais eficaz.

O processo de instalação e configuração do ecobatímetro foi acompanhado por dois Oficiais Engenheiros Cartógrafos do SSN-6, em conjunto com representantes da empresa Kongsberg Maritime AS, que alocou dois Engenheiros para esse trabalho, que incluiu o alinhamento geométrico de todos os componentes do sistema, em um processo denominado “definição de *offsets*”.



Figura 3. À esquerda, ecobatímetro multifeixe EM 2040 Kongsberg *dual head*. No centro, lancha de sondagem equipada com o sistema multifeixe. À direita, embarcação de apoio: Navio Hidroceanográfico Fluvial Caravelas.

Fonte: Autor.

4. Resultados e Discussão

Conforme comentado anteriormente, todas as cartas produzidas, até hoje, na Hidrovia do rio Paraguai, utilizaram dados provenientes de ecobatímetros monofeixe. Um exemplo do processamento atualmente realizado encontra-se na **Figura 4**, extraída da análise de um levantamento recebido em maio de 2016 pelo Centro de Hidrografia da Marinha:

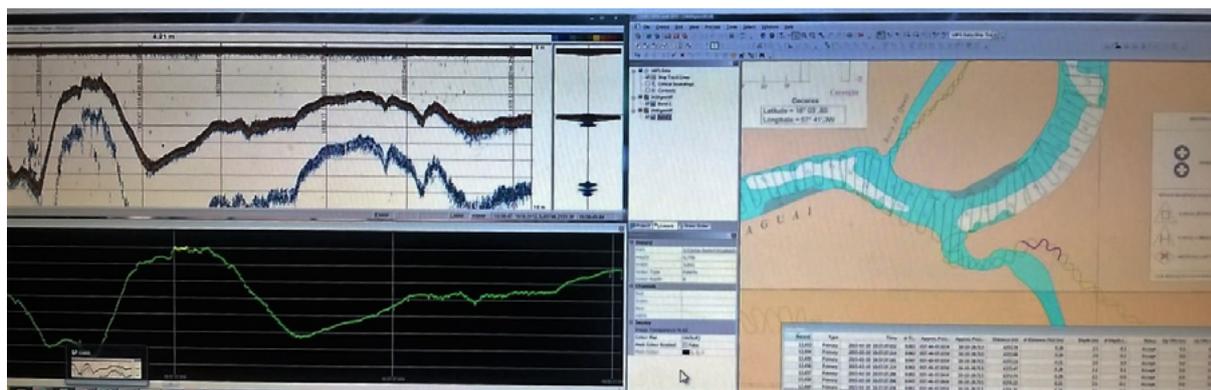


Figura 4. Processamento de sondagem monofeixe a bordo do Centro de Hidrografia da Marinha – Dados da Carta 3441 – Da Cancha Piuvial à Boca do Caiçara.

Fonte: Autor.

Em relação aos levantamentos multifeixe, os mesmos **já foram realizados em aproximadamente** 100 km da calha do rio Paraguai, tendo sido encaminhados para o Centro de Hidrografia, responsável pela construção das cartas náuticas brasileiras, trechos das seguintes cartas náuticas para atualização (situação de MAR2016):

- a) Cartas náuticas completas: 3319, 3332, 3355, 3358, 3433 e 3442. (88 km sondados);
- b) Trechos parciais: 3300, 3301, 3359 e 3366. (4 km sondados); e
- c) Levantamentos em execução: 3395 e 3426. (2 km sondados).

A **Figura 5** mostra uma síntese dos primeiros resultados obtidos com a utilização desta nova tecnologia:

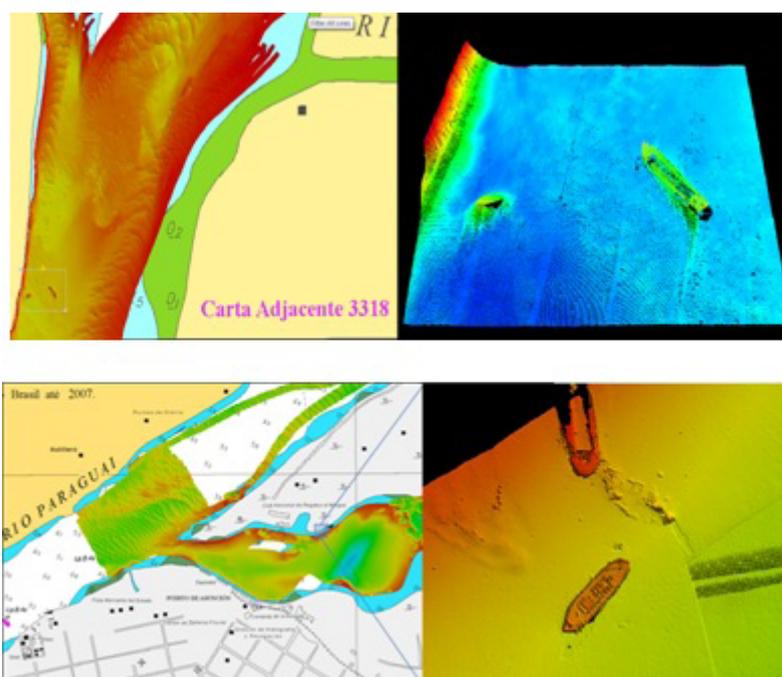


Figura 5. Resultados obtidos com a utilização de ecobatímetros multifeixe: localização de obstáculos no leito do rio Paraguai.

Fonte: Autor.

Os primeiros resultados são animadores. As sondagens realizadas foram capazes de detectar perigos à navegação ainda não cartografados, como cascos afundados e bancos de areia móveis, entre outros obstáculos. Desta forma, a segurança da navegação vem sendo reforçada, à medida que novas sondagens batimétricas são realizadas e novas edições de cartas náuticas publicadas. Embora apenas aproximadamente 10% da Hidrovia do Rio Paraguai tenha sido sondada com esta nova tecnologia, é perceptível o progresso resultante no processo cartográfico.

Ressalta-se que a tecnologia acima descrita não produz danos ao meio ambiente, não tendo sido observado, objetiva e diretamente, casos de mortandade de fauna e flora ocasionados pela exposição às ondas sonoras. Estas ondas não produzem poluição e não influem na qualidade da água de rios, lagos e quaisquer outros corpos d'água em que tenham sido utilizadas.

A utilização da tecnologia multifeixe permitirá, aos meios subordinados ao Serviço de Sinalização Náutica do Oeste e, por conseguinte, à Marinha do Brasil, uma racionalização das sondagens batimétricas executadas no leito do Rio Paraguai, com maior rapidez na execução das mesmas e maior detalhamento do fundo do rio. Obstáculos anteriormente não detectados poderão ser observados, resultando em uma maior confiabilidade das cartas náuticas da região, produzidas pelo Centro de Hidrografia da Marinha, bem como uma maior segurança da navegação local, objetivo-mor da Cartografia Náutica Brasileira. Com maior segurança para navegar, navios mais carregados – e de maior calado – poderão trafegar no rio Paraguai, impulsionando a economia local. Analogamente, o preço do seguro para o transporte de carga tende a diminuir, reduzindo, assim, o custo Brasil.

5. Conclusões

O presente estudo possui um caráter inovador, uma vez que, embora empresas civis já utilizem esta tecnologia na região, a calha do rio Paraguai ainda não havia sido totalmente sondada, de forma oficial, pela Marinha do Brasil, com esta tecnologia. Desta forma, toda a cartografia náutica oficial da Hidrovia do rio Paraguai será revisitada, aumentando a precisão das informações e melhorando a segurança da navegação em toda a região. O planejamento de levantamentos prevê a cobertura total dos Tramos Norte e Sul do Rio Paraguai, de Ladário a Assunção/PAR, utilizando a tecnologia multifeixe.

Seguindo o sucesso da utilização de ecobatímetros multifeixe, pela Marinha do Brasil, na Hidrovia do rio Paraguai, outras hidrovias serão contempladas com meios equipados com ecobatímetro multifeixe, como as Hidrovias do rio Madeira, Amazonas e Solimões. Com isto, espera-se reduzir o tempo entre atualizações cartográficas subsequentes, cobrindo maiores regiões navegáveis em menor tempo e com maior precisão.

6. Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTE AQUAVIÁRIO (ANTAQ). Superintendência de Navegação Interior. **Transporte de Cargas na Hidrovia do Paraguai 2010**. Brasília, 2011. 14p.

_____. Superintendência de Desempenho, Desenvolvimento e Sustentabilidade. **Indicadores de Tonelada Útil (t) e Tonelada por Quilômetro Útil (TKU) do Transporte de Cargas na Navegação Interior e na Cabotagem**. Brasília, 2015. 39p.

MIGUENS, A. P. Navegação: A Ciência e A Arte, Volume III–Navegação Eletrônica e em Condições Especiais. **Manual de Navegação, DHN**, 1996.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES (MT). **Relatório de Diagnóstico e Avaliação do Plano Hidroviário Estratégico**. Brasília, 2013. 861 p.



Avaliação de metodologia para estimativa de características técnicas em barramentos

Walter Corrêa Carvalho Junior ¹

Luciana Rezende Almeida ²

Rodrigo Cognasc Visentin Santos Gonçalves²

¹ Centro Universitário de Várzea Grande - UNIVAG
Av. Dom Orlando Chaves, 2655, Bloco D – Cristo Rei
78118-900 – Várzea Grande - MT, Brasil
walter.carvalho@univag.edu.br

² SAVANA Assessoria e Projetos Florestais
Av. Carmindo de Campos, 146, Centro
Carmindo da Construção, Sala 02 – Jardim Petrópolis
78070-100 - Cuiabá - MT, Brasil
{luciana, rodrigo}@savanaprojetos.com.br

Resumo. Tornou-se voga a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) devido aos recentes acontecimentos de rompimentos em certas regiões do país. Na PNSB é estabelecido que os órgãos fiscalizadores devem classificar os barramentos segundo o grau de risco em função, dentro outros, de características técnicas como altura da barragem e do volume de água acumulado. Buscou-se então, como forma de auxílio na tomada de decisão e simplificação das análises técnicas, validar uma técnica de estimação destes parâmetros. A técnica consiste em aferir a altura do barramento através de sensoriamento remoto pela metodologia Campos (2015) e para o cálculo do volume acumulado foi desenvolvida uma metodologia denominada de “*um quarto, meio e três quartos*” que consiste em estimar a área alagada ao reservatório pela ferramenta “medição de polígonos” do Software Google Earth Pro e linearizar as porções alagadas pela proporção $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ da altura de água na barragem, sendo enfim calculado os volumes acumulados pelo método das seções transversais. Realizou-se este experimento em três barragens situadas na Bacia Hidrográfica Amazônica e comparado com dados medidos em campo. O erro relativo médio entre as metodologias avaliadas para estimativa do volume de água acumulado foi de 58,37%, variando entre 21,96% e 79,71% e o erro relativo médio para estimativa da altura do barramento foi de 43,98%, variando entre 21,87% e 63,64%. Os resultados demonstram potencial na utilização destas ferramentas sociais para aferir características técnicas em barramentos na bacia hidrográfica do Alto Paraguai com a condicionante do aprimoramento da resolução espacial das imagens disponíveis gratuitamente e prosperar a precisão da altimetria resultante do Modelo Digital de Elevação de maneira a detectar modificações antrópicas no ambiente.

Palavras-chave: estimação de parâmetros, sensoriamento remoto, segurança de barragens.

Abstract. It has become fashionable the National Policy on Dam Safety (NPDS) due to recent disruptions of events in certain regions of the country. In NPDS is established that enforcement agencies should classify the dams according to the degree of risk because, in others, technical characteristics as dam height and the accumulated water capacity. It sought then, as a way to democratize and simplify technical analysis, validate an estimation technique of these parameters. The technique is to measure the height of the dam by Campos (2015) and to calculate the volume accumulated a so-called methodology was developed to “a quarter, half and three quarters” which is to estimate the flooded area to the reservoir by the tool “measurement of polygons” Google Earth Pro Software and linearize the portions flooded by the proportion $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ and $\frac{3}{4}$ of the water level in the dam, and finally calculated the volumes accumulated by the method of cross sections. We conducted this experiment in three dams located in the Amazon Basin and compared with measured data in field. The average relative error between the evaluated methods for estimation of the accumulated water volume was 58.37%, ranging between 21.96% and 79.71%, and the average relative error for estimating of the dam height was 43.98% ranging from 21.87% to 63.64%. The results demonstrate the potential in using these social tools to assess technical features in dams in the basin of the Upper Paraguay with the condition of spatial resolution enhancement of free images available and prosper the accuracy of the resulting altimetry of Digital Elevation Model in order to detect changes anthropogenic environmental.

Key-words: parameter estimation, remote sensing, dam safety.

1. Introdução

Devido aos recentes acidentes com rompimento de barragens, tornou-se voga a Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei nº 12.334/2010) que visa principalmente garantir padrões de segurança de barragens de maneira a reduzir a possibilidade de acidentes e suas consequências. Dentre outros, a aplicabilidade da lei se refere a barramentos destinados à acumulação de água para quaisquer usos, que apresentem pelo menos uma das seguintes características:

“I – altura do maciço, contada do ponto mais baixo da fundação à crista, maior ou igual a 15 m (quinze metros).

II – capacidade do reservatório maior ou igual a 3.000.000 m³ (três milhões de metros cúbicos); [...]” (BRASIL, 2010, parágrafo único, art. 1º)

Os itens supracitados são essenciais para definição do risco associado aos barramentos devido as suas características técnicas.

Campos (2015) testou um método de estimativa da altura de barramentos em usinas hidrelétricas na Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai. Este método baseia-se na inferência dos dados do Modelo Digital de Elevação (MDE) disponibilizados pela Agência Norte Americana de Aeronáutica e Administração Espacial (NASA, sigla em inglês).

Concordando com Farkuh Neto e Lima (2005) *apud* Campos (2015), é interessante a utilização de Sistemas de Informações Geográficas como ferramentas tecnológicas que auxiliam e potencializam procedimentos de planejamento, gerenciamento e tomada de decisões em diversas áreas do conhecimento, além de socializar, simplificar e diminuir custos de projeto.

Neste sentido este trabalho se propôs a adaptar a metodologia descrita em Campos (2015) e confrontá-la com dados mensurados em campo através da técnica já consagrada de utilização de ecobatímetro.

Tem-se a intenção de validar a técnica simplificada de obtenção dados de características técnicas em barramentos, notadamente altura da barragem e volume acumulado, ao se comparar as metodologias. Esses dados são fundamentais para os Órgãos Fiscalizadores responsáveis pelas ações estabelecidas na Política Nacional de Segurança de Barragens (Lei nº 12.334/2010).

2. Objetivo

Verificar o potencial de metodologia para se averiguar e/ou estimar altura da barragem, área alagada e volume de água armazenado em reservatórios utilizando imagens do Google Earth.

3. Materiais e Métodos

A metodologia de estimativa das características técnicas em barramentos foi realizada na Bacia Amazônica, Estado de Mato Grosso, conforme a identificação apresentada na **Tabela 1**.

Tabela 1. Identificação dos barramentos estudados.

Numeração	Coordenadas Geográficas	Município	Finalidade de Uso
1	56°13'51,26"W e 13°22'27,47"S	Nova Mutum	Irrigação
2	56°22'20,07"W e 13°24'42,42"S	Nova Mutum	Irrigação
3	56°12'29,93"W e 09°53'03,85"S	Alta Floresta	Aquicultura

Para o levantamento topobatimétrico dos reservatórios utilizou-se a metodologia baseada na configuração de um sistema integrado, envolvendo um Real Time Kinematic – RTK do modelo Promark 500, que vincula-se ao Sistema de Geoposicionamento Global – SGG (leia-se: em inglês GPS), de precisão milimétrica. Este foi utilizado para delimitar a área alagada pelo barramento e do nível da água (N.A).

Outro equipamento utilizado na coleta de campo foi o GPSMAP 526S, doravante denominado Ecobatímetro. Trata-se de um chartplotter compacto que possui um visor colorido QVGA ultra-brilhante de 4", permitindo a visualização de imagens de alta resolução, visualizações em 3-D com tecnologia de orientação automática.

Além destes, outros equipamentos auxiliaram na coleta de campo, tais como: bote, salva vidas, remos, pranchetas, máquinas fotográficas, GPS's, notebook e cadernetas de campo.

O processamento dos dados foi realizado através dos softwares suporte do equipamento RTK Promark 500, onde se obteve como dados às coordenadas dos pontos de medição de profundidade e o traçado do perímetro do lago. De posse destas coordenadas, adicionou-se a coluna de profundidades medidas com o ecobatímetro, com o auxílio do ambiente MS Excel 2010. As cotas de fundo foram calculadas pela Equação 1:

$$\text{Cota de Fundo} = \text{Cota N.A} - (\text{Profundidade} + \text{Distância do Sensor ao N.A}) \quad (1)$$

A partir dos pontos cotados e do perímetro da lagoa determinado, foi realizado o processamento dos dados no software Datageosis, através da interpolação sobre uma malha retangular de dados.

Após a determinação das curvas de nível de fundo, o software Datageosis calcula o volume útil da lagoa com base no N.A obtido no levantamento realizado *in loco*. A altura do barramento é estimada através da somatória entre a maior profundidade da lagoa e a diferença da cota da crista do barramento com o N.A. A **Figura 1** apresenta fotografias do trabalho de campo.

Em contrapartida, foi aplicada a metodologia de estimativa da altura do barramento descrito em Campos (2015). Este método se utiliza do MDE da NASA disponível concomitantemente com imagens georreferenciadas do Software Google Earth. O método consiste basicamente em supor que a cota do vértice correspondente ao fim do alagamento é a mesma do vértice correspondente ao nível máximo de água da barragem. Então a cota apresentada no barramento se refere à altimetria do terreno e, portanto, a diferença entre a cota do vértice do fim do alagamento com este último é condizente a altura de água na barragem. Por fim, a altura do barramento é resultante do acréscimo de um metro a altura de água da barragem. Esta folga de um metro se refere à borda de segurança que geralmente é utilizada em barramentos pequenos.



Figura 1. Visualização da tela do GPSMAP526S sobre o perímetro da lagoa e calibração do RTK em campo.

A **Figura 2** representa esquematicamente a lógica do método sendo o cálculo da altura do barramento realizado de acordo com a Equação 2.

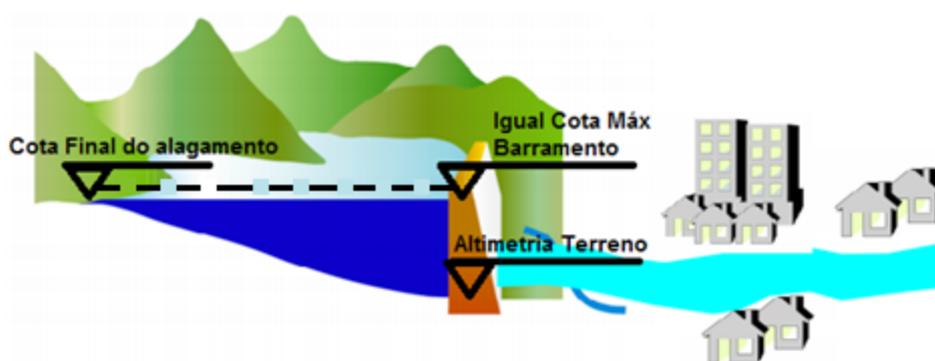


Figura 2. Esquematização da lógica da estimativa da altura do barramento.

$$H_b = C_{va} - C_{vb} + 1 \quad (2)$$

Em que H_b é a altura do barramento em metros, C_{va} a cota do vértice do fim do alagamento em metros e C_{vb} a cota do vértice no barramento em metros.

Posteriormente, foi estimada a relação cota x área alagada x volume acumulado aplicando um método aqui denominado “*um quarto, meio e três quartos*”. O método consiste em linearizar a relação área alagada com a altura do nível de água no barramento ($C_{va} - C_{vb}$). A linearização é realizada pela proporção de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ e $\frac{3}{4}$ da altura do nível de água no barramento.

Para estimativa do volume acumulado, utilizou-se o método das “*seções transversais*” que é um método clássico para cálculo de volumes na área de topografia, por exemplo, descrito em Veiga (2007).

As cotas dos vértices do fim do alagamento e do barramento são estimadas pela altimetria resultante do Modelo Digital de Elevação (MDE) do software gratuito Google Earth.

A fim de possibilitar a comparação das metodologias, assumindo que o valor verdadeiro é o resultante das medições *in loco*, estimou-se o erro absoluto pela Equação 3 e o erro relativo pela Equação 4.

$$E_A = H_b - H \quad (3)$$

$$E_R = E_A / H_p \times 100 \quad (4)$$

Sendo E_A o erro absoluto em metros, E_R o erro relativo em porcentagem, H_b a altura do barramento calculada pela metodologia Campos (2015) e H altura do barramento medido *in loco*.

Para comparação das estimativas dos volumes acumulados entre as metodologias, utilizou-se das Equações 5 e 6.

$$E_A = Vol_{\text{estimado}} - Vol_{\text{calculado}} \quad (3)$$

$$E_R = E_A / Vol_{\text{calculado}} \times 100 \quad (4)$$

Sendo E_A o erro absoluto em metros, E_R o erro relativo em porcentagem, Vol_{estimado} o volume de água acumulada tendo sua área alagada calculada pela metodologia “*um quarto, meio e três quartos*” e o volume pelo método das seções transversais e $Vol_{\text{calculado}}$ o volume de água acumulada mensurado com as medições *in loco*.

4. Resultados e Discussão

Os mapas com as curvas de nível resultantes do levantamento em campo são mostrados na **Figura 3**.



Figura 3. Curvas Isobatimétricas a) barramento 1, b) barramento 2 e c) barramento 3.

Através deste levantamento em campo se calculou as curvas cota versus área alagada e cota versus volume acumulado apresentados nas **Figuras 4, 5 e 6**.

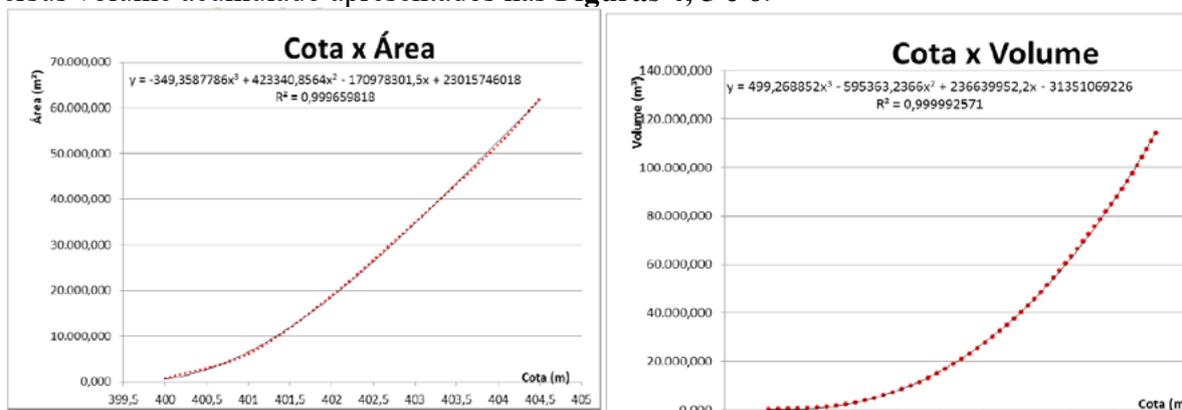


Figura 4. Curva Cota VS área alagada e Cota VS Volume Acumulado do barramento 1.

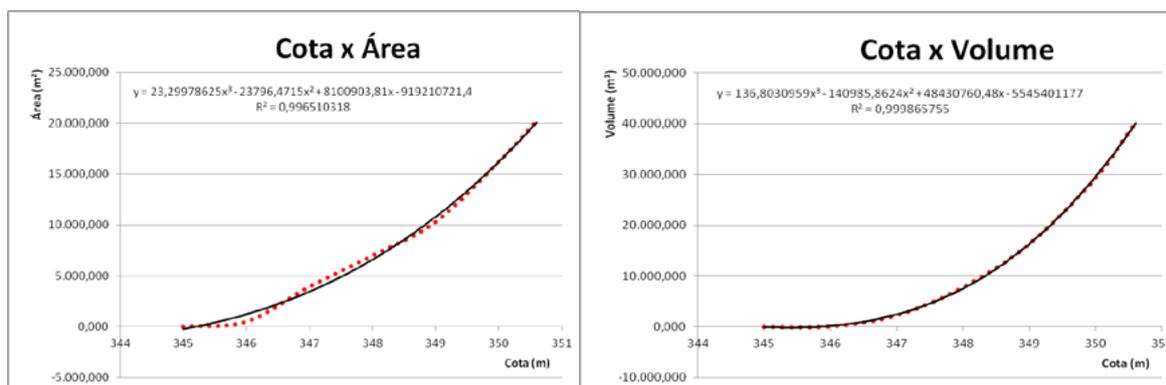


Figura 5. Curva Cota VS área alagada e Cota VS Volume Acumulado do barramento 2.

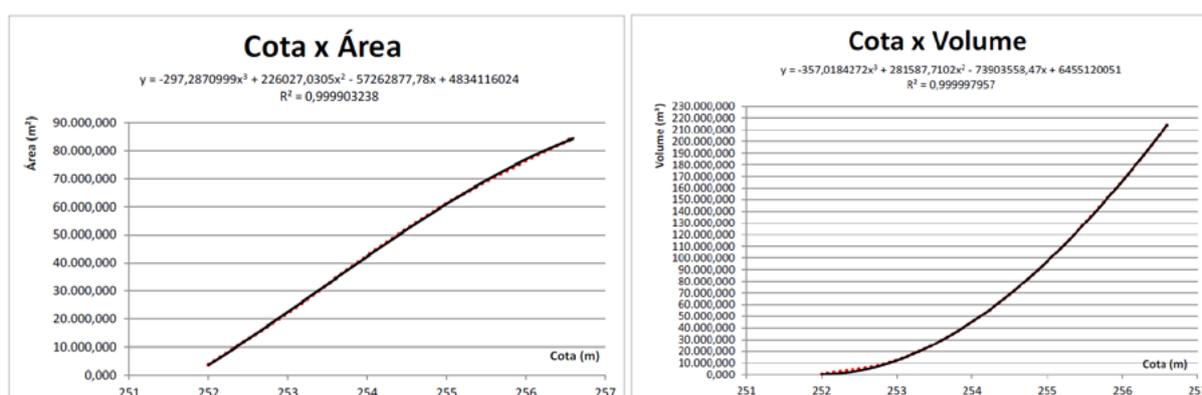


Figura 6. Curva Cota VS área alagada e Cota VS Volume Acumulado do barramento 3.

Pela equação dos gráficos, realizada com a ferramenta linha de tendência do MS Excel 2010, tem-se que o barramento 1 possui uma área alagada de 62.173,95 m² e volume acumulado de 114.699,21 m³ na cota máxima de 404,5 m resultando na altura da barragem de 5,5 m; o barramento 2 possui uma área alagada de 20.164,90 m² e volume acumulado de 40.215,09 m³ na cota máxima de 350,4 m contando com uma altura da barragem de 6,4 m e; para o barramento 3, com uma área alagada de 81.246,10 m² e volume acumulado de 215.917,04 m³ na cota máxima de 256,6 m tendo uma altura do barramento de 5,6 m.

4.1 Análise da Área Alagada

O software Google Earth possui disponível gratuitamente uma ferramenta que possibilita o cálculo de polígonos. Esta ferramenta é chamada “Google Earth Pro” e foi utilizada na estimativa da área alagada pelos barramentos. Os Resultados são apresentados nas Figuras 7, 8 e 9.

O software Google Earth disponibiliza imagens de satélites gratuitamente, sendo que para os barramentos 1 e 3, continha imagens Landsat 7, resolução 15 m datadas de 24/03/2000 e 13/11/2010, respectivamente. E para o barramento 2 o Google Earth tinha disponível imagens Spot, resolução 30 m sem informações de data.

Então, a área alagada do barramento 1 estimada pela ferramenta Google Earth Pro resultou em um valor de 62.212,24 m², valor este muito próximo do medido em campo de 62.173,95 m². Já o valor retornado para área alagada do barramento 2 foi de 16.026,06 m² e o medido em campo foi de 20.164,90 m². E para o barramento 3, a área alagada estimada foi de 44.461,71 m² e o medido em campo foi de 81.246,10 m².

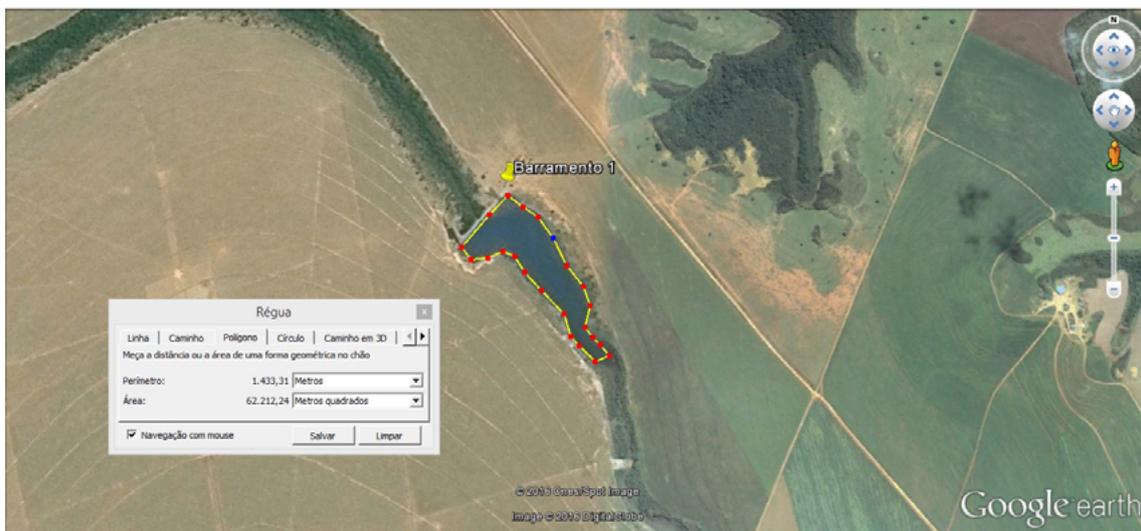


Figura 7. Área alagada pelo barramento 1 utilizando a ferramenta Google Earth Pro.

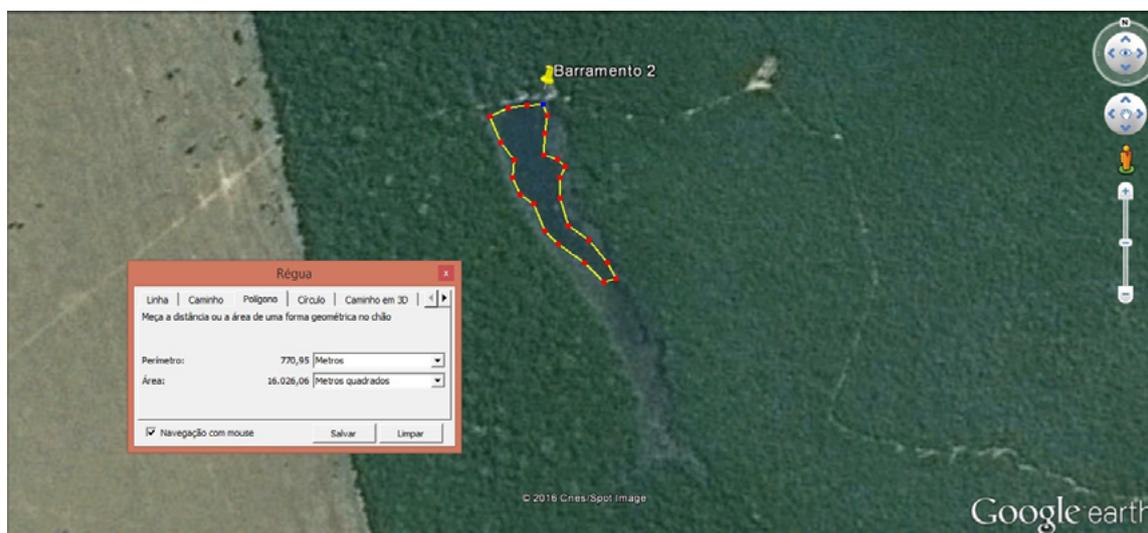


Figura 8. Área alagada pelo barramento 2 utilizando a ferramenta Google Earth Pro.



Figura 9. Área alagada pelo barramento 3 utilizando a ferramenta Google Earth Pro.

Percebe-se que a área alagada estimada por sensoriamento remoto é muito influenciada pela quantidade de água disponível no momento do mapeamento já que, costumeiramente, são realizados em época de estiagem. Isto pode ser comprovado pelas imagens das **Figuras 3, 7, 8 e 9**, onde se percebe a diferença de lâmina d'água visível nas imagens. Provavelmente devido a isto, a área alagada estimada pela ferramenta Google Earth Pro resultou em valores menores do que os medidos em campo.

Outro ponto que vale a pena salientar é de que a delimitação da área alagada no software depende de execução individual do técnico, onde se pode considerar o conhecimento, a experiência e a familiaridade com sensoriamento remoto, não obstante, esta é uma ferramenta de suma importância na democratização de análises geoespaciais.

4.2 Análise do Volume Acumulado e Altura do Barramento

Utilizando-se das áreas alagadas inferidas pelo Google Earth Pro se aplicou a metodologia de Campos (2015) e a metodologia de linearização da relação cota vs área alagada pela proporção “*um quarto, meio e três quartos*” para enfim se estimar o volume acumulado no barramento. Os resultados estão apresentados nas **Figuras 10, 11 e 12**.

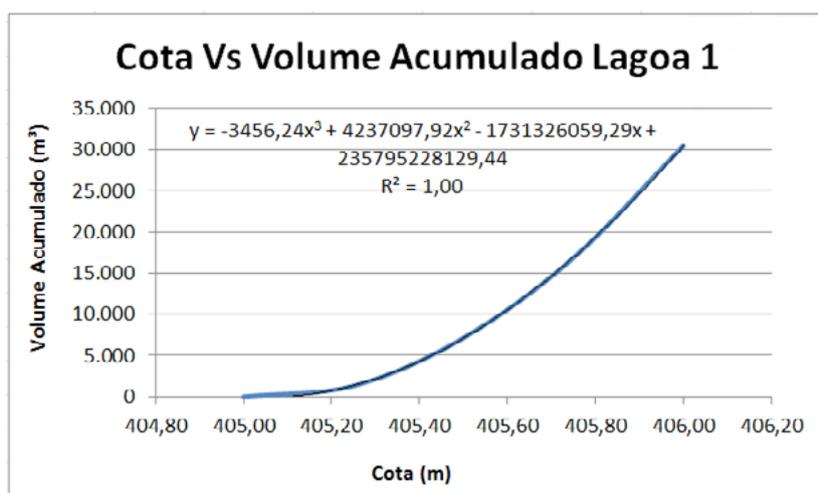


Figura 10. Curva da relação cota versus volume acumulado estimado do barramento 1.

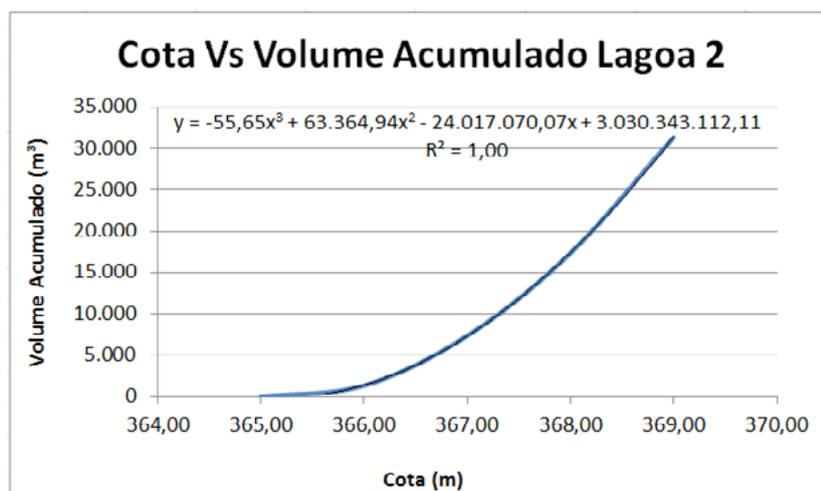


Figura 11. Curva da relação cota versus volume acumulado estimado do barramento 2.

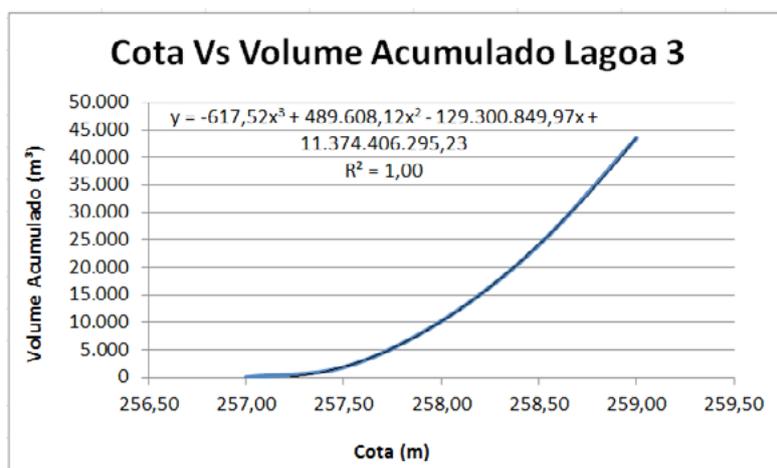


Figura 12. Curva da relação cota versus volume acumulado estimado do barramento 3.

Comparando o volume máximo acumulado estimado das **Figuras 10, 11 e 12** com o volume máximo acumulado mensurado em campo e apresentado nas **Figuras 4, 5 e 6** se verifica que para o barramento 1 o volume estimado é de 30.458,00 m³ e o valor mensurado em campo é de 114.669,21 m³. Para o barramento 2 o volume estimado é de 31.384,00 m³ e o valor mensurado em campo é de 40.215,08 m³ e já para o barramento 3 o volume estimado é de 43.535,00 m³ e o valor mensurado em campo é de 214.577,37 m³.

A **Tabela 2** apresenta os resultados dos volumes estimados e calculados com dados de campo e evidenciando o erro absoluto e relativo entre as metodologias estudadas.

Tabela 2. Resultado da comparação do volume acumulado estimado e calculado com dados de campo.

Barramento	Volume Estimado	Volume Calculado	Erro Absoluto	Erro Relativo (%)
1	30.458 m ³	114.669,21 m ³	-84.241,21 m ³	73,44
2	31.384 m ³	40.215,08 m ³	-8.831,08 m ³	21,96
3	43.535 m ³	214.577,37 m ³	-171.042,37 m ³	79,71

Quanto ao volume de água acumulada, o valor médio do erro relativo é de 58,37%, variando entre 21,96% e 79,71%. Este é um erro de cálculo que pode ser considerado grande e significativo, diminuindo a validade da técnica.

Também foi comparada a altura do barramento estimada pela metodologia Campos (2015) e calculada com dados medidos em campo. A **Tabela 3** apresenta os resultados.

Tabela 3. Resultado da comparação do altura do barramento estimada e calculada com dados de campo.

Barramento	Altura Estimada	Altura Calculada	Erro Absoluto	Erro Relativo (%)
1	2,0 m	5,5 m	-3,5 m	63,64
2	5,0 m	6,4 m	-1,4 m	21,87
3	3,0 m	5,6 m	-2,6 m	46,43

Para a altura do barramento, o valor médio do erro relativo é de 43,98%, variando entre 21,87% e 63,64%. Este erro também pode ser considerado significativo. Fazendo uma análise entre os percentuais de erro do volume acumulado com a altura do barramento, percebe-se que onde o erro relativo à altura do barramento é menor, o erro relativo ao volume acumulado também é menor. O grau de correlação entre essas características técnicas, calculada com a ferramenta “CORREL” do MS Excel 2010, é de 0,8671, mostrando que quanto melhor a aferição da altura do barramento melhor será a estimativa do volume acumulado.

Como o Google Earth apresenta a altimetria do terreno, é provável que na execução dos barramentos 1 e 3 houve escavação no terreno aprofundando o eixo do barramento e por conta disto, os valores reais da altura do barramento são maiores que o estimado pela sua altimetria.

Destarte, a metodologia “*um quarto, meio e três quartos*” se apresenta bastante limitada já que a grande variabilidade de execução dos barramentos não permite utilizar esta inferência de valores como base para análises das características técnicas.

5. Conclusões

O erro relativo médio entre as metodologias avaliadas para estimativa do volume de água acumulado foi de 58,37%, variando entre 21,96% e 79,71% e o erro relativo médio para estimativa da altura do barramento foi de 43,98%, variando entre 21,87% e 63,64%.

Para área alagada percebeu-se que a técnica do cálculo de polígonos do Google Earth Pro depende da quantidade de água armazenada no momento do imageamento pelo satélite. Para quantidades de água idênticas, o cálculo da área alagada torna-se preciso. No entanto, deve-se considerar que a experiência e conhecimentos do responsável pela realização do método podem influenciar na delimitação dos polígonos, porém em linhas gerais, não deve alterar significativamente o resultado final do volume considerado.

Técnicas de estimação de valores servem para otimizar a gestão de projetos, facilitando o planejamento de curto e médio prazo, o controle das atividades e cálculos de eficiência, produtividade e incertezas. Contudo, a metodologia explicitada se apresenta muito limitada sendo que os resultados foram divergentes em relação aos dados mensurados em campo, mesmo considerando a variabilidade na execução de obras hidráulicas.

Portanto, o método “*um quarto, meio e três quartos*” até pode servir como uma análise incipiente sobre as características técnicas em barramentos e indicativo da magnitude de valores de volumes acumulados pelo reservatório do barramento, mas de maneira alguma poderá substituir os dados mensurados *in loco* e não deve ser utilizado para planejamento, gerenciamento dos recursos hídricos e análises ambientais.

É notório o conhecimento sobre a quantidade de barragens construídas na bacia hidrográfica do Paraguai com influências diretas sobre o pantanal, de modo que o aperfeiçoamento desta metodologia ora abordada deve melhorar a tomada de decisão de Órgãos Gestores de Recursos Hídricos e também do proprietário da obra.

Por fim, vislumbra-se potencial na utilização destas ferramentas sociais para aferir características técnicas em barramentos com a condicionante do aprimoramento da resolução espacial das imagens disponíveis gratuitamente e prosperar a precisão da altimetria resultante do Modelo Digital de Elevação de maneira a detectar modificações antrópicas no ambiente.

6. Agradecimentos

Destaca-se um agradecimento especial à empresa Savana Assessoria e Projetos Florestais pelo apoio e disponibilização dos dados necessários a confecção deste artigo.

7. Referências

Brasil. **Lei nº 12.334 de 20 de setembro de 2010**. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997 e do art. 4º da Lei 9.984 de 17 de julho de 2000. Diário Oficial da União, Brasília, 21 de set. 2010. Seção I. p. 1

Campos, M. M. **Estudo da Interferência de Aproveitamentos Hidrelétricos sobre o talvegue na região hidrográfica do Alto Paraguai**. 2015. 59 p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Mato

Grosso - Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cuiabá. 2015.

Veiga, L. A. K.; **Topografia - Cálculo de Volumes**. Notas de Aula GA033 - Levantamentos Topográficos II. Engenharia de Cartografia e Agrimensura. Universidade Federal do Paraná, Curitiba: 2007. Disponível em <<http://www.cartografica.ufpr.br/home/wp-content/uploads/2012/11/Volume2006a.pdf>> Acessado em: 24 de junho de 2016.



Uso da estação total robótica como geotecnologia aplicada no monitoramento de barragens de rejeito

David Harley de Oliveira Saraiva¹
Anne Karolyne Pereira da Silva¹
Dálete Maria Lima Sousa¹
Rafael Wendell Barros Forte da Silva²

¹ Universidade Federal do Ceará - Campus do Pici
Departamento de Engenharia de Transportes - Centro de Tecnologia
- Bloco 703 - 60440-554 - Fortaleza, CE
Fone/Fax: (85) 3366-9488
{dharley; anne; dalete}@det.ufc.br

² Universidade Federal do Ceará - Campus do Pici
Departamento de Engenharia de Transportes - Centro de Tecnologia
Bloco 703 - 60440-554 - Fortaleza, CE
Fone/Fax: (85) 3366-9488
{rwsilva}@det.ufc.br

Resumo: Atualmente, existem diversas construções de barramentos para contenção de rejeitos da mineração, ou barragens de rejeitos. Essas barragens acumulam os resíduos oriundos da mineração, que por sua vez são altamente tóxicos e prejudiciais ao homem e ao meio ambiente e não têm valores econômico para serem comercializado. Assim, é de suma importância viabilizar métodos de monitoramento destes diques, a fim de evitar seu rompimento. Este artigo tem por objetivo mostrar que o avanço de geotecnologias tem tornado a inspeção de barragens de rejeito mais precisas e eficientes – por meio das estações totais robóticas, de modo prevenir ou tomar medidas emergenciais de contenção do barramento, tendo em vista que este equipamento topográfico amplia e facilita o levantamento de dados geodésicos. Assim, com o desenvolvimento mais aprimorado de geotecnologias, o monitoramento deste tipo de obra pode ser feito por meio de aparelhos, que auxiliam na tomada de decisões e resolução de problemas ou de funcionamento. Para isso foram abordados os parâmetros técnicos da estação total robótica; a viabilidade econômica para este tipo de empreendimento; bem como casos em que esta tecnologia é utilizada para este fim, além de traçar um comparativo entre as estações totais tradicionais das estações totais robóticas. Para compreender melhor a abordagem deste artigo, utilizou-se de ilustrações autoexplicativas, assim como tabelas baseando-se na Norma Brasileira 13133, que padroniza o levantamento topográfico.

Palavras-chave: Robótica, barramentos, geotecnologia, monitoramento.

Abstract. Currently, there are several dam constructions for the containment of mine waste, or tailings dams. These dams accumulate waste from mining, which in turn are highly toxic and harmful to man and the environment, and have no economic value to be marketed. Thus, it is paramount enable monitoring methods for these dykes to prevent its disruption. This article aims to show that the advance of geotechnology has made the inspection of tailings dams more accurate and efficient - through robotic total stations, in order to prevent or take emergency measures dam contention, considering that this equipment topographical broadens and enhances the lifting geodetic data. So with more enhanced development of geotechnology, monitoring of this type of work can be done by means of devices that assist in decision making and problem solving or working. For this, the technical parameters of the robotic total station were addressed; economic viability for this type of project; and where this technology is used for this purpose, in addition to showing a comparison between the traditional total stations and robotic total stations. To better understand the approach of this article, was used self-explanatory illustrations, and tables based on the Brazilian Standard 13133, organizing the topographical lifting.

Keywords: Robotic, dam, geotechnology, monitoring.

Introdução

Existem no Brasil várias construções de diques e barragens com diversas finalidades: geração de energia, contenção de águas, e rejeitos oriundos da mineração. Neste sentido o presente artigo vem tratar deste último caso, já que barragens para a contenção de rejeitos são amplamente utilizadas na mineração para o depósito de resíduos oriundos dessa atividade. Além de apontar como os avanços em geodésia e topografia têm possibilitado mais precisão no monitoramento destas obras; em especial, as estações totais robóticas.

Barragens de rejeitos funcionam como depósitos de armazenamento de minerais, que não tem valor econômico, advindos de atividades mineradoras. Por não ter valor comercial, o resíduo, como também é chamado, se torna inviável de comercializar; a destinação inadequada desse rejeito traz danos à saúde e ao meio ambiente. Assim, o descarte mais viável é deixá-lo retido em barragens de rejeito. O Pantanal matogrossense tem barragens de rejeito e por este motivo se dá a importância desse artigo para o Mato Grosso, estudos anteriores apontam que o Estado tem quarenta e oito barragens, e estuda-se o modo como vistoria-las de maneira preventiva, fato que pode contar com o auxílio de estações totais, tema de estudo do artigo.

Os minerais da barragem podem ser finos, compostos por siltes e argila, depositados sob forma de lama ou formados por materiais não plásticos, como areias que apresentam granulometria mais grossa e são denominados rejeitos granulares (Espósito, 2000). O transporte desses resíduos até a barragem pode ser feito de duas maneiras: por meio de tubulações, com ou sem bombeamento, ou pela gravidade. Muitas vezes em barragens são feitas obras de alteamento, - por ser uma obra de alto custo, que é a elevação de sua parede de contenção para represar maior quantidade de sedimentos. Como mostra a **Figura 1**:

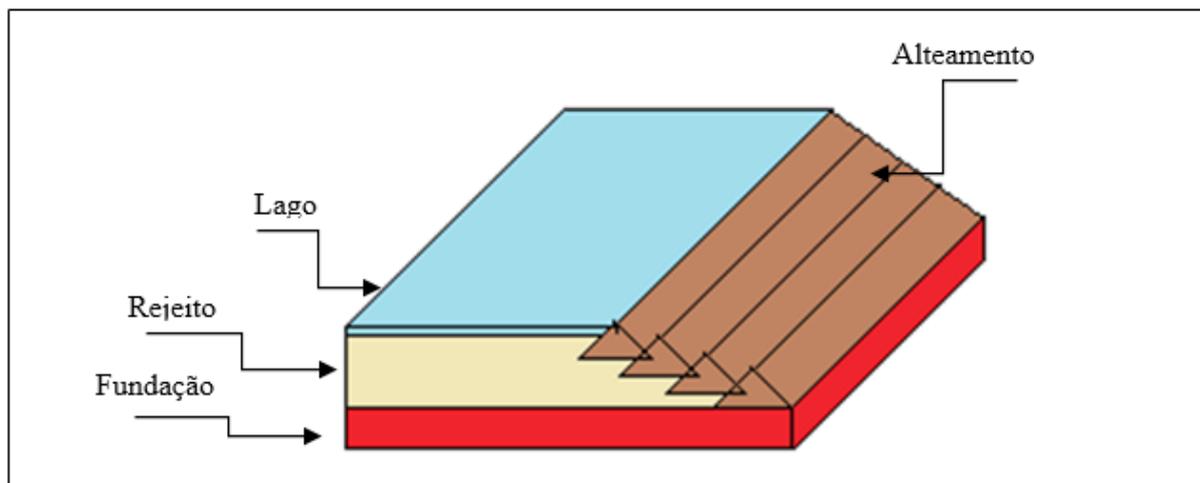


Figura 1. Barragem de rejeito e componentes.

Por ser uma obra de grande porte e servir para armazenamento de rejeitos, os diques de rejeitos devem ser monitorados constantemente, a fim de evitar rompimentos e/ou vazão do material depositado na barragem. Este rompimento é ocasionado por vários fatores, sendo os principais: extremos de precipitação de chuvas em sua estrutura de contenção, baixa resistência do solo e abalos sísmicos na sua estrutura. Em estruturas na qual o próprio rejeito é utilizado para a construção, caso ocorram tremores intensos o resíduo pode se liquefazer, devido a sua baixa resistência.

Contudo, o avanço das geotecnologias e de seus equipamentos tem proporcionado uma diversificação no monitoramento de dados. Um exemplo é a Estação Total Robótica (ETR), que funciona como uma aliada na supervisão das barragens. A ETR permite analisar o deslocamento horizontal da barragem, possibilitando aos supervisores medidas emergenciais ou nas atividades de contenção do despejo.

Pode-se definir a estação total como um equipamento topográfico que tem como finalidade mensurar ângulos verticais e horizontais, além de distâncias lineares; constituída por um teodolito eletrônico, distanciômetro e um processador matemático. Sua precisão angular é de 2 a 5 segundos de arco e de 0,1 mm a cada 100m. Por estes motivos, o instrumento é utilizado em várias áreas, tais como: dimensionamento e estudo de terrenos, coleta de dados para a elaboração de mapas de declividade, perfis longitudinais e curvas de níveis.

Para fazer a leitura com uma Estação Total Tradicional, ajusta-se o foco da luneta e mira-se no prisma, a estação dispara um *laser*, que faz a leitura das distâncias e ângulos necessários. Além disso, os dados são salvos na própria estação, esse processo era realizado através de anotações em cadernetas.

As **Figuras 2 e 3** expõem a estação tradicional e a estação total robótica, visualmente não há nenhum aspecto que as diferencie expressamente. As suas maiores diferenças estão relacionadas à precisão e utilização.

A Estação Total Robótica possui funções para busca automática de prismas, assim os prismas são rastreados pelo próprio equipamento. De modo que apenas uma pessoa realiza todo levantamento dos dados. Diferentemente da Estação Total Tradicional, em que é necessário que outro operador fique responsável pela fixação do prisma. Além disso, a conexão pode ser feita via *bluetooth* entre o operador e a máquina e o seu nivelamento é feito de maneira automática.



Figura 2. Estação total tradicional



Figura 3. Estação total robótica

Metodologia

Dentro deste contexto, o artigo em pauta foi elaborado por meio de revisão bibliográfica, a fim de unir informações persistentes sobre Estações Totais Robóticas, e como este equipamento geotécnico e topográfico pode ser utilizado no monitoramento de barragens de rejeitos de modo que possa traçar um comparativo entre Estações Totais Tradicionais e estações totais robóticas, apresentando vantagens da ETR frente a Estações tradicionais.

É importante lembrar que devido este tipo de barragem ter um alto fator de risco agregado ao mesmo tempo em que é a destinação mais usual dos rejeitos da mineração do País. Além disso, apresentar as vantagens da utilização desta tecnologia para a observação do deslocamento superficial e horizontal de barragens de terra e enrocamento – como é feita a barragem de rejeito. Visto que o rompimento de barragens de rejeitos pode apresentar danos bastante onerosos para a sociedade.

Para garantir o excelente desempenho na inspeção de barragens, e na consequente diminuição dos riscos; dispõem-se de leis e normas regulamentadoras, que também foram importantes na contribuição desta pesquisa, como a Lei nº 12.334, de 20 de setembro de 2010, que obriga a implantação de gestão de sistemas de segurança; e a NR22, de Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração, que preconiza a supervisão e o monitoramento das barragens.

Ao analisar-se a viabilidade da aplicação desta geotecnologia em projetos de barragens de contenção de rejeitos, também foram consideradas a viabilidade financeira, os parâmetros técnicos para sua utilização e empreendimentos no Brasil em que são utilizadas as Estações Totais Robóticas no acompanhamento de deslocamento horizontal.

Método de Monitoramento

Ter um controle de risco de uma barragem é de suma importância, dentre eles, o de deslocamento superficial que é feito através de medições para a observação dos recalques e deslocamentos horizontais da estrutura (Silveira, 2006).

Para este método são feitas estações topográficas fixas – como mostra a **Figura 4**, formando uma espécie de rede de coordenadas geodésicas, assim os deslocamentos são determinados por triangulação ou alinhamentos geodésicos. De maneira que a estação total seja mantida em um ponto estável e faça visadas nos planos de referência.



Figura 4. Marco Superficial da Barragem de Marimbondo, de Furnas
Fonte: Silveira

O método de triangulação envolve a medição de ângulos, a partir disso, se calculam as distâncias e os deslocamentos, pois a triangulação é mais apropriada para barragens de pequeno porte. Enquanto nas colimações – alinhamentos geodésicos – o deslocamento é determinado utilizando miras especiais instaladas sobre os planos de referência.

Desse modo, pode-se encontrar qual o distanciamento das estações de referência em relação ao seu ponto original e por consequência o deslocamento da superfície a jusante da barragem. A **Figura 5** ilustra de maneira simples o método:

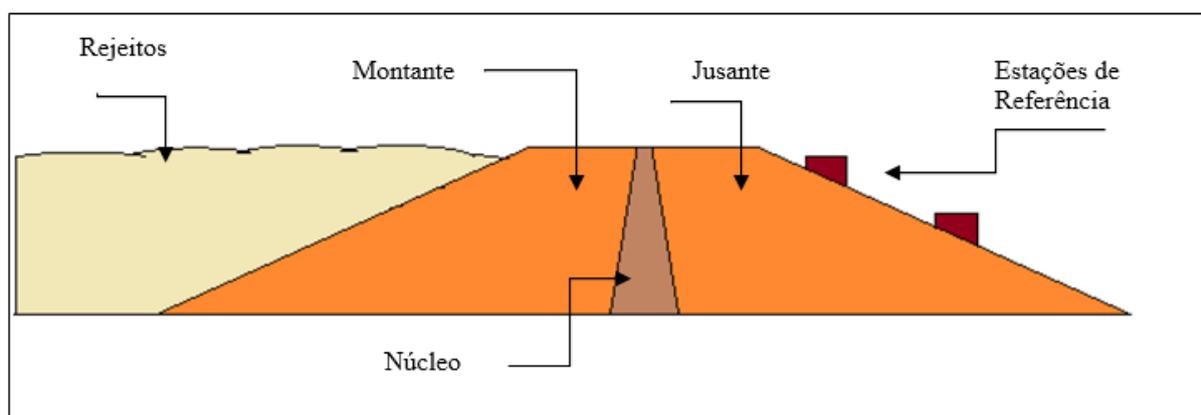


Figura 5. Método de monitoramento de BR por meio de ETR.

Fonte: Próprio autor

Porém, a precisão das medições deve ser consistente com a ordem de grandeza dos deslocamentos previstos; de forma que alguns fatores influenciam na confiabilidade dos dados colhidos, tais como:

- instrumentos empregados (quão maior a precisão dos equipamentos, maior será a confiabilidade no tratamento dos dados);
- estabilidade das estações;
- extensão das distâncias visadas;
- equipe responsável.

Segundo Corrêa, além da estação total robotizada ter configuração para realizar as medições e gravar na memória, ela também pode enviar os dados para uma interface de saída serial ou via rádio, para que as medições feitas sejam gravadas e avaliadas em um terminal remoto. Neste caso, todo o manuseio da estação pode ser realizado por uma unidade remota que apresenta as mesmas funcionalidades nas quais seriam encontradas no local onde está instalado o equipamento.

Esta maneira de monitoramento, porém, não permite a observação do deslocamento a montante (quando o mesmo está em fase de enchimento), somente do talude a jusante.

Viabilidade Econômica

Por se tratar de um equipamento de multifunções e muito preciso no que tange as medidas feitas, o seu valor agregado é bastante alto; uma estação total robótica custa de centenas de milhares de reais – em torno de R\$180.000,00, um valor deveras elevado. Porém, o valor dos danos quando trata-se da ruptura de barragens também é oneroso.

Por estes motivos, alocar recursos no monitoramento de barragens de rejeito, além de medidas de segurança, é fundamental. Observando o caso de Mariana (MG), os gastos com a barragem rompida é da ordem de milhões. Vale ressaltar, que a estação total robótica é um equipamento utilizado para a supervisão somente de uma das áreas da barragem, mas que permite o monitoramento de espaços importantes. Dessa maneira, a viabilidade econômica é clara.

Casos no Brasil

No Brasil essa técnica de monitoramento já é utilizada em algumas barragens para hidrelétricas e para outros fins. O exemplo da utilização deste equipamento é na Usina Hidrelétrica Governador José Richa. Mostrada na **Figura 6**, destacando os marcos de referência:

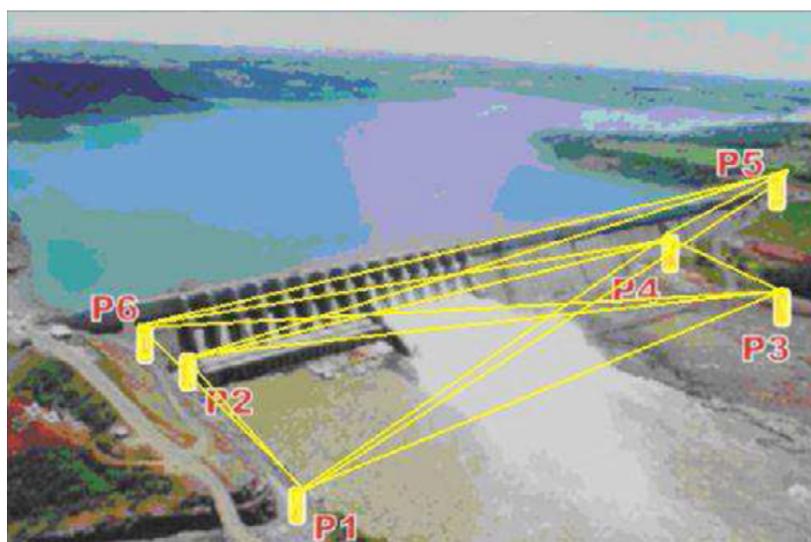


Figura 6. Rede de monitoramento da Usina de Gov. José Richa

Fonte: Granemann

Parâmetros Técnicos

A NBR classifica as estações totais, segundo a sua precisão, conforme a **Tabela 1** a seguir:

Tabela 1. Classes da estação total

Classe de estações totais	Desvio Padrão Precisão angular	Desvio Padrão Precisão linear
Precisão baixa	$\leq \pm 30''$	$\pm (5\text{mm} + 10 \text{ ppm } \times D)$
Precisão média	$\leq \pm 07''$	$\pm (5\text{mm} + 5 \text{ ppm } \times D)$
Precisão alta	$\leq \pm 02''$	$\pm (5\text{mm} + 3 \text{ ppm } \times D)$

A precisão angular da estação total robótica chega a ser de 2" com precisão linear de 1mm + 2 ppm; esta última informação significa que a cada quilômetro de distância a sua precisão é de 3 partes por milhão mais 5 mm; o que a torna um equipamento de alta precisão e confiabilidade no tratamento dos dados.

Pois, a estação total robótica é um equipamento topográfico de alta precisão e funciona de maneira integrada a rádios transmissores de informações, permitindo ao operador responsável à análise simultânea dos dados.

4. Conclusão

O monitoramento de barragens é de extrema importância e segurança para o empreendimento; pois é quando realizado por meio de estação total robotizada permite a avaliação dos dados em tempo real e hábil para tomada de decisões ou alertas de emergência. Entretanto esses dados devem ser analisados previamente, a fim de evitar que o monitoramento se torne ineficaz, além disso conhecimentos geotécnicos e estruturais para compreendê-los é fundamental.

Apesar de seu alto custo, a estação total robótica é uma ferramenta indispensável em todas as funções que apresenta, o que faz de sua utilização uma grande vantagem; principalmente por se tratar de dados que apresentem bastante precisão. Pois, a sua utilização no monitoramento de barragens de contenção de rejeitos já é praticada.

Portanto, esta forma de monitoramento permite gerar alarmes ao sistema em tempo ágil; possibilita a transmissão e consulta dos dados a grandes distâncias de maneira eficiente, por meio de satélites, *bluetooth* e internet, além de reduzir o erro causado pelo manuseio humano. Contudo, a energia para manter essa inspeção deve ser contínua, por isso o monitoramento deve ser ininterrupto.

Referências bibliográficas

Duarte, A. P. - **Classificação das barragens de contenção de rejeitos de mineração e de resíduos industriais no estado de Minas Gerais em relação ao potencial de risco**. 114f. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG, Minas Gerais, 2008.

Espósito, T. de J. – **Metodologia Probabilística e Observacional Aplicada a Barragens de Rejeito Construídas por Aterro Hidráulico**. Tese de Doutorado em Geotecnia da UNB – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. pág 263, Distrito Federal, 2000

Silveira, J. F. A. **Instrumentação e segurança de barragens de terra e enrocamento**. Oficina de Textos, São Paulo, 2006.

NBR 13133 – **Execução de Levantamento Topográfico**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Brasil, 1994.

Corrêa, F. K. **O Uso de Tecnologias Modernas em Levantamentos Topográficos de Obras de Infraestrutura Aeroportuária**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2013.

Granemann D., **Estabelecimento de uma Rede Geodésica para o Monitoramento de estruturas: estudo de caso na Usina Hidrelétrica Salto Caxias**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005.

Rodrigues, D. A. **Evolução dos Equipamentos Topográficos aliados à Qualidade na Construção Civil**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2013.

Sítio **Alezi Teodolini**. Disponível em <http://www.aleziteodolini.com/produto_det.cfm?id=292> Acesso em 10.junho.2016

Dalbelo, L., **Monitoramento de estruturas**. Sitio Mundo Geo, março,2011. Disponível em <<http://mundogeo.com/blog/2011/03/10/monitoramento-de-estruturas/>> Acesso: 10.junho.2016

Abrantes, T. **4 hipóteses para o rompimento de barragens como as de Minas**. Brasil, 2015. Disponível em <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/as-hipoteses-para-o-rompimento-de-barragens-como-as-de-minas>>. Acesso: 05.junho.2016

Enxurrada de lama destruiu distrito de Mariana, região central de MG. Barragem pertencia a mineradora, que será multada em R\$ 250 milhões. Disponível em <<http://www.globos.com.br/lib/site/rompimento-de-barragem-em-mariana-perguntas-e-respostas/>> Acesso: 06.junho.2016

Sítio Casa da Topografia. Disponível em <<http://www.casadatopografia.com.br/vendas/estacoes-totais?no-vo&es>> Acesso em 26.junho.2016



O uso da técnica Phansharpening em imagens Landsat 8 para identificação do calor superficial em aglomerados Urbanos

Cézar Clemente Pires dos Santos¹
Fabio Nunes Coelho¹
Cintia Paula Tarelli Teixeira ¹
Leonardo Bezerra Lima Neto¹
Suzelaine Aparecida da Silva Matos¹

¹Centro Universitário de Várzea Grande – UNIVAG
Av. Dom Orlando Chaves, 2655 Cristo Rei
78118-000 - Várzea Grande – MT, Brasil
{cezarbiologo, fabiionc, cintiaptt}@gmail.com
leobiologo131@outlook.com
suze.asm@hotmail.com

Resumo. A utilização do sensoriamento remoto, agrupado a um sistema de informação geográfica, na busca por respostas rápidas sobre alterações climáticas, é uma importante ferramenta, pois a mesma possibilita associação de dados e análise temporal para compreender a dinâmica dessas alterações. Dentre estas, encontra-se a técnica de fusão espectral “Gram-Schmidt” utilizada para uma combinação de dados, que visa o melhoramento da qualidade de imagens multiespectrais de média resolução. Esta técnica agrega as informações pertinentes em cada uma das imagens, combinando as informações da imagem pancromática e multiespectral gerando uma imagem com alta resolução espacial e espectral. Neste sentido o presente artigo tem como objetivo realizar a técnica de fusão com intuito de gerar dados de temperatura de superfície com maior resolução espacial, processadas com a utilização de um sistema de informação geográfica. A comparação entre as imagens, demonstrou que o uso desta técnica apresenta melhores resultados na resolução, devido à sua clareza de detalhes dos pixels, proporcionando a identificação de temperaturas de superfície em objetos construtivos e naturais em aglomerados urbanos. Este resultado mostra a importância desta técnica na integração de estudo relacionados a questões climáticas.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, temperatura de superfície, fusão de imagens, Várzea grande, Pantanal.

Abstract. The use of remote sensing, grouped in a geographic information system, in the search for quick answers on climate change, is an important tool because it enables data binding and temporal analysis to understand the dynamics of these changes. Among these, is the spectral fusion technique “Gram-Schmidt” used for a combination of data, aimed at improving the quality of medium resolution multispectral images. This technique aggregates the relevant information on each of the images, combining the panchromatic and multispectral image information generating an image with high spatial and spectral resolution. In this sense, this article aims to merge technique aiming to generate surface temperature data with higher spatial resolution, processed with the use of a geographic information system. The comparison between the images shown that this technique performs better in resolution due to their clarity of detail of pixels providing the identification of surface temperatures in constructive and natural objects in urban areas. This result shows the importance of this technique in the study of integration related to climate issues.

Key-words: remote sensing, surface temperature, fusion of image, Várzea Grande, Wetlands.

1. Introdução

Um conjunto de fatores vem alterando significativamente o clima nos grandes centros urbanos, formando massas elevadas de temperaturas em pontos específicos, conhecida como ilha de calor. Este fenômeno altera significativamente o comportamento das temperaturas, armazenando calor em áreas mais adensadas e menos arborizadas apresentando sensações térmicas de características mais elevadas, mesmo durante a noite (Moreira e Nóbrega, 2011).

O fenômeno da ilha de calor pode ser definido como uma alteração térmica onde a temperatura da superfície e do ar relativo ao perímetro urbano é mais elevada do que as áreas arredores, ocorrendo principalmente devido ao aumento das grandes cidades de forma desordenada e à interferência dos fatores como: aumento numérico de veículos, substituição do solo original por superfícies impermeáveis, redução da circulação do ar devido às edificações, canalização de rios, corte das árvores entre outros (Moreira e Nóbrega, 2011; Santos, 2013).

Neste sentido, a utilização do sensoriamento remoto, agrupado a um sistema de processamento de imagens orbitais, proporcionam a visão espacial e temporal desses fenômenos térmicos, tornando essas informações geradas por meio do sensoriamento remoto, importantes para tomada de decisões que venham a colaborar com a sociedade.

De acordo com Novo (1992), o sensoriamento remoto é definido como a utilização agregada de vários sensores modernos (sensores fotográficos, sensores de varredura, radares, etc.), e equipamentos para o processamento e transmissão de dados (vant's, aeronaves, espaçonaves e satélites). Seu objetivo é estudar o ambiente terrestre através do registro da análise de superfície de terrestre no que diz respeito ao fluxo de calor dado em função da energia que chega e sai do objeto alvo, sendo de suma importância para o entendimento das interações entre a superfície e a atmosfera (Steinke et al., 2010).

Segundo Burrough et al. (1998), o Sistema de Informação Geográfica (SIG), trata-se de um conjunto de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados no mundo em tempo real. Esta ferramenta é conceituada como um sistema de processamento de imagens de grande influência para trabalhos neste segmento, pois condiciona uma análise espaço-temporal da ocupação sobre a superfície terrestre, através da utilização de imagens multiespectrais e termais dos sensores, como os sensores “Thermal Infrared Sensor” (TIRS) e “Operational Land Imager” (OLI), atualmente operando no satélite Landsat 8.

O Landsat 8 foi lançado no dia 11 de fevereiro de 2013 e trabalha a uma altitude aproximada de 705 km, em uma órbita heliossíncrona. Este satélite opera com dois novos sensores OLI e TIRS, capazes de contribuir substancialmente para o monitoramento de uso e ocupação do solo, geração de índices espectrais e geração de temperatura da superfície, por incluir em sua gama de dados oito bandas espectrais com resolução espacial de 30 metros e a banda pancromática

que possui a resolução espacial de 15 metros (USGS, 2016).

Técnicas de estudos que envolvam a fusão de bandas dos sensores OLI e TIRS, vem sendo utilizadas para aprimoramento da resolução de imagens. De acordo com Luchiari (2001), a fusão de imagens objetiva uma combinação de dados produzidos por sistemas sensores de características que se diferem, melhorando a qualidade de imagens multiespectrais de média resolução. Esta técnica agrega as informações pertinentes em cada uma das imagens, combinando as informações da imagem pancromática e multiespectral gerando uma imagem híbrida final, com alta resolução espacial da imagem pancromática e espectral da multiespectral (Lima et al. 2015).

Neste sentido o presente artigo tem como objetivo a utilização de técnicas de fusão de imagens, por meio de um Sistema de Informação Geográfica, utilizando a banda pancromática do sensor (OLI) e banda espectral infravermelho termal do sensor (TIRS), para gerar um modelo de temperatura de superfície com média resolução espacial.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

A cidade de Várzea Grande, Mato Grosso, Brasil (**Figura 1**), ocupa uma área de 1.049 km², situada nas coordenadas S 15° 38' 52", O 56° 7' 60", em meio à bacia hidrográfica do baixo Cuiabá dentro da bacia do Alto Araguaia, onde nasce o Rio Cuiabá, afluente do Rio Paraguai, que por sua vez, é o principal curso d'água que alimenta a hidrologia do Pantanal (PCBAP, 1997; IBGE, 2015).

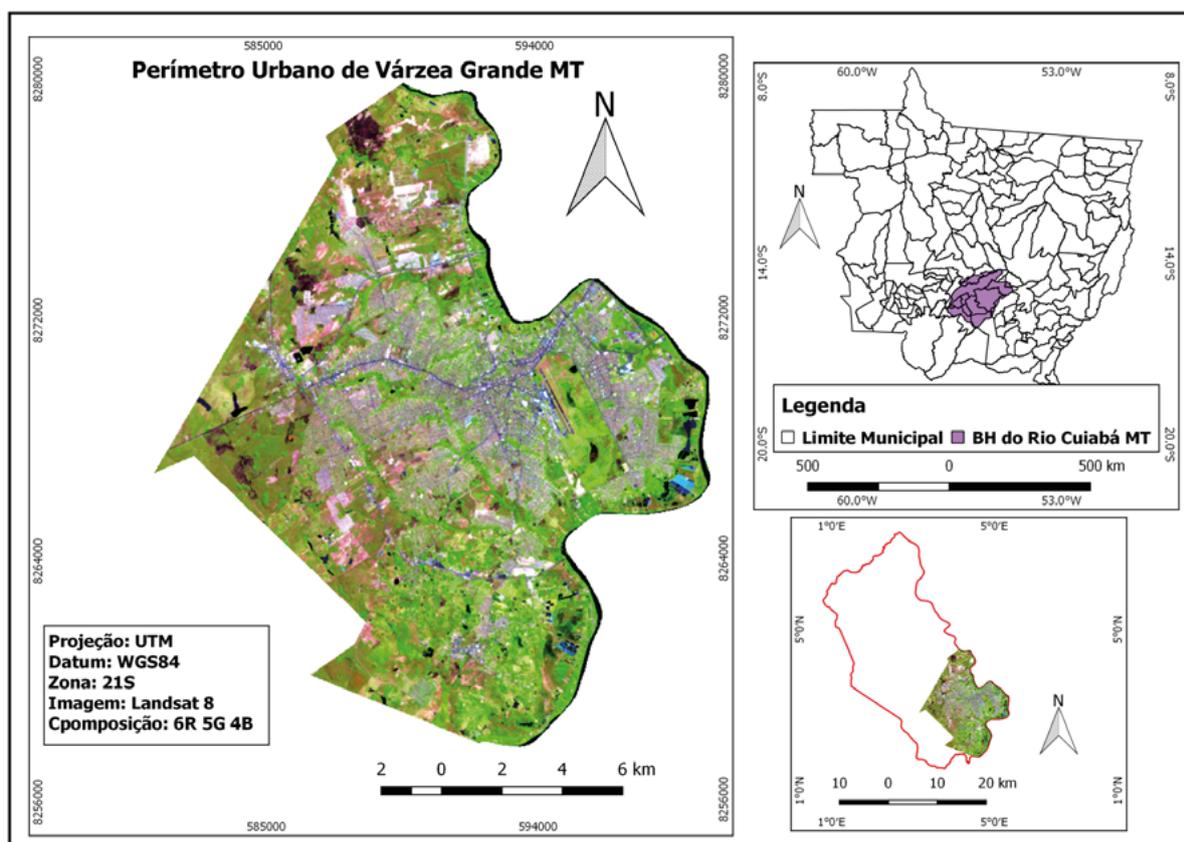


Figura 1. Localização do Município de Várzea Grande, Mato Grosso.

Várzea Grande, cidade polo industrial, é influenciada por dois biomas, Cerrado com sua riqueza em espécie endêmicas e o Pantanal, maior planície de sedimentação onde 35,36 % estão localizados no estado de Mato Grosso (Freitas et al, 2014).

O município é caracterizado com o sistema climático tropical semiúmido, com duas estações bem definida: uma seca, entre julho a outubro e uma chuvosa, entre novembro a maio (Maitelli,1994).

2.2. Aquisição e processamento de dados Raster

Foi realizado no Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS, 2015), a aquisição das bandas espectrais do Satélite Landsat 8, na órbita 226, cena 71, para confecção do mapa de temperatura de superfície, utilizando a banda 10 do sensor TIRS, que corresponde a faixa infravermelho termal (10.6 - 11.19 μm - micrometro), com resolução espacial de 30 metros por pixel, com passagem programada do dia 07 de agosto de 2015, às 13:45:15 (metadados).

Após a aquisição foi gerado o raster de temperatura da superfície em graus Celsius, utilizando a ferramenta calculadora raster do Sistema de Informação Geográfica “Quantum GIS 2.10”, por meio da conversão dos parâmetros fixos de níveis de cinza (NC) em radiância para refletância, e da conversão da temperatura Kelvin para Celsius, através das equações 1 e 2 cedidas pelo Serviço Geológico Americano (**Tabela 1 e 2**).

Equação 1: $L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL$

Tabela 1. Descrição de dados da equação 1 de conversão.

$L\lambda$	Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/ (m ² sr μm)
ML	Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04
AL	Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000
Q_{cal}	Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

Equação 2: $T = \frac{k2}{\ln\left(\frac{k1}{L\lambda} + 1\right)}$

Tabela 2. Descrição de dados da equação 2 de calibração.

T	Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K)
$k2$	Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)
$k1$	Constante de calibração 1 = 774.89 (K)
$L\lambda$	Radiância espectral em Watts/ (m ² sr μm)

Em seguida foi aplicada a técnica de fusão espectral “Gram-Schmidt” (ITT, 2009), que opera sobre vetores objetivando torna-los ortogonais, utilizando a banda 10 (corrigida) com banda 8 do sensor “Operation Land Imager” (OLI), que possui resolução espacial de 15 m, e possibilita a geração de imagens com resolução espacial de 15 metros. Para este procedimento foi utilizando as ferramentas “Superimpose sensor” e “Phansharpening”, respectivamente. Esta técnica de fusão consiste, basicamente, em integrar a melhor resolução espacial da banda pancromática preservando o conteúdo / cor da imagem.

Com a ferramenta de extração, foi realizada o recorte da área de estudo, posteriormente, foi

aplicada a técnica de reclassificação de dados raster utilizando o algoritmo “r.reclass” que cria uma nova imagem cujos valores categoria são baseadas em uma reclassificação das categorias em um mapa raster já existente. Este algoritmo permite a geração de imagens com intervalo de classes, para representar temperaturas em intervalos que variaram 2°C.

3. Resultados e discussões

A **Figura 2** apresenta a espacialização da temperatura de superfície no perímetro urbano de Várzea Grande do dia 07 de agosto de 2015. Foi registrado neste dia, pelo Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo), temperaturas entre 20°C (min) e 38°C (max). Ao realizar a parametrização da temperatura média do ar (Ta) registrada pela estação meteorológica convencional do município de 29.10°C, com a temperatura média de superfície (Ts) registrada pelo sensor na localização da respectiva estação (33,26°C) foi observado um gradiente térmico (Ts-Ta) de 4,16°C. Esta diferença foi amostrada por Weng (2003), que salienta que a temperatura média de superfície (Ts) apresenta, normalmente, valores mais elevados em relação a temperatura média do ar (Ta) o que já era esperado.

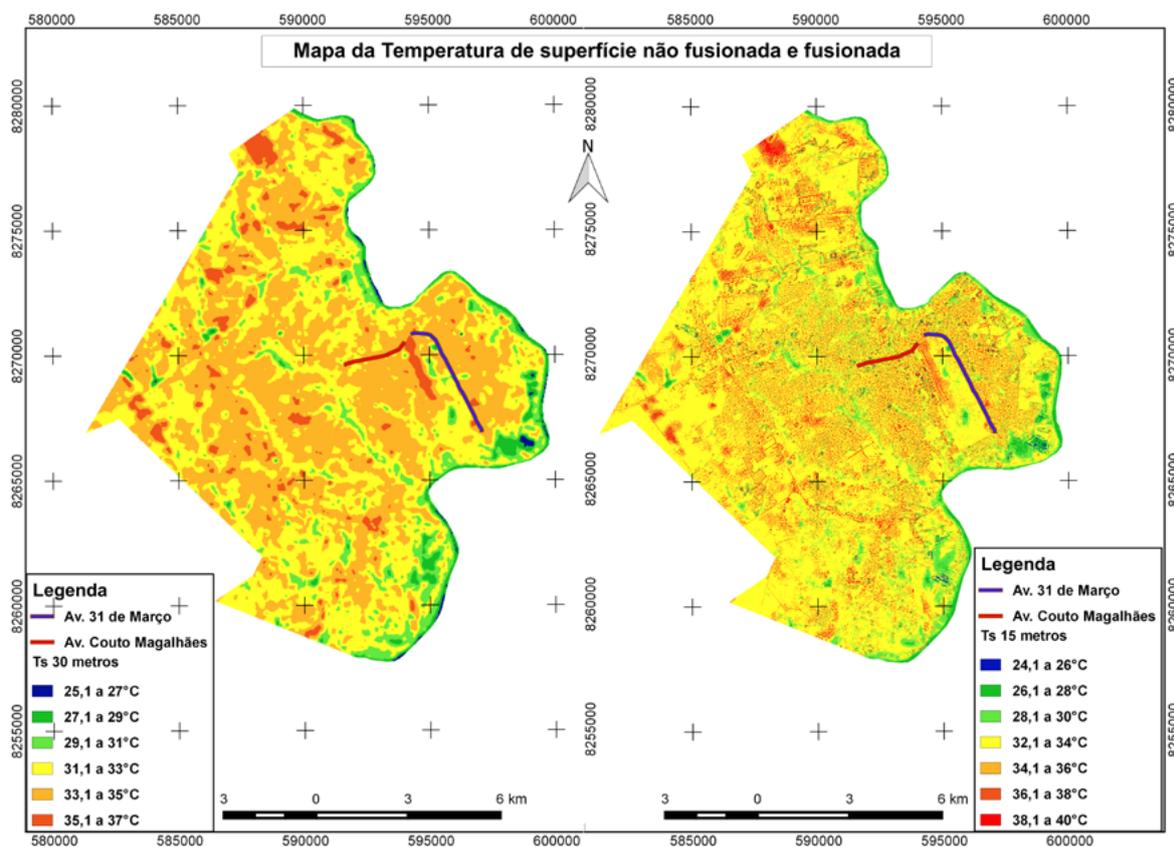


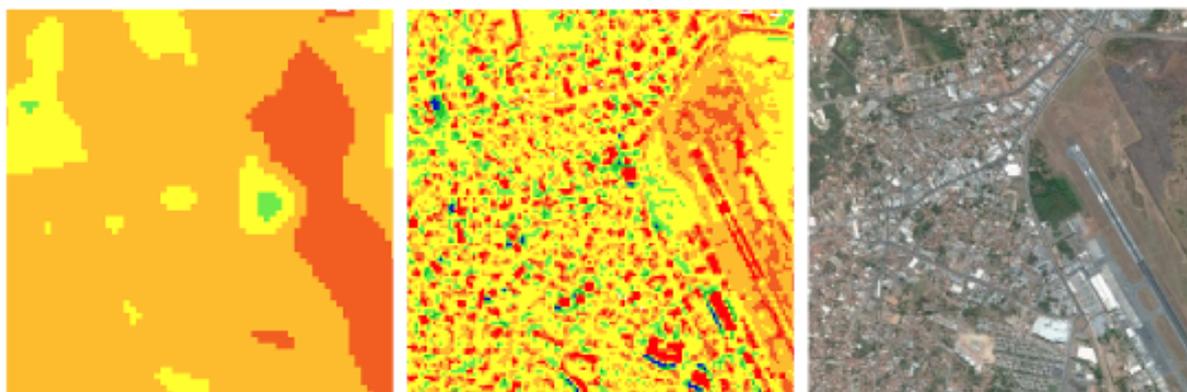
Figura 2. Mapa da temperatura de superfície com transectos do perfil de temperatura nas avenidas Couto Magalhães e 31 de Março, V. A) Banda 10 infravermelho termal não-fusionada (Ts 30 m). B) Banda 10 infravermelho termal fusionada (Ts 15 m).

A imagem com resolução de 30 metros (Ts 30 m), apresentou temperaturas que variaram de 25,1°C (Min) a 37°C (Max), enquanto que a imagem com resolução 15 metros (Ts 15 m), obteve temperatura mínima de 24,1°C e máxima de 40°C (Figura 2).

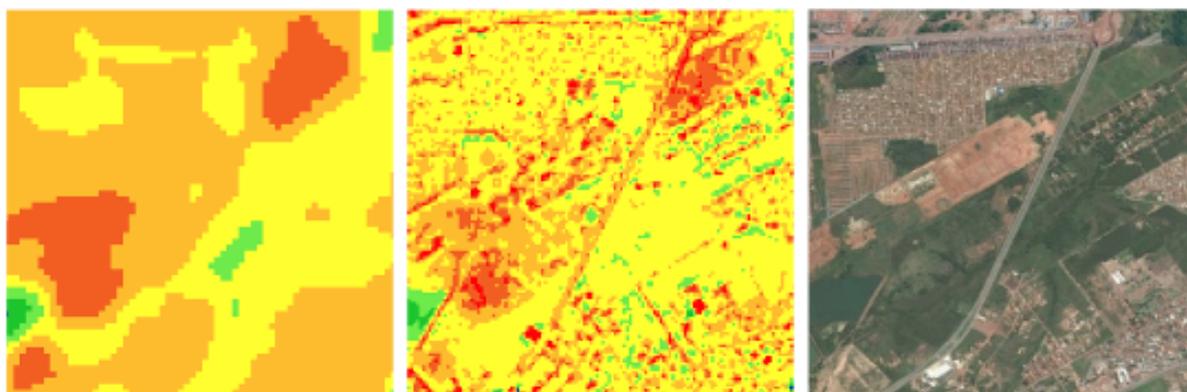
Verificou-se que após o processo de fusão pelo método “Gram-Shmidt” e reclassificação das imagens, houve um acréscimo de 3°C na temperatura. Este resultado indica que após o

processo de fusão, a detecção da temperatura tende a melhorar, devido a diferenciação de áreas com diferentes temperaturas.

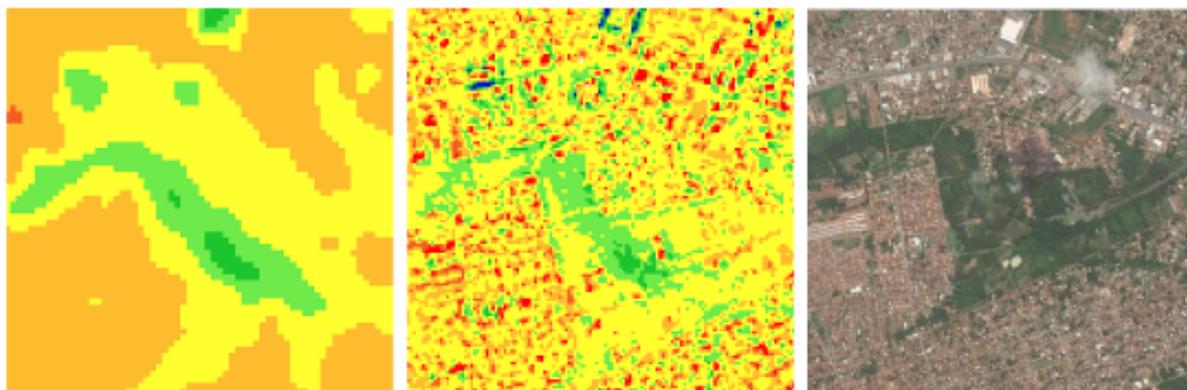
Apesar da imagem da banda TIRS 10 possuir o pixel de 100 metros e serem reamostradas para 30 metros para coincidir com bandas multiespectrais (OLI), com processo de fusão, é possível notar com maior clareza a variação na temperatura de superfície no aglomerado urbano e vias de acesso (**Figura 3 A, B e C**), solo exposto (**Figura 3 D, E e F**), corpos d'água e vegetação dentro do perímetro urbano (**Figura 3 G, H e I**). Segundo Soares et al. (2015), esta técnica de fusão representa melhorias na definição e nitidez da imagem, que corrobora na identificação de alvos em áreas antropizadas.



A. Aglomerado urbano (Ts 30 m) B. Aglomerado urbano (Ts 15m) C. Aglomerado urbano. (G. Earth)



D. Solo exposto (Ts 30 m) E. Solo exposto (Ts 15 m) F. Solo exposto (G. Earth)



G. Curso d'água (Ts 30 m) H. Curso d'água (Ts 15 m) I. Curso d'água (G. Earth)

Figura 3. Detalhes visuais dentro do perímetro urbano, antes e depois da imagem fusionada.

A técnica de fusão permitiu evidenciar e temperatura de superfície de objetos alvo distintos, como por exemplo: construções com telhado de zinco, amianto e barro, e vias de acesso com pavimentação asfáltica e de solo exposto e alvos naturais como vegetação e água. Ao analisar os dois transectos, (**Figura 4**) demarcados em duas vias de acesso com características distintas, fica claro que a temperatura de superfície variou de acordo com a resolução espacial da imagem, e que a T_s é mais elevada no transecto que corta a região central do município (Avenida Couto Magalhães), onde possui alto adensamento populacional, se comparado com o transecto que margeia a área do Aeroporto Internacional de Várzea Grande (**Figura 4**).

Os maiores picos de temperatura foram de 51°C , (Avenida Couto Magalhães) e $38,6^{\circ}\text{C}$ (Avenida 31 de Março), já as menores temperaturas foram de 24°C (Avenida Couto Magalhães) e $28,5^{\circ}\text{C}$ (Avenida 31 de Março). Esta variação entre transectos com características distintas é explicada por Shafri (2011), que afirma em áreas com grande adensamento construtivo os materiais influenciam na formação de ilhas de calor urbana, como por exemplo a telha metálica de zinco, aço ou alumínio e de forma geral estas apresentam alta reflectância, possibilitando o aumento da temperatura, já os materiais à base de cimento são difíceis de discriminar por apresentar espectros relativamente uniformes, que aumentam suas reflectâncias conforme aumenta o comprimento de onda, sendo segundo Bowker et al. (1985) um comportamento típico deste material em ambientes urbanos. Outro fator relevante identificado no Transecto localizado na avenida Couto Magalhães é a falta de vegetação, que por sua vez altera a partição dos fluxos de energia na superfície, reduzindo a evaporação do solo e o fluxo de calor latente e, conseqüentemente, aumentando o fluxo de calor no local (Peng et al 2012).

Já os alvos naturais como a vegetação (Transecto Av. 31 de março) mostram absorção associada à presença dos pigmentos foliares (p.ex. clorofila), que para Almeida et al. (2015) as áreas com a maior presença de vegetação, possuem valores elevados de NDVI, que favorecem a diminuição da T_s , em decorrência da baixa incidência de radiação solar que chega a superfície. A água também atua como fator de amenização da T_s , Santos (2009) ao observa o fluxo de calor no solo verificou valores menores nas áreas mais úmidas como corpos hídricos e alagados e maiores nas áreas urbanas e nas áreas desprovidas de vegetação, evidenciando que com a presença de água a temperatura aparente é menor, pois os corpos de água funcionam com estabilizadores térmicos, resfriando o ar durante o dia e irradiando calor durante a noite, diminuindo a amplitude térmica.

4. Considerações finais

A comparação entre as imagens, demonstrou que o uso da técnica de fusão realizada na banda 10 termal do Landsat 8, apresentam melhores resultados na resolução, devido à sua clareza de detalhes, que após o procedimento, passam a conter pixel de 15 metros, provenientes da banda 8 Pancromática, proporcionando um melhoramento na identificação de temperaturas elevadas em aglomerados urbanos e diferenciação de objetos da superfície terrestre. Este resultado mostra a importância desta técnica na integração de estudo relacionados a questões climáticas.

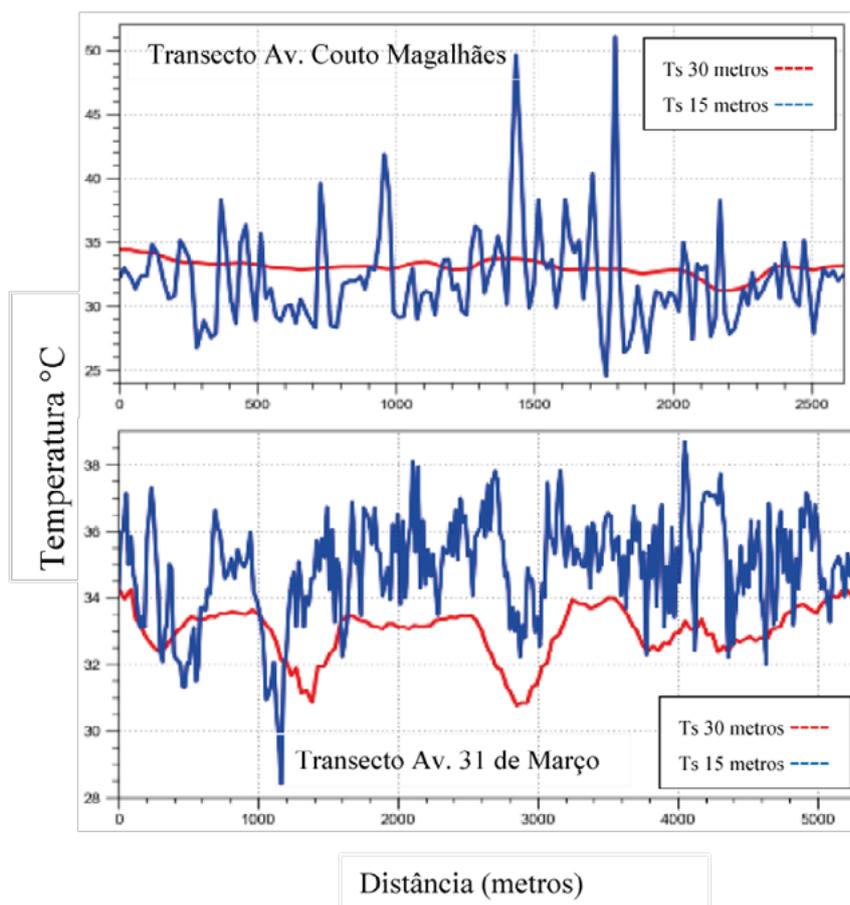


Figura 4. Variação na Ts em transectos com características distintas nas resoluções espaciais de 30 e 15 metros.

5. Referências

Almeida, A. J. P de.; Junior, S, A, M, G.; Andrade, E, L.; Neto, J, V, L. **Relação entre o Índice de Vegetação e a Temperatura de Superfície na estimativa e identificação das ilhas de calor na cidade de Maceió-AL.** Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE, p 2047, 2015.

Bowker, D. E.; Davis, R. E.; Myrick, D. L.; Stacy, K.; Jones, W. T. **Spectral Reflectances of Natural Targets for Use in Remote Sensing Studies Reference.** Publication 1139. National Aeronautics and Space Administration (NASA). Virginia, 1985.

Burrough, P.A; Mc Donnell, R. A. (1998) **Principles of geographic information systems.** Oxford. Oxford University Press. 285p.

Guimarães, E.; Manoel, P. S.; Trevelin, C. C. **Pantanal: paisagens, flora e fauna,** in: Freitas et al. Clima. 1 ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Censos Demográficos 2015.** Acesso em: 29 de abril de 2016. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510840&search=mato-grosso|varz+ea-grande>.

ITT. Visual Information Solutions. **ENVI User's Guide.** ENVI Version 4.7. Edição de Agosto de 2009.

Luchiari, A. **Identificação da cobertura vegetal em áreas urbanas por meio de produtos de sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica.** Revista do Departamento de Geografia, USP, São Paulo, p 47-58, 2001.

Lima, D.; Pereira, G. K.; Ribeiro, S. R. A. **Comparação entre os métodos de fusão ihs, *principal Components e gram-schmidt* aplicados à imagem do Satélite landsat 8 sensor OLI.** Anais Semana de Geografia. Volume 1, Número 1. Ponta Grossa: UEPG, 2015.

Maitelli, G. T. **Uma abordagem tridimensional de clima urbano em área tropical continental: o exemplo de Cuiabá-MT.** São Paulo: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1994.

Moreira, E. B. M.; Nobrega, R. S. **Identificação do fenômeno ilhas de calor na área urbana do recife-pe, através do canal infravermelho termal do satélite landsat 5.** Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, INPE p.0769, 2011.

Nasarudin, N. E. M.; Shafri, H. Z. M.. **Development and utilization of urban spectral library for remote sensing of urban environment.** Journal of Urban and Environmental Engineering, v. 5, n. 1, 2011, pp. 44-56.

Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.** São Paulo: Edgard Blücher, 1992.

Peng, S.; Piao, S.; Ciais, P.; Friedlingstein, P.; Oettle, C.; Bréon, F.M.; -, H.; Zhou, L.; Myneni, R.B. **Surface urban heat island across 419 Global Big Cities.** Environmental Science & Technology, v. 46, p. 696 – 703, 2012.

PCBAP - **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai,** 1997, v. 2

Santos, F. M. M. **Clima urbano de Cuiabá-MT-Brasil: ocupação do solo e suas influências.** 2013.

Santos, T. V. **Fluxos de calor na superfície e evapotranspiração diária em áreas agrícolas e de vegetação nativa na bacia do Jacuí por meio de imagens orbitais.** 2009. 85p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

Soares, R. B.; Soares, C. B. S. S.; Costa, J. A. L.; Costa, S. S.; Soares, R. B. **Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/ OLI.** XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 2015, INPE.

Steinke, V. A.; Steinke, E. T.; Saito, C. H. **Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF.** Revista Brasileira de Climatologia, ano 6, p. 37-56, 2010.

USGS - United States Geological Survey. **Landsat Update.** Vol. 9 Issue 7, 2015. Disponível em: http://landsat.usgs.gov/documents/about_LU_Vol_9_Issue_7.pdf. Acessado em: 11 de janeiro de 2016.

USGS - United States Geological Survey. **Landsat Quality Assessment Band.** Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/qualityband.php>. Acessado em: 11 de janeiro de 2016.

Weng, Q. **Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Bethesda, v.69. 2003.



Classificação orientada a objeto do Pantanal de Cáceres-MT utilizando a Lógica Fuzzy

Murilo Henrique Xavier Pereira ¹
Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin ¹

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Rod. MT 358, Km 07, Jardim Aeroporto.
78.300-000 Tangará da Serra/MT, Brasil -
murilo95spz@gmail.com
galvaninbbg@unemat.br

Resumo. Este trabalho apresenta uma classificação orientada a objeto do Pantanal de Cáceres no estado de Mato Grosso. Foram usadas imagens do satélite Landsat 8, do ano de 2016. Por meio do software Spring foi feito o pré-processamento das imagens. A classificação foi desenvolvida no software eCognition Developer 8.7, e no software ArcGis 10.1 fez-se o mapa temático. Para a realização da classificação usou-se o conceito matemático da lógica *fuzzy*, a qual permite trabalhar com valores imprecisos e as características das imagens, tais como o valor do brilho e o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. O estudo teve como objetivo usar as funções de pertinência disponibilizadas pelo software eCognition para criar as regras para a separação de cada classe. As classes mapeadas foram: Vegetação Natural, Corpos d'Água (rios, áreas úmidas ou alagadas) e Pastagem. A classificação apresentou uma exatidão global de 82% e o índice kappa de 0,68, considerado satisfatório pela literatura. Os resultados mostraram que por meio das funções de pertinências da lógica fuzzy é possível criar um conjunto de regras que melhore a acurácia da classificação, identificando melhor as características dos objetos de cada classe.

Palavras-chave: processamento de imagem, lógica fuzzy, sensoriamento remoto, Pantanal.

Abstract. This paper presents an object-oriented classification of the Pantanal in Cáceres, Mato Grosso state. Through the Spring software was done the preprocessing of the images, RGB composition, mosaic and cut shape. The classification was developed in the software eCognition Developer 8.7, and in the ArcGis 10.1 created the thematic map. For the realization of the classification used the mathematical concept of the fuzzy logic, which allows working with inaccurate values and the characteristics of the images, such as the brightness value and Normalized Difference Vegetation Index. The study aimed to use the membership functions provided by eCognition software to create the rules for the separation of each class. The Mapped classes were: Natural Vegetation, Water Bodies (rivers, wetlands or flood plains) and pasture. The classification presented a overall accuracy 82% and kappa of 0.68, considered satisfactory by the literature. The results showed that through the membership functions of fuzzy logic can create a set of rules to improve the accuracy of the classification, better identifying the characteristics of the objects of each class.

Key-words: image processing, fuzzy logic, remote sensing, Pantanal.

1. Introdução

Compreender a relação entre as alterações naturais e as de responsabilidade humana em um determinado ecossistema, bem como se dá as alterações deste cenário é urgentemente necessário. A Constituição brasileira enumera alguns biomas e ecossistemas considerados como patrimônio nacional entre os quais se insere o Pantanal.

O Pantanal, uma imensa zona úmida composta por vários tipos de vegetação (unidades de paisagem) que constituem um conjunto de habitats com funções múltiplas e complexas. Estes sistemas dependem do pulso de inundação e da interação desses ambientes. São ainda habitat essenciais para a manutenção da biodiversidade (Wantzen et al., 2008).

Em particular, a sub-região do Pantanal de Cáceres corresponde a 9,01% das 11 sub-regiões que compõe o pantanal, e o município está entre os que mais colaboram para a construção da área do pantanal, cerca de 10,11% (Silva e Abdon, 1998). Conforme Pott (1988) as espécies forrageiras que se destacam no pantanal são as gramíneas e as leguminosas, que contribui principalmente para a pastagem nativa, uma atividade que o autor considera quase exclusiva do pantanal. Possui duas unidades de conservação a Serra das Araras e a Taiaaná, ambas voltada para a conservação do ecossistema e fomento ao desenvolvimento de pesquisa e atividades que colaborem com a conservação e preservação (PDD, 2010).

Segundo o Plano Diretor de Desenvolvimento (PDD) do município de Cáceres a queimada do cerrado no tempo da seca e a pastagem tem sido um dos principais problemas da unidade Serra das Araras, na qual acaba prejudicando também o pantanal, surgindo a necessidade do monitoramento do uso da terra. Uma das alternativas é o uso das geotecnologias por meio de processamento e classificação de imagem de satélites.

O Conceito de classificação orientada a objeto permite aproveitar melhor os atributos da imagem como, cor, textura, forma, tamanho entre outras. A imagem é particionada em diferentes regiões, onde cada região compartilha propriedades específicas. Além disso, cada região é composta por um conjunto de pixels conectados. Os objetos são formados pela segmentação da imagem, na qual os valores gerados são usados como parâmetro na criação dos conjuntos de regras para a classificação (Ramos e Fraga, 2013).

Várias são as ferramentas e/ou técnicas utilizadas, por pesquisadores da área de processamento digital de imagens (PDI), com vistas a classificação orientada a objeto. Dentro desse contexto podemos citar o trabalho desenvolvido por Fernandes et al. (2012) que usaram o conceito de orientação a objeto para fazer uma classificação do uso e cobertura da terra da região do Médio Araguaia no município de São Felix do Araguaia – MT a partir de imagens do satélite Landsat 5; Almeida et al. (2014) desenvolveram uma classificação usando a função de pertinência da lógica fuzzy para obter informações ambientais do município de Teresina no Piauí, na

qual os resultados serviram para uma análise das causas da epidemia de leishmaniose visceral no município; Gonçalves et al. (2007) aplicaram o conceito da lógica fuzzy para auxiliar na separação e delimitação das classes em uma classificação de imagem de alta resolução do satélite Ikonos II.

A relevância tanto científica quanto tecnológica do tema desse trabalho está diretamente relacionado ao desenvolvimento de novas metodologias para a eficiente captura de informações cartográficas já evidenciado pela International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) onde um dos termos de referência é o avanço em sensoriamento remoto do uso e cobertura da terra. O grupo de trabalho WG VIII/8 possui como tema principal (Land Cover and its Dynamics, Including Agricultural & Urban Land Use) da Comissão VIII (Remote Sensing Applications and Policies).

2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo realizar uma classificação orientada a objeto do Pantanal de Cáceres – MT, por meio do software eCognition Developer 8.7 usando a ferramenta de função de pertinência e o conceito da lógica fuzzy.

3. Material e Métodos

3.1 Área de estudo

A área de estudo pertence ao Pantanal de Cáceres –MT (**Figura 1**) que está localizado na bacia do Alto Paraguai (BAP). O Pantanal de Cáceres compreende uma das sub-regiões do Pantanal Mato-grossense está situado na região sudoeste do estado de Mato Grosso, totaliza uma área de 12.412,56 km², dos quais 12.371,00 km² (99,66%) fazem parte do município de Cáceres. Situa-se entre o rio Paraguai e o município de Corumbá/MS (sentido norte-sul) e faz divisa com a República da Bolívia e o Pantanal de Poconé (leste-oeste) (Neves, 2008) nas coordenadas geográficas 15°31'15" a 17°37'45" de Latitude Sul e 58°32'30" a 57°21'55" de Longitude Oeste.

O Pantanal tem seu clima denominado como tropical úmido, com ocorrência de muita chuva no verão. Sua temperatura média é de 25°C com umidade relativa do ar de 82% em média (Guimarães et al., 2014).

Considerado um mosaico natural, possui aproximadamente duas mil espécies de angiospermas, sendo 240 leguminosas e 212 gramíneas (Guimarães et al., 2014). Apresenta como principais fitofisionomias o campo limpo, campo cerrado e bordas de baías (EMBRAPA, 2008).

3.2 Procedimentos Operacionais

Foram selecionadas 4 cenas do satélite Landsat 8 que recobrem o Pantanal de Cáceres, órbitas/ponto 227/71, 227/72, 228/71 e 228/72. As imagens são referentes aos meses do período seco, 3 de maio e 13 de junho de 2016, período em que há pouca interferência de nuvens (Neves et al., 2011). As imagens do sensor *Operational Land Imager* (OLI) a bordo do Landsat 8, foram obtidas por meio do site da *EarthExplorer* (earthexplorer.usgs.gov) que pertence a *United States Geological Survey* (USGS). As imagens adquiridas possuem resolução espacial de 30m e radiométrica de 16 bits, com 0% de cobertura de nuvens.

As classes foram definidas por meio da observação de imagem e o manual técnico de uso da terra do IBGE (2013), são três classes: Vegetação (florestas e savanas), Água (Corpos d'a, água e áreas úmidas) e Pastagem (campo limpo e todos os tipos de pastagem).

O pré-processamento das imagens foi realizado no *software* SPRING 5.7, onde foi realiza-

do a composição falsa cor (R (6) G (5) B (4)), o mosaico e o recorte da área de estudo, através da importação da máscara do Pantanal de Cáceres na extensão *shapefile*. Após esse processo, a imagem foi exportada em formato TIF para o *software* eCognition Developer 8 para realizar a classificação orientada a objeto.

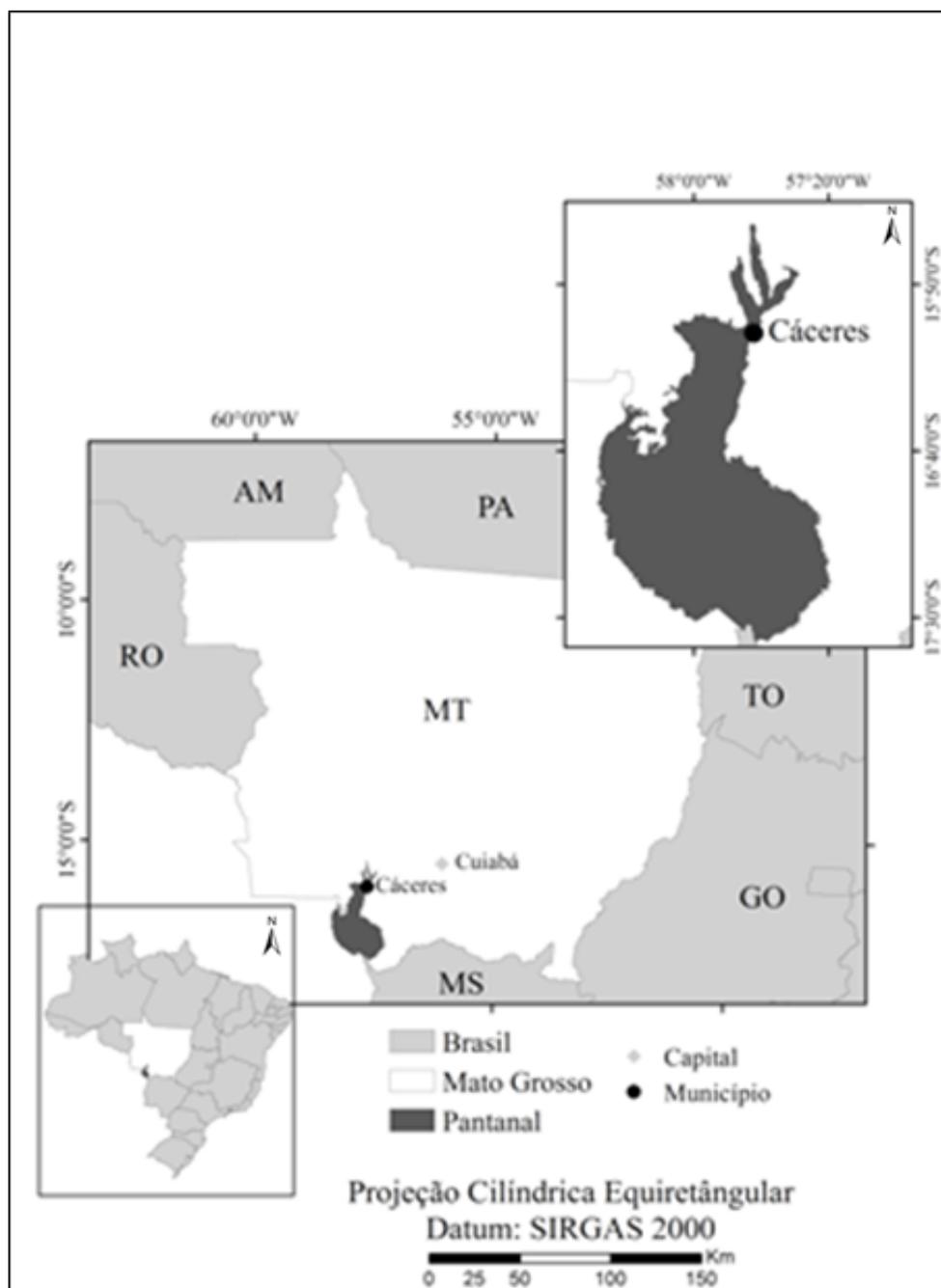


Figura 1. Localização do Pantanal de Cáceres – MT.

Por meio do algoritmo *multiresolution segmentation* foi feita a segmentação da imagem, em 3 níveis de parâmetros de escala 350, 690 e 860, respectivamente. Os valores foram definidos pelo conhecimento empírico. Para os critérios de homogeneidade foram usados os valores padrões do *software*, para os campos *shape* 0,1 e compacidade 0,5. Os valores dos pesos das bandas foram de 1 para as Bandas 4 e 6 e 3 para a Banda 5.

Para o processo de classificação o algoritmo utilizado foi o *classification*, as regras foram

definidas no momento da criação de cada classe. As características usadas para a identificação de cada objeto foi o valor de brilho das bandas e o índice do *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) que pode ser obtido através da equação,

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

onde: NIR é o valor espectral do infravermelho próximo, representado pela banda B5, e o R é o valor espectral do vermelho representado pela B4. O índice foi gerado por meio da ferramenta *customized e create new arithmetic feature* disponibilizada pelo *software ecognition developer 8*, após o processo de segmentação.

Após o processo de classificação foi usado o algoritmo *export vector layers* para exportar a imagem classificada e criar o mapa temático do uso da terra. Para tal processo foi usado o *software ArcGis 10.1*.

Para a obtenção da matriz de confusão (matriz de erro) foram criados 900 pontos aleatórios no ArcGis 10.1 por meio das ferramentas *Hawths Tools, Sampling Tools e Generate Random Points* com distância mínima de 300 metros entre eles. Separou-se cada classe com seus respectivos pontos e exportou-os para o *Google Earth Pro 2016* (**Figura 2**) nos limites do shape da área de estudo. Devido a inviabilidade de acesso à área de estudo para identificar todos os pontos selecionados aleatoriamente, fez a classificação manual por fotointerpretação da imagem apoiada por controle de campo (**Tabela 1**). Todo o processo de análise dos resultados, cálculo da acurácia global e o índice Kappa, foi baseado no trabalho de Congalton (1991).

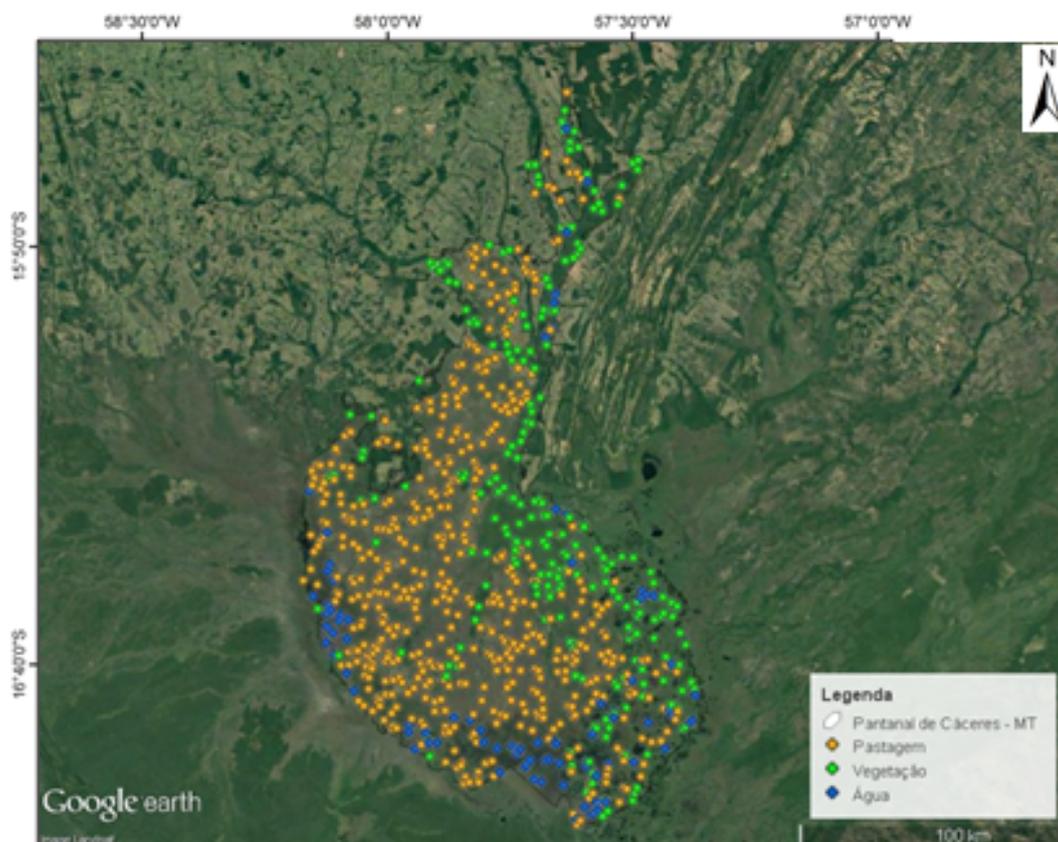


Figura 2. Pontos Aleatórios gerados pelo ArcGis 10.1. Fonte: Google Earth, acesso em julho de 2016.

As **Figuras 3 e 4** apresentam os valores dos objetos e as funções de pertinência usadas para a criação e definição de cada classe.

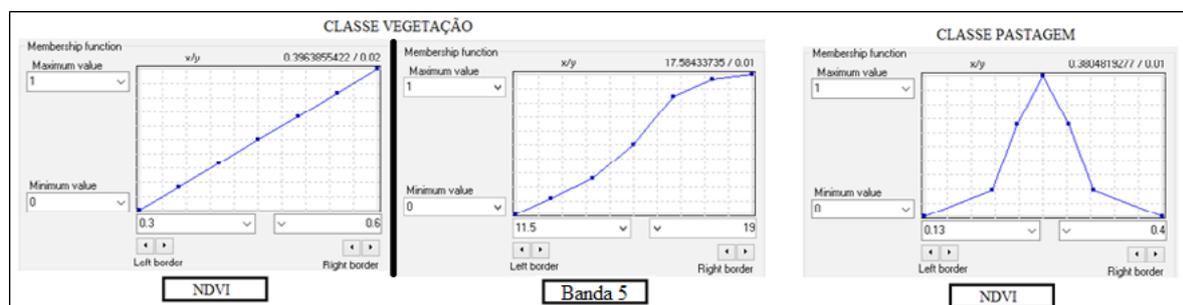


Figura 3. Função de Pertinência das classes de vegetação e pastagem considerando os valores do NDVI e da banda 5 NIR .

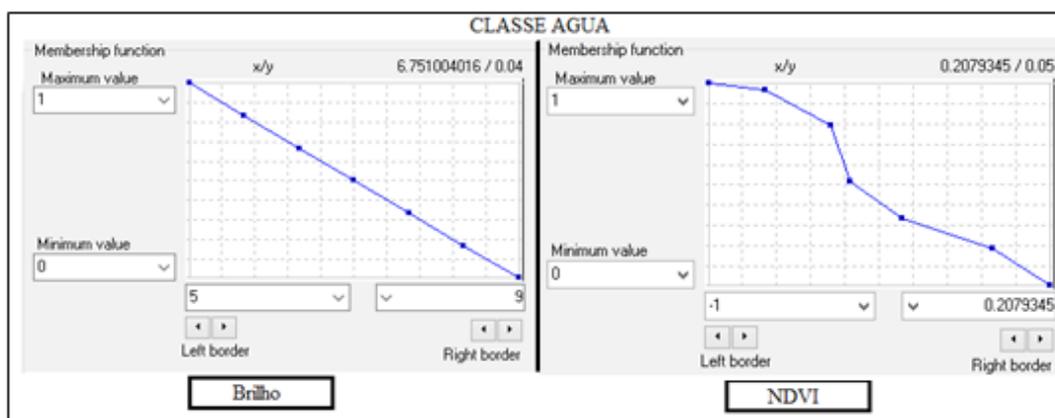


Figura 4. Função de Pertinência da classe água considerando os valores de brilho e NDVI.

A função de pertinência da classe vegetação usada foi a '*linear larger than*' (linear maior que) com os valores do NDVI variando de 0,3 a 0,6 e para banda 5 a função '*smaller than*' (menor que) com valores de 11,5 a 19. Na classe pastagem a função de pertinência definida foi a '*Approximate Gaussian*' (Gaussiana aproximada) com valores de NDVI de 0,13 a 0,4 (**Figura 3**) e considerou os valores dos objetos *unclassified*, ou seja, objetos que não foram classificados nem como vegetação e água. Para a classe água foram utilizadas duas funções de pertinências a '*linear smaller than*' (linear menor que) para os valores de brilho das bandas que variaram de 5 a 9 e a função '*smaller than*' (menor que) para os valores de NDVI, na qual os intervalos foram de -1 a 0,2 aproximadamente (**Figura 4**).

Os valores apresentados de cada classe e seus atributos, representam os valores da região segmentada, ou seja, os objeto criados. É por meio deles que são criadas as regras para definir qual classe o objeto irá pertencer. Cada grau de pertinência possui um ou mais 'zero' da função, dependendo de qual usar, indicando que a partir do valor considerado como zero até o valor máximo da função o grau de quão verdadeiro os objetos pertencem a tal classe.

O grau de pertinência da classe vegetação teve como 'zero' da função o valor 0,3 e o valor máximo 0,6. Quanto mais próximo os valores dos objetos de 0,6 mais indica o quanto o objeto pertence a essa classe.

A classe pastagem teve como 'zero' da função os valores 0,13 e 0,4, indicando que os objetos pertencentes a essa classe, apresentaram valores dentro do intervalo definido pela função. A função '*Approximate Gaussian*' está relacionada com a curva de Gauss, um modelo que permite identificar como um conjunto aleatório de valores estão se comportando (Bittencourt e Viali,

2006).

A classe água apresentou como 'zero' da função de pertinência o valor de 9 e máximo 5 para o brilho, e 0,3 a -1 para o NDVI. Os valores abaixo de 5 para o brilho e 0,3 para o NDVI definiram os objetos pertencentes a essa classe.

4. Resultados e Discussão

Em uma classificação convencional, usando como parâmetros apenas a regra booleana, o *software* não conseguiria separar as áreas úmidas pertencentes a classe corpos d'água da classe pastagem, pois os objetos (regiões segmentadas) apresentaram valores muito próximos, o que ocasionaria confusão no momento da separação dos objetos para suas respectivas classes. Porém com o uso das funções de pertinência e o grau de pertinência com seus valores definidos, ajudou a obter uma classificação mais satisfatória.

O resultado da classificação orientada a objeto usando o conceito da lógica fuzzy é mostrado na **Figura 5**.

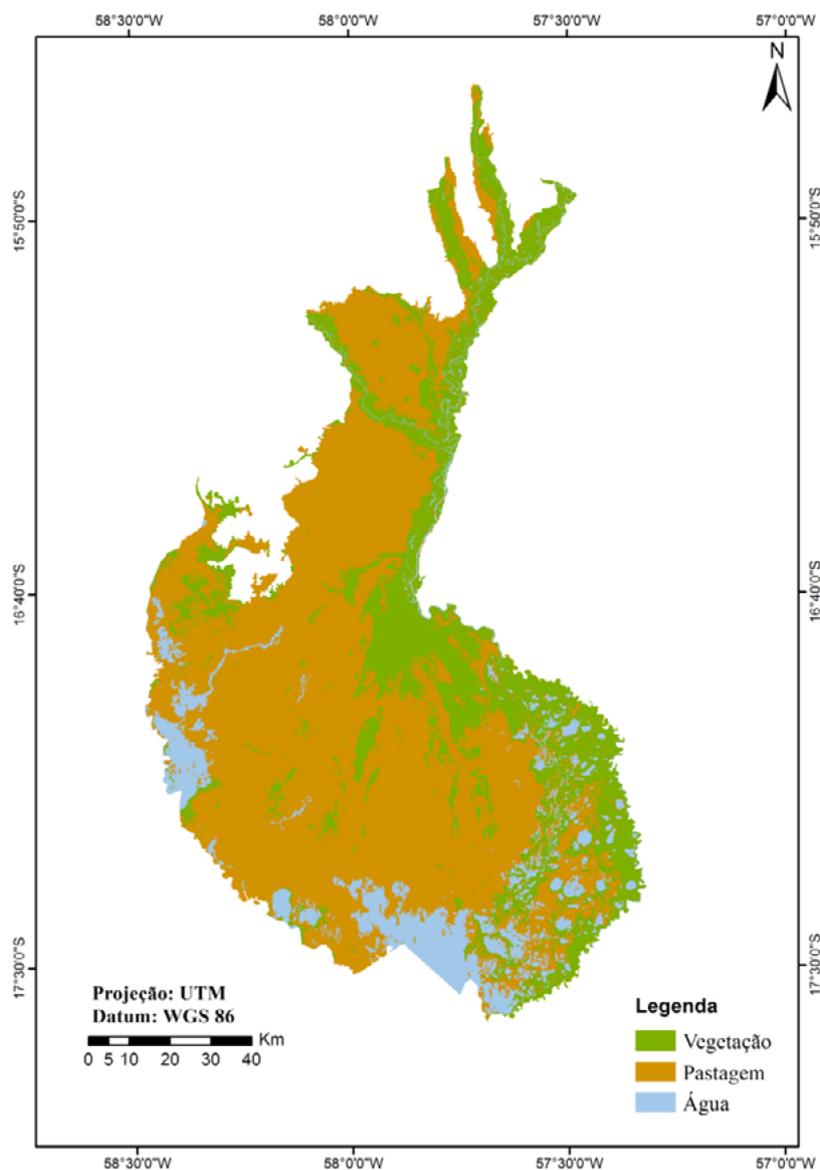


Figura 5. Resultado da classificação do Pantanal de Cáceres, 2016.

A área total classificada como vegetação foi de 326.908,89 há, correspondendo a 26,40%, a pastagem obteve cerca de 793.881,5 ha, 64,09%, e a classe água teve um total de 117.862,65 ha, 9,51% da área classificada. A classe água possui a menor área classificada, devido as imagens obtidas serem dos meses de maio e junho considerado de clima seco e céu limpo (Guimarães et al., 2014).

A classe que teve uma quantificação maior da área foi a pastagem, como o Pantanal é composto por campo limpo e cerrado (Embrapa, 2008) o software acabou confundindo alguns objetos pertencentes a classe vegetação.

Tabela 1. Matriz de Confusão da classificação.

Classificação manual Lógica Fuzzy	Vegetação	Pastagem	Água	Total das Linhas
Vegetação	222	99	12	333
Pastagem	9	445	8	462
Água	12	22	71	105
Total das Colunas	243	566	91	900

A acurácia da classificação é possível ser avaliada por meio da Matriz de Confusão. É uma matriz onde os números são delimitados em linhas e colunas representando a quantidade de amostras, pixels, grupos de pixels ou polígonos que foram atribuídos a uma certa classe (Suarez e Candeias, 2012). Na coluna da matriz estão as classes da imagem de referência e na linha as classes geradas pela classificação orientada a objeto.

Conforme Congalton (1991) a acurácia do produtor faz referência a probabilidade de um pixel de referência (classificação manual) ter sido classificado corretamente, quanto menor este valor, maior o número de falsos negativos. A acurácia do usuário calcula a probabilidade de um pixel classificado corretamente (classificação orientada a objeto) no universo de todos que foram classificados, quanto menor este valor, maior a quantidade de falsos positivos. Segundo o mesmo autor, a acurácia global é calculada pela razão entre a soma dos elementos da diagonal principal da matriz de erro pelo número total de amostras (**Tabela 1**).

O índice Kappa permite avaliar a exatidão da classificação, maiores detalhes sobre este índice podem ser encontrados em Cohen (1960), Landis e Koch (1977), Congalton (1991) e Coelho (2010).

Tabela 2. Acurácia da Classificação.

Classes	Acurácia do usuário (%)	Acurácia do produtor (%)	Acurácia Global (%)	Kappa
Vegetação	66	91	82	0,68
Pastagem	96	79		
Água	68	78		

Na **Tabela 2**, nota-se a diferença entre os valores da acurácia global e o Kappa, isto ocorre, pois, segundo Congalton (1991), o cálculo do índice kappa incorpora várias informações da matriz de confusão, enquanto a acurácia global faz uso apenas das informações da diagonal principal e exclui os falsos positivos e negativos. Recomenda-se, por este motivo, que sejam

usados em conjunto.

A partir da **Figura 5**, **Tabela 1** e **2**, pode-se afirmar que a classificação orientada a objeto por meio da lógica fuzzy foi capaz de classificar a maioria das regiões corretamente, o número de falsos positivos foi relativamente pequeno, principalmente para a classe Pastagem (4%). A classe Vegetação, por sua vez, apresentou o maior número de falsos positivos (34%) essa confusão deu-se ao fato de alguns objetos consideravelmente pequenos pertencentes a classe água, terem sido segmentados junto com a classe Vegetação, devido a resolução da imagem (30 m). Por esta razão a classe Vegetação foi a que obteve a menor acurácia e influenciou na acurácia global da classificação orientada a objeto, que foi de 82% de acurácia global e 0,68 para o índice Kappa.

A classe Pastagem obteve valores de acurácia bons tanto para a do usuário (96%) como para a do produtor (79%). Ocorreu uma pequena discrepância por que algumas áreas como campo aberto ou savanas apresentaram valores de NDVI muito próximos, uma possível solução para esse problema, é a inserção de mais classes para diferenciar melhor as regiões.

A classe Água teve uma porcentagem de falsos negativos considerável (22%), ou seja, ela deixou de classificar uma área considerável. Os falsos positivos para esta classe foram ocasionados por alguns pixels da classe Vegetação classificados com Água.

O resultado do índice Kappa apresentou um valor dentro do intervalo de 0,5 a 0,8 que conforme (Landis e Koch, 1977) é um valor de resultado considerável.

5. Conclusões

Por meio do uso do conceito da lógica fuzzy foi possível obter resultados mais satisfatórios na classificação. As funções de pertinência com valores bem definidos, permite identificar melhor o quão forte um objeto pode pertencer a uma classe. Os objetos podem apresentar sempre características semelhantes, no entanto, o grau de pertinência possibilita distinguir melhor a classe a que o objeto pertence.

Os resultados obtidos possibilitaram mostrar a eficiência dos conceitos de classificação orientada a objeto com a lógica fuzzy, podendo ser uma alternativa para auxiliar no monitoramento do uso da terra da área estudada.

Recomenda-se para um trabalho futuro que se realize uma análise temporal da área por meio dos conceitos apresentados.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e a Universidade do Estado de Mato Grosso *campus* de Barra do Bugres, pela disponibilização do laboratório de Geomática e as ferramentas necessárias para o desenvolvimento do trabalho.

7. Referências

Almeida, A. S. de., et al. **Classificação orientada a objeto de imagens de sensoriamento remoto em estudos epidemiológicos sobre leishmaniose visceral em área urbana**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 30 (8):1639-1653, ago, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.org/pdf/csp/v30n8/0102-311X-csp-30-8-1639.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2016.

Bittencourt, H. R.; Viali, L. **Contribuições para o ensino da distribuição normal ou curva de Gauss em cursos de graduação**. III Simpósio Internacional de Pesquisa em Educação Matemática. Águas de Lindóia – SP, 2006. Disponível em: <http://www.pucrs.br/famat/viali/mestrado/literatura/artigos/planilhas/Sipem_06.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2016.

- Camargos, F. L. **Lógica Nebulosa: uma abordagem filosófica e aplicada.** Disponível em: <<http://www.inf.ufsc.br/~barreto/trabaluno/IANebulosos.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2016.
- Coelho, F. F. **Comparação de métodos de mapeamento digital de solos através de variáveis geomorfométricas e sistemas de informações geográficas.** Porto Alegre: UFRGS. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS, 2010.
- Cohen, J. A. **Coefficient of agreement for nominal scales.** Educational and Psychological Measurement, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.
- Congalton, R. G. A Review of Assessing the Accuracy of Classifications of Remotely Sensed Data. **Remote Sensing of Environment.** v. 37, issue 1, p. 35-46, 1991. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/003442579190048B>>. Acesso em: 29 jun. 2016.
- EMBRAPA. **Mapeamento de unidades de paisagem em nível de fazenda, Pantanal da Nhecolândia.** 1. ed. Corumbá – MS. Dezembro, 2008. ISSN 1981-7215. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP83.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2015.
- Fernandes, R. R., et al. **Classificação orientada a objetos aplicada na caracterização da cobertura da terra no Araguaia.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.47, n.9, p.1251-1260, set. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v47n9/10.pdf>>. Acesso em: 08 jun. 2016.
- Gonçalves, R. M., et al. **Classificação hierárquica e fuzzy de imagens de alta resolução.** Anais XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto, Florianópolis - SC, p.547 – 554, 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Marcio_Schmidt/publication/239527300_Classificacao_hierarquica_e_fuzzy_de_imagens_de_alta_resolucao/links/0deec53452c3b73141000000.pdf?origin=publication_detail>. Acesso em: 10 jun. 2016.
- Guimarães, E., et al. **Pantanal: paisagens, flora e fauna.** 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014. Disponível em: <http://culturaacademica.com.br/_img/arquivos/09_Pantanal_web-TRAVADO.pdf>. Acesso em: 02 jul. 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra.** 3. ed. Rio de Janeiro, 2013. 170 p. ISSN 0103-9598. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>>. Acesso em: 02 jun 2016.
- Landis, J. R.; Koch, G. G. **The measurement of observer agreement for categorical data.** Biometrics. v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.
- Neves, S. M. A. S.; Nunes, M. C. M.; Neves, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT - Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades Agropecuárias e turísticas municipais. B. goiano. geogr. v. 31, n. 2, p. 55-68, jul./dez., 2011.
- Pott, A. **Pastagens no Pantanal.** 8º Simpósio sobre Manejo da Pastagem. Corumbá – MS, 1988. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145305/1/Pastagens-no-Pantanal.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2016.
- PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO – PDD. Plano diretor do município de Cáceres- MT. Disponível em: <<http://www.caceres.mt.gov.br/downloads/02.Diagnostico%20do%20Municipio.pdf>>. Acesso em: 04 jun. 2016.
- Ramos, J. A. S.; Fraga, D. Classificação avançada de imagens com orientação a objetos no eCognition. Sistema LabGis, 2013. Disponível em: <http://gisday.labgis.uerj.br/arquivos/ap_classif_ecognition.pdf>. Acesso em: 09 jun. 2016.
- Silva, J. dos S. V. da; Abdon, Myrian de Moura. **Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.33, Número Especial, p.1703-1711, out. 1998.
- Suarez, A. F.; Candeias, A. L. B. Avaliação de acurácia da classificação de dados de sensoriamento remoto para o município de Maragogipe. IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. p. 1 - 10. Recife -PE, **Anais...** maio de 2012. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIV/CD/artigos/SReFOTO/172_4.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2016.
- Stahnke, E.; Vahldick, A. Inteligência artificial aplicada na engenharia de software. Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí. v. 2, n. 1, p. 119 - 122, 2013. Disponível em: <<http://www.revistas.udesc.br/index.php/reavi/article/view/3587/2582>>. Acesso em: 02 jun. 2016.

Wantzen, K. M., et al. **Towards a sustainable management concept for ecosystem services of the Pantanal wetland.** *Ecohydrology & Hydrobiology*, 8: p. 115 – 138, 2008.



Análise da acurácia posicional planimétrica da hidrografia numérica extraída do MDS SRTM banda X na região do Pantanal Mato-Grossense

Diego Teles da Cruz ¹
Afonso de Paula dos Santos ²

¹ Universidade Federal de Viçosa – UFV
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica
Av. Peter Henry Rolfs, s/n – Campus Universitário
36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
diegotelesjr@gmail.com

² Universidade Federal de Viçosa – UFV
Setor de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica
Av. Peter Henry Rolfs, s/n – Campus Universitário
36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
afonso.santos@ufv.br

Resumo. O uso dos modelos de elevação ou de superfície propicia um auxílio nos projetos realizados em áreas escassas de dados cartográficos, sendo possível extrair informações referentes ao relevo com grande facilidade. A missão SRTM – Shuttle Radar Topography Mission – foi responsável pelo mapeamento topográfico da Terra e no ano de 2014 disponibilizou os modelos de superfície da banda X com resolução espacial de 30 metros. No presente artigo será apresentada a avaliação da acurácia posicional planimétrica das hidrografias extraídas do MDS SRTM banda X, alusivas à uma região do Pantanal Mato-Grossense. Para tal atividade, utilizou-se do método de feições lineares Buffer Duplo, aplicando as tolerâncias do Decreto-Lei nº 89.817 aliado à ET-ADGV da INDE, tomando como referência a base cartográfica 1:100.000 disponibilizada pela DSG. O resultado atingido indica que os dados hidrográficos obtiveram classificação Classe C na escala 1:500.000.

Palavras-chave: SRTM banda X, hidrografia, acurácia posicional planimétrica, Pantanal.

Abstract. The use of elevation or surface models provides support to projects developed in areas where the cartographic data is scarce, being possible to easily extract information about the terrain. The SRTM – Shuttle Radar Topography Mission – was responsible for the Earth topographic mapping and in the year of 2014 provided the X-band surface models with 30 meters of spatial resolution. The planimetric positional accuracy evaluation of the hydrographies extracted from the X-band SRTM DSM, related to a region of the Pantanal Mato-Grossense will be presented in this article. In order to achieve this objective, the Double Buffer method of linear features was used, applying the tolerances of the Decree-Law No. 89.817 combined with the INDE's ET-ADGV, taking the 1:100.000 cartographic base provided by the DSG as reference. The result indicates that the special data relative to the road system got Class C rating in the scale 1:500.000.

Key-words: SRTM X-band, hydrography, planimetric positional accuracy, Pantanal.

1. Introdução

Informações a respeito de um relevo como elevações, desníveis e declividades podem ser obtidas a partir de mapas em curva de nível e levantamentos altimétricos feitos em campo. Contudo, uma alternativa para tal fim é encontrada no modelo digital de elevação (MDE) ou modelo digital de superfície (MDS), que são dados que representam a elevação do terreno. Conforme Li *et al.* (2005), um MDE consiste em um conjunto ordenado de pontos amostrais que representam a distribuição espacial da altitude sobre o terreno, sem considerar a vegetação ou edificações. O termo MDS é utilizado para modelos que consideram as elevações do terreno e de qualquer objeto acima dele, como edificações e cobertura vegetal. Alguns desses modelos são oferecidos de forma gratuita e como exemplo temos os dados SRTM, que cobrem grande parte do território brasileiro, viabilizados pela missão *Shuttle Radar Topography Mission*, a qual gerou um modelo global digital de elevação operando na banda C para aquisição de imagens com resolução espacial de 90 metros, e um sistema atuando na banda X a fim de obter imagens com resolução espacial de 30 metros.

Segundo Silva *et al.* (2015), o acesso aos dados de MDE's e MDS's se tornou fácil, de modo a auxiliar os avanços nos estudos hidrológicos com extração automática de redes de drenagem, geomorfologia e planejamento dos recursos hídricos. Entretanto, a grande diversidade de dados espaciais disponibilizados atualmente acarreta em incertezas quanto à sua utilização para certo fim. Assim, o controle de qualidade cartográfica visa identificar as incoerências e discrepâncias presentes em um produto ou dado cartográfico, de modo a inferir sobre a qualidade e acurácia desses dados. A acurácia posicional engloba os efeitos sistemáticos e aleatórios que um produto possa vir a ter, indicando a proximidade que o dado espacial se encontra em relação à sua realidade no terreno através de comparações no posicionamento horizontal e vertical. É através de sua análise que o usuário ou o produtor verifica a possibilidade da utilização do produto para determinado propósito.

O padrão brasileiro adota para a avaliação de acurácia posicional as tolerâncias PEC (Padrão de Exatidão Cartográfica) e EP (Erro-Padrão) estabelecido pelo Decreto-lei nº 89.817, de 1984. Estas tolerâncias são dependentes da escala e classe utilizada na avaliação da qualidade posicional do produto testado. Nero (2005) e Santos (2010) explicitam que o Decreto-lei nº 89.817 é confuso quanto à sua metodologia de avaliação. Assim, em 2011, a INDE (Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais) propôs a Especificação Técnica de Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV) para complementar a norma anterior. A ET-ADGV cria uma classe mais restritiva para produtos cartográficos digitais, chamada de PEC-PCD (Padrão de Exatidão Cartográfica dos Produtos Cartográficos Digitais), além de especificar duas condições a serem obedecidas para a classificação da acurácia posicional de um produto cartográfico. Portanto, segundo BRASIL (1984), DSG (2011) e Santos (2010), para a determinação da qualidade posicional pelo Decreto-lei nº 89.817 aliada à ET-ADGV devem ser atendidas as condições

abaixo:

1. 90% das feições testadas devem apresentar valores de discrepâncias iguais ou inferiores ao valor do PEC-PCD, em relação à escala e a classe testada;
2. O RMS (*root mean square*) das discrepâncias deve ser menor ou igual à tolerância EP, em relação à escala e a classe testada;

onde:

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (dpj)^2}{n-1}} \quad (1)$$

sendo:

dpj: discrepância posicional da feição j;

n: número de feições de checagem.

Abaixo é apresentada as tolerâncias PEC-PCD e EP referentes a planimetria, de acordo com as classes do Decreto-lei nº 89.817 aliada à ET-ADGV.

Tabela 1. Padrão Exatidão Cartográfica Planimétrica (Decreto-lei nº 89.817 aliada à ET-ADGV)

Classe ET-ADGV	Planimetria	
	PEC-PCD	EP
A	0,28 mm x escala	0,17 mm x escala
B	0,5 mm x escala	0,3 mm x escala
C	0,8 mm x escala	0,5 mm x escala
D	1,0 mm x escala	0,6 mm x escala

Segundo Santos *et al.* (2015), existem vários métodos para análise da acurácia posicional planimétrica de feições lineares, como: Banda *Épsilon*; *Buffer* Simples; *Buffer* Duplo; Banda Genérica; Modelo de Erros Estatísticos por Simulação; Influência do Vértice; Ponto Gerado; Distância de *Hausdorff*; Aproximações por *Spline*; Retângulo Envolvente; Completude; Corretude; e RMS Modificado. Em seu trabalho, dentre os métodos avaliados, os autores concluíram que a utilização do *Buffer* Duplo é a mais recomendada devido ao fato de que esse método possibilita analisar a presença de *outliers* e tendências nos dados, além de apresentar resultados semelhantes ao método tradicional por pontos, tanto na classificação da acurácia posicional planimétrica das feições quanto nas estatísticas descritivas das discrepâncias.

2. Objetivo

Avaliar a qualidade posicional planimétrica das feições lineares representativas da hidrografia, extraídas do MDS SRTM banda X consistente, com resolução espacial de 30 metros, na região do Pantanal Mato-Grossense. Para isto, aplicou-se a norma do padrão de acurácia posicional definida no Decreto-Lei nº 89.817 aliada à ET-ADGV, tendo como referência a base cartográfica da Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG).

3. Material e Métodos

3.1 Materiais

As feições lineares das hidrografias numéricas utilizadas na análise foram extraídas do MDS

SRTM banda X (**Figura 1**) com resolução espacial de 30 metros, relativas a uma região do Pantanal Mato-Grossense na região do município de Tangará da Serra, mais precisamente entre as longitudes 58° 0' 0" W e 59° 0' 0" W, e latitudes 14° 0' 0" S e 15° 0' 0" S (**Figura 2**). O MDS é disponibilizado em formato TIFF, datum *World Geodetic System* de 1984 (WGS 84), cedido gratuitamente pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS) através do site <https://www.usgs.gov/>.

O MDS SRTM banda X consistente, alvo da extração da hidrografia numérica, representa o MDS corrigido das depressões espúrias que causam incoerências no modelo, impossibilitando tal extração. Segundo Chaves (2002), as depressões espúrias são células rodeadas por células com maiores valores de elevação. Há possibilidade de alguma delas serem naturais, como sumidouros, mas a maioria é considerada espúria, resultante do processo de geração do MDE ou MDS.

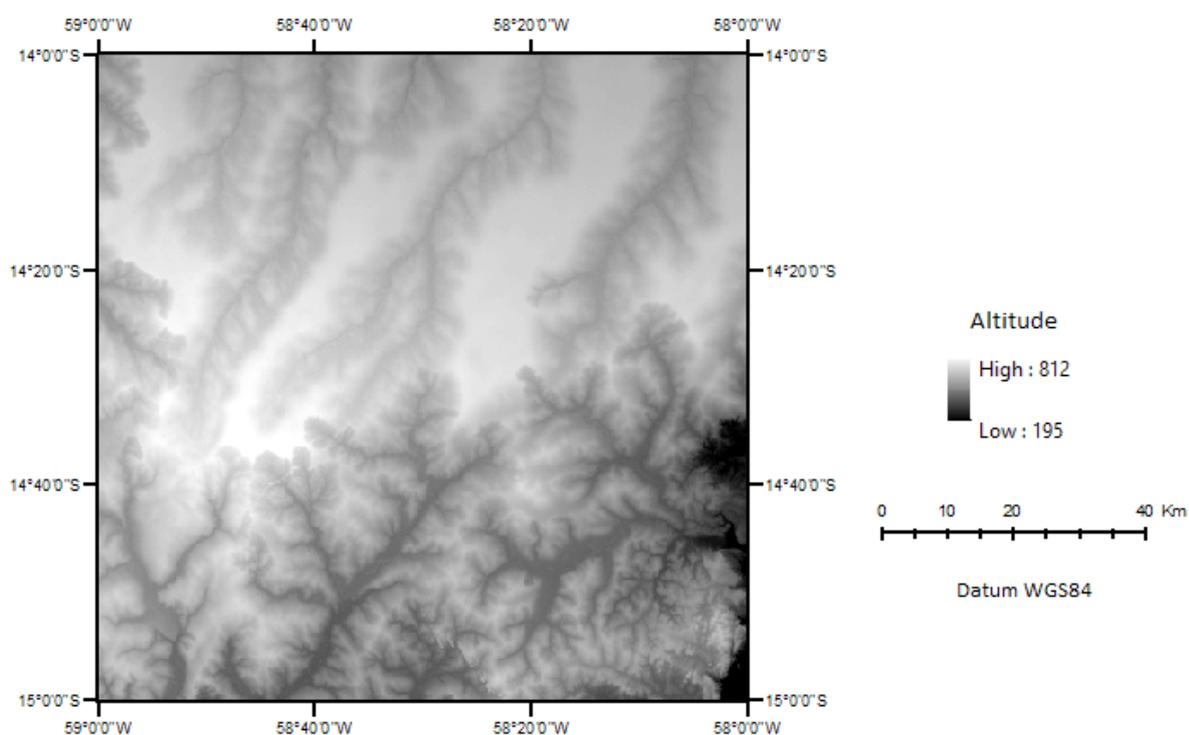


Figura 1. MDS SRTM banda X utilizado para extração da hidrografia numérica.

Os dados usados como referência, consistem na base de dados das hidrografias de quatro cartas topográficas na escala 1:100.000: Folhas SD-21-Y-A-III, MI 2060, Cabeceira do Osso; SD-21-Y-B-I, MI 2061, Aldeia Parecis; SD-21-Y-A-VI, MI 2104, Chapada dos Parecis; SD-21-Y-B-IV, MI 2105, Camarcan. Eles foram cedidos pela DSG também de forma gratuita através do Geoportal na página <http://www.geoportal.eb.mil.br/index.php>, no formato shapefile, datum WGS 84, na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 21 sul. As folhas em questão são adjacentes e quando conectadas, representam a mesma área do MDS citado anteriormente.

Para a integração e manipulação dos dados, utilizou-se o *software* ArcGis 10.2.

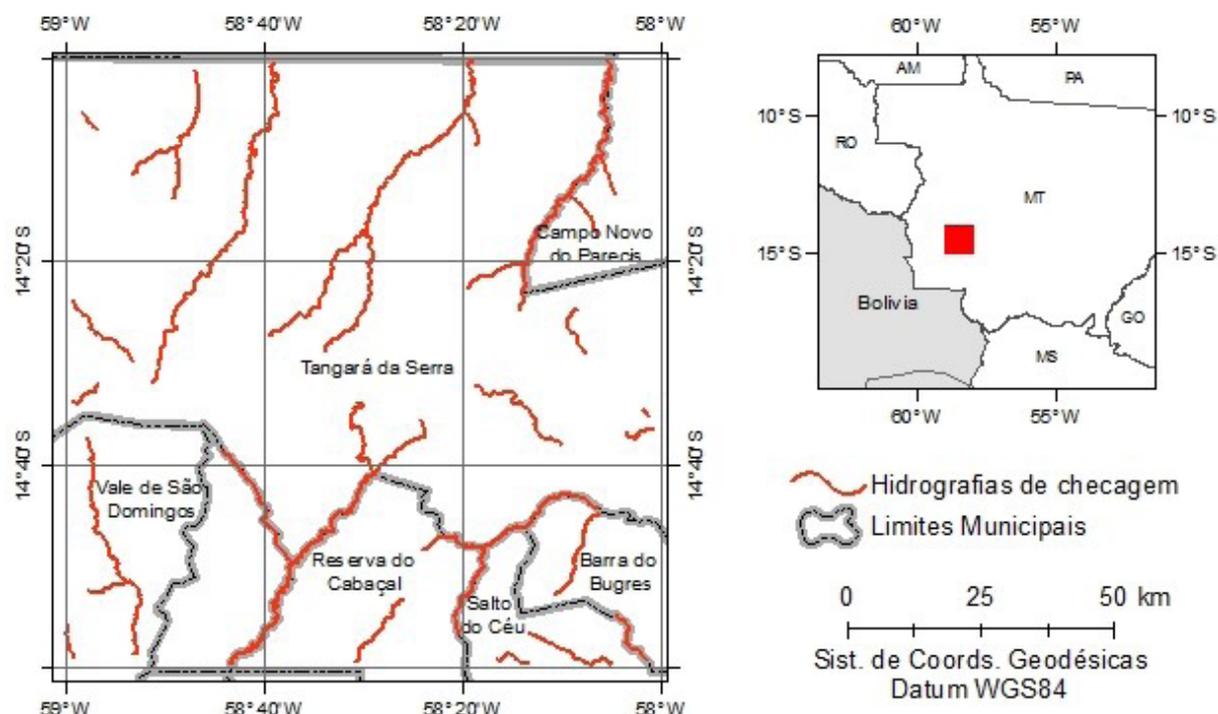


Figura 2. Base de dados hidrográficos da DSG, conjuntamente com a área de estudo.

3.2 Métodos

O primeiro passo para a avaliação foi adquirir os materiais mencionados no subtópico antecedente, acessando seus respectivos sites. Ressalta-se que foram necessários os cadastros em ambas as páginas para ter a permissão requerida pela instituição.

Utilizando o *software* ArcGis 10.2, foi inserido o MDS SRTM banda X consistente para extração de sua hidrografia. Inicialmente foi realizado a sua projeção para o UTM Zona 21 Sul afim de compatibilizar todos os dados constituintes no presente trabalho. Em seguida obteve-se a direção de fluxo, o fluxo acumulado para cada célula e a hidrografia numérica no formato raster, onde considerou-se que a célula de fluxo acumulado que possuía valor maior do que 1000 (mil) estaria contribuindo para a formação de um curso d'água. Por fim, realizou-se a transformação da hidrografia numérica raster em formato vetorial (**Figura 3**).

Para avaliar a acurácia posicional planimétrica da hidrografia numérica extraída do MDS SRTM banda X, acrescentou-se as hidrografias de referência, presentes na base cartográfica do Exército Brasileiro. Analisando espacialmente estas hidrografias em conjunto com as numéricas extraídas do MDS, selecionou-se uma amostra de trinta feições bem distribuídas pela área de estudo a fim de comparação, nas quais foram aplicadas o método estatístico *Buffer Duplo* apresentado por Tveite e Langaas (1999). Esta técnica consistiu na criação de um *buffer* tanto na feição linear de teste quanto na de referência. Para aplicação do método seguiu-se as tolerâncias do padrão Decreto-lei nº 89.817 / ET-ADGV, e a sugestão de Santos *et al.* (2015), que recomenda utilizar como largura do *buffer* o valor do PEC-PCD para a escala e classe desejada na análise. Posteriormente calculou-se a discrepância para cada feição linear avaliada em função da área gerada pelo *buffer* em cada linha teste do produto (A_{pj}) e da área referente ao *buffer* da linha de referência que não contém *buffer* da linha teste ($A_{xj} = A_{rj} - A_{ij}$), como demonstrado na **Figura 4** e equação 2.

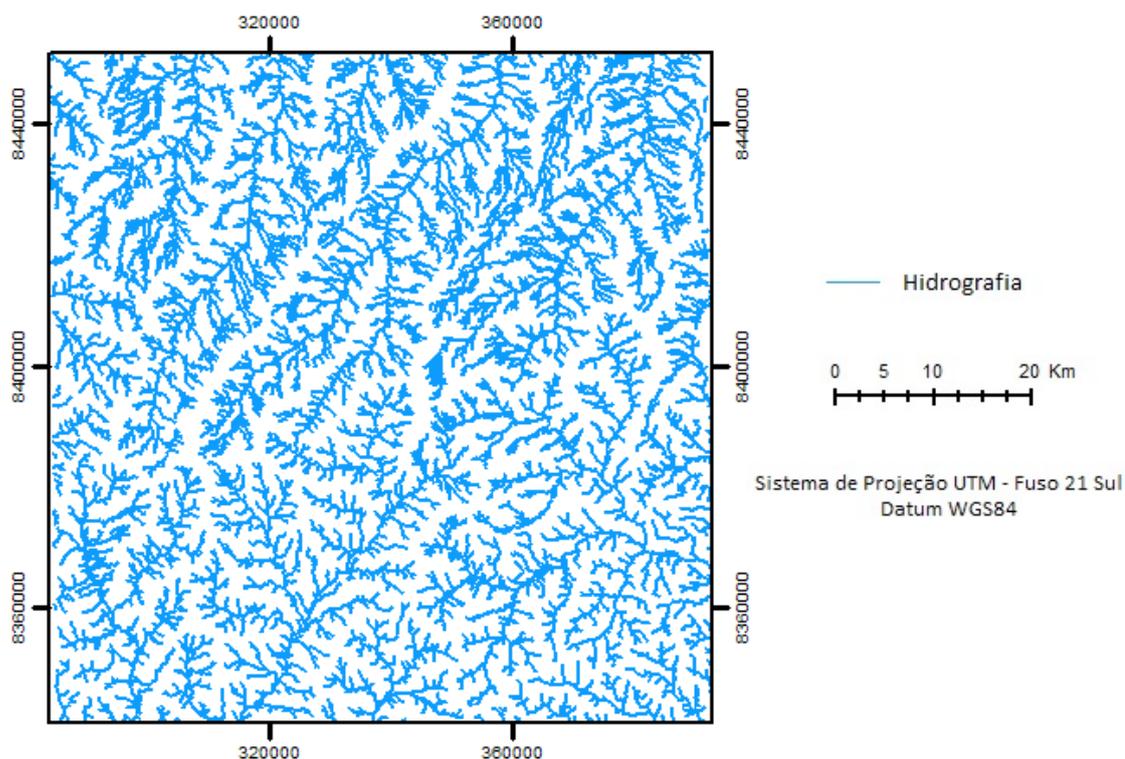


Figura 3. Hidrografia numérica extraída do MDS SRTM banda X.

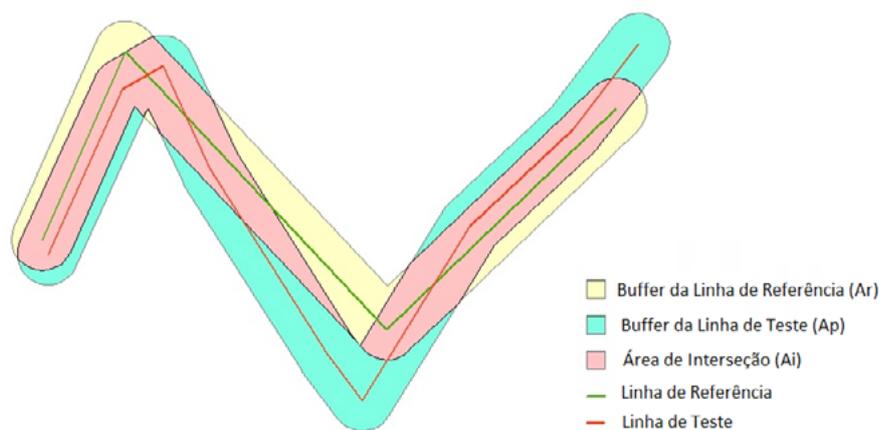


Figura 4. Esquematização do método *Buffer Duplo*.

$$dpj = \pi \cdot x \cdot \frac{(\sum Axj)}{Apj} \quad (2)$$

onde:

$$Axj = Arj - Aij \quad (3)$$

sendo:

Apj : área gerada pelo *buffer* na linha teste j ;
 Arj : área gerada pelo *buffer* na linha de referência j ;

Aij: área de interseção entre o *buffer* na linha teste j e o *buffer* na linha de referência j;

x: largura do *buffer* aplicado;

Após o resultado das discrepâncias, calculou-se o RMS através da equação 1 e foi aplicado as duas condições do Decreto-lei 89.817 / ET-ADGV, descritas no tópico de introdução, para classificar o produto.

4. Resultados e Discussão

A aplicação do método *Buffer Duplo* para analisar a qualidade posicional planimétrica da hidrografia numérica extraída do MDS SRTM banda X foi realizada para a escala de 1:100.000, 1:250.000 e 1:500.000. A classificação obtida foi Classe C do Decreto-lei nº 89.817/ ET-ADGV, para a escala 1:500.000 (PEC=400m e EP=250m). Posteriormente à metodologia empregada, obteve-se como resultado a **Figura 5** que apresenta o gráfico das discrepâncias posicionais planimétricas e a **Tabela 2** que mostra as estatísticas obtidas na avaliação da acurácia posicional planimétrica da hidrografia numérica extraída.

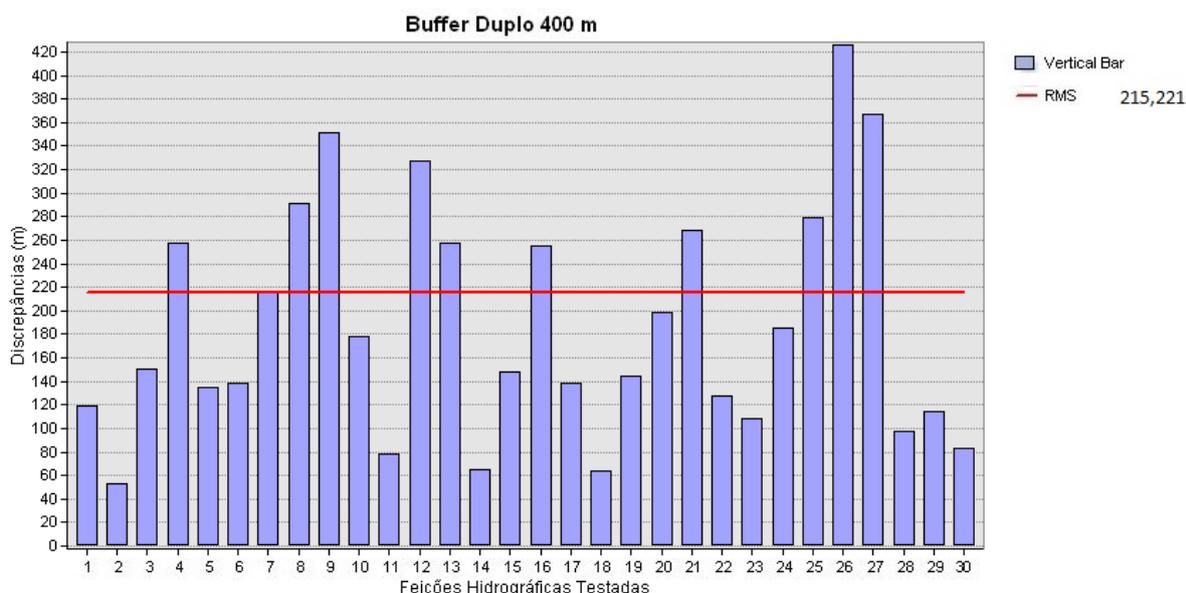


Figura 5. Gráfico das discrepâncias posicionais planimétricas para Classe C na Escala 1:500.000.

Tabela 2. Resultados estatísticos para a hidrografia extraída do modelo de elevação SRTM banda X na área de estudo, utilizando o método *Buffer Duplo*.

CLASSE C (Decreto-lei 89.817/ET-ADGV) ESCALA 1:500,000		PEC: 400 m EP: 250 m	
RMS 215,221 m	Discrepância Média 150,911 m	Discrepância Máxima 426,000 m	Discrepância Mínima 53,003 m

Nota-se que ao empregar um *buffer* de 400 metros nas feições lineares, 29 das 30 feições analisadas apresentaram discrepâncias menores que os quatrocentos metros exigidos pelo PEC-PCD, e alcançou-se um RMS de 215,2 m, valor este menor que o EP definido de 250 m. As verificações para classes superiores (A e B) relativas a escala 1:500.000, bem como as escalas de 1:100.000 e 1:250.000, foram efetuadas obtendo resultados insatisfatórios, não atendendo aos critérios exigidos. Diante disso, o produto foi classificado em Classe C de acordo com o padrão do Decreto-lei 89.817/ET-ADGV.

Aproveitando a utilização do *software* e a atividade em questão, extraiu-se a declividade da área de estudo, obtendo uma declividade média de 4,36% (**Figura 6**).

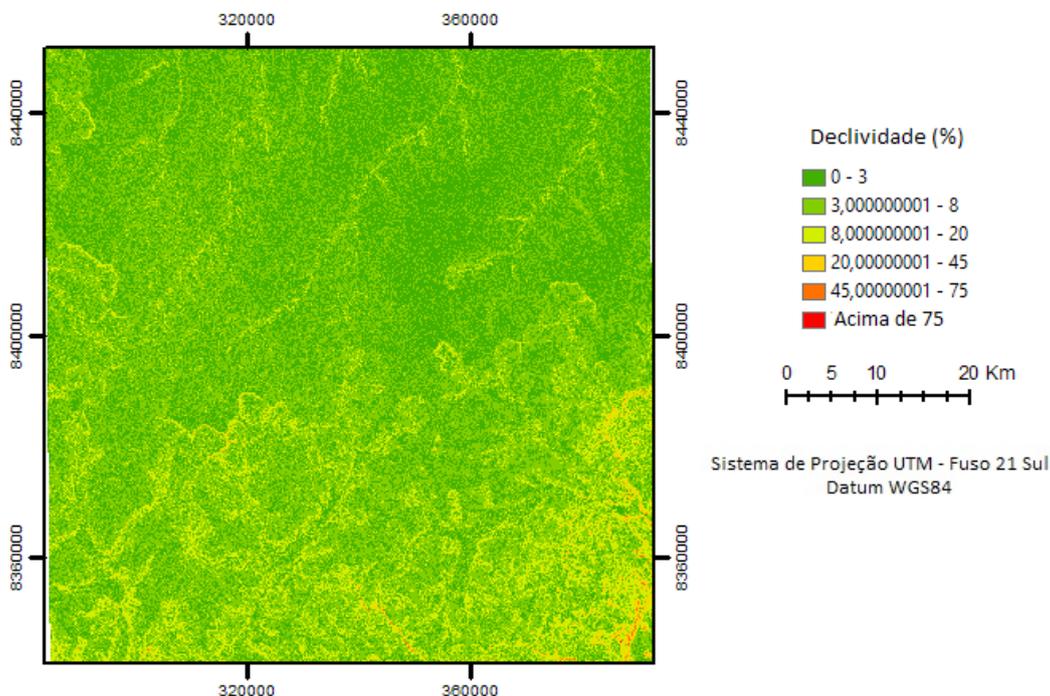


Figura 6. Mapa de declividade da área de estudo.

Segundo Embrapa (1999), os relevos são classificados em relação a declividade como explicitado na **Tabela 3**. Assim, com base nessa classificação, considera-se que a área de estudo se enquadra como relevo “suave-ondulado”.

Tabela 3. Classificação de relevos em função da declividade (Embrapa).

Relevo	Declividade (%)
Plano	0 a 3
Suave-ondulado	3 a 8
Ondulado	8 a 20
Forte-ondulado	20 a 45
Montanhoso	45 a 75
Escarpado	Acima de 75

5. Conclusões

Conforme Farr *et al.* (2007) e DLR (2015), o SRTM banda X possui uma acurácia vertical absoluta de cerca de 6 metros e uma planimétrica absoluta em torno de 15 metros, utilizando um nível de confiança de 90%, de acordo com a *National Map Accuracy Standard* (NMAS). Desse modo, a extração da hidrografia numérica em áreas com baixa declividade pode ser influenciada pela própria incerteza vertical do MDS e acaba também sofrendo com as características locais. Como demonstrado nos resultados citados anteriormente, a hidrografia numérica extraída do SRTM banda X obteve classificação Classe C na escala 1:500.000. Segundo Santos *et al.* (2016), para uma região mais ondulada a montanhosa, o MDS SRTM banda X recebeu classificação Classe C na escala 1:100.000, compreendendo-se que nesses locais, a calha hidrográfica encontra-se melhor definida por causa dos morros, não sendo muito influenciada pelas

incertezas do modelo.

Sugere-se para futuros trabalhos analisar as alterações ocasionadas pelo preenchimento das depressões espúrias no MDS ou MDE inconsistente, investigando se tal correção modificou os resultados e sua qualidade.

6. Referências

- Brasil. **Decreto nº 89.817 de 20 de Junho de 1984. Normas Técnicas da Cartografia Nacional.** Brasil, 1984. Disponível em < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D89817.htm >. Acesso em 2015.
- Chaves, M. A. **Modelos Digitais de Elevação Hidrologicamente Consistente para a Bacia Amazônica.** 2002. 115 p. Tese (Doutorando em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 2002.
- DLR. 2015. **STRM band-X parameter.** German Aerospace Center. Disponível em: <http://www.dlr.de/eoc/en/desktopdefault.aspx/tabid-5515/9214_read-17716/>. Acessado em 2015.
- DSG. **Especificação Técnica Para a Aquisição de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-ADGV).** Brasil, 2011. Disponível em < http://www.geoportal.eb.mil.br/images/PDF/ET_ADGV_Vs_2_1_3.pdf >. Acesso em 2015.
- Embrapa, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília: EMBRAPA Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 1999. 412p.
- Farr, T. G.; Rosen, P.A.; Caro, E.; Crippen, R.; Duren, R.; Hensley, S.; Kobrick, M. et al. 2007. “The Shuttle Radar Topography Mission.” **Reviews of Geophysics** 45 (2): RG2004.
- Li, Z.; Zhu, Q; Gold, C. M. 2005. **Digital Terrain Modelling. Principles and Methodology.** New York.
- Nero, M. A. **Propostas Para O Controle de Qualidade de Bases Cartográficas Com Ênfase Na Componente Posicional.** São Paulo: Escola Politécnica da USP, Brasil, 2005
- Santos, A. P. **Avaliação Da Acurácia Posicional Em Dados Espaciais Com O Uso de Estatística Espacial.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Brasil, 2010.
- Santos, A. P.; Medeiros, N. G.; Santos, G. R.; Rodrigues, D. D. Controle de Qualidade Posicional em Dados Espaciais Utilizando Feições Lineares. **Boletim de Ciências Geodésicas**, sec. Artigos, v. 21, nº 2, p. 233-250, abr-jun, 2015.
- Santos, A. P.; Medeiros, N. G.; Santos, G. R.; Rodrigues, D. D. Avaliação da Acurácia Posicional Planimétrica em Modelos Digitais de Superfície com o Uso de Feições Lineares. **Boletim de Ciências Geodésicas**, sec. Artigos, v. 22, p. 157-174, jan-mar, 2016.
- Silva, C. R. P.; Demarqui, E. N.; Almeida, F. T.; Mingoti, R.; Souza, A. P. (2015). Diferentes modelos digitais de elevação na caracterização física da bacia hidrográfica do Rio Nandico, MT, Brasil. **Scientia Plena**, 11(5).
- Tveite, H.; Langaas, S. **An Accuracy Assessment Method for Geographical Line Data Sets Based on Buffering.** International Journal of Geographical Information Science, v. 13, p. 27-47, 1999.



Proposta de uso de computação em nuvem em aplicações de zoneamento

Sérgio Aparecido Braga da Cruz¹
João dos Santos Vila da Silva¹
Sandra Mara Alves da Silva Neves²

¹ Embrapa Informática Agropecuária
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 - Campinas - SP, Brasil
{sergio.cruz, joao.vila}@embrapa.br

² Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Av. dos Ingás, 3001 - Jardim Imperial
78555-000 - Sinop, MT
ssneves@unemat.br

Resumo. A demanda por produtos de geoprocessamento de melhor qualidade, com processos de produção ágeis e rastreáveis baseados no uso de dados com maior escala e resoluções espacial e temporal têm estimulado a adoção de novos paradigmas de produção de dados georreferenciados. A abordagem tradicional baseada no uso de ferramentas *desktop* tem sido complementada com o uso de infraestruturas virtuais para armazenamento e processamento de grande volume de dados. Este artigo apresenta as bases deste novo paradigma de construção de aplicações em geoprocessamento, e ilustra a sua aplicação na produção de um zoneamento do cultivo da soja no Mato Grosso.

Palavras-chave: computação em nuvem , zoneamento agrícola.

Abstract. The demand for better quality GIS products with agile and traceable production processes based on the use of data with higher resolution and scale have stimulated the adoption of new georeferenced data production paradigms. The traditional approach based on the use desktop tools have been supplemented by the use of virtual infrastructure for storing and processing large amounts of data. This article presents the foundations of this new application building paradigm in geoprocessing, and illustrates its application in the production of a soybean crop zoning in Mato Grosso.

Key-words: cloud computing, crop zoning.

1. Introdução

Imagens de alta resolução do sistema *RapiEye* estão disponíveis para órgãos públicos a partir da assinatura do convênio com o governo federal, que possibilitou a sua utilização por estes órgãos de forma gratuita principalmente na realização do cadastro ambiental rural (lei 12.651 de 2012) (Mengatto Júnior e Silva, 2014). Dados de altíssima resolução obtidos a partir de sensores de radar do tipo SAR (*Synthetic Aperture Radar*) estão disponíveis no mercado para suporte nos mais diferentes estudos e análises geoespaciais (Antunes e Siqueira, 2013). A produção de dados georreferenciados nos mais diferentes temas por usuários especialistas ou leigos tem aumentado rapidamente a partir do surgimento de sensores acoplados à dispositivos móveis.

Associando o processamento destes dados à análises de séries temporais, integração com dados de diferentes domínios (bioinformática, modelagem climática, etc. ...), e análise de grandes áreas, tais como aquelas necessárias para obtenção de levantamentos, caracterizações e monitoramentos de recursos naturais, análises socioeconômicas, zoneamentos e avaliação de cenários sobre grandes biomas brasileiros atingimos um cenário que supera a capacidade de processamento de laboratórios tradicionais de geotecnologias apoiados em aplicações *desktop*. Ainda podemos considerar a urgência na produção de resultados em situações de catástrofes ambientais, agrícolas e sociais, associadas a requisitos mais rígidos quanto a precisão espacial e de classificação exigidas por aplicações de impacto econômico, planejamento e tomada de decisão. A execução de atividades de análise espacial e geoprocessamento neste contexto implica no aumento crescente de gastos na compra de recursos computacionais para sua realização.

Porém este aumento de capacidade no processamento de dados geoespaciais pode ser obtido alternativamente por meio da utilização de infraestruturas virtuais de processamento ou computação em nuvem. Estas infraestruturas possibilitam o processamento e integração remota de dados complementando a capacidade de computação de infraestruturas de processamento locais. Neste artigo descrevemos alguns tipos de infraestruturas disponíveis e exemplificamos como uma aplicação de geoprocessamento desenvolvida de forma tradicional com o uso de ferramentas instaladas em *desktop* pode ser migrada para este novo paradigma de construção de aplicações.

2. Objetivo

Neste artigo são apresentados alguns conceitos sobre a computação em nuvem na área de processamento de dados geoespaciais e como aplicações reais poderiam ser realizadas nesta infraestrutura.

3. Material e Método

3.1 Computação em Nuvem

A computação em nuvem possibilita o acesso a recursos computacionais de forma remota como uma prestação de serviço. A especificação dos serviços a serem utilizados neste ambiente é

dinamicamente configurável apoiada em um ambiente de computação distribuída formado por componentes que implementam funções específicas e que podem ser combinados para atendimento da demanda do usuário. Neste contexto, componentes podem ser vistos como computadores físicos, dispositivos para armazenamento de grande volume de dados (*storages*) e de dispositivos para organização de redes. Sobre estes componentes físicos são implementados máquinas virtuais, que correspondem a programas simuladores de computadores reais que podem ser **conFigurados**, executados e interrompidos de acordo com a demanda por processamento. Estes ambientes podem ser fornecidos externamente por empresas terceirizadas (nuvem pública), podem ser totalmente implantados internamente em uma instituição (nuvem privada) ou podem ser implantadas de forma a combinar estas duas possibilidades (nuvem híbrida), onde o uso de recursos terceirizados é realizado em momentos de demanda extraordinárias de processamento.

Os serviços de computação em nuvem podem ser classificados em 4 tipos segundo Yang et al (2011):

IaaS (Infrastructure as a Service): infraestrutura como serviço, possibilita o acesso a recursos computacionais físicos (computadores, recursos de rede, recursos de armazenamento, etc. ...) de forma virtual. O usuário do serviço tem autorização para **conFiguração** destes recursos de acordo com a sua necessidade, podendo instalar sistemas operacionais e softwares mais adequados a realização de suas tarefas.

PaaS (Platform as a Service): na plataforma como serviço, além do acesso aos recursos computacionais físicos, é fornecido também acesso a uma série de ferramentas de programação que possibilitam desenvolvedores de software implementarem suas aplicações de forma remota.

SaaS (Software as a Service): No software como serviço, o usuário final tem acesso as funcionalidades de um software de forma remota, normalmente através de um navegador Web.

DaaS (Data as a Service): no dado como serviço, operações relativas a busca, localização, acesso aos dados e a sua integração são providas de forma remota sob demanda para os usuários finais. A localização física tanto dos usuários consumidores quanto dos produtores dos dados é irrelevante.

3.1 Serviços de computação em nuvem para dados geoespaciais

Google Earth Engine

O *Google Earth Engine* integra um conjunto de dados geoespaciais com cobertura global, a capacidade de armazenamento e processamento gigantescos correspondentes ao ambiente de computação em nuvem da *Google*, e um ambiente de desenvolvimento integrado suportando a implementação de algoritmos de análise e processamento de dados geoespaciais nas linguagens *JavaScript* e *Python* (Google Earth Engine Team, 2015).

Dentre os dados geoespaciais disponíveis no catalogo da *Google* podemos destacar vários produtos com cobertura regional e/ou global dos sensores *ASTER*, *MODIS*, *LANDSAT*, *NOAA* e produtos *MeaSURES*. Além dos dados já disponíveis na infraestrutura da *Google*, o usuário pode enviar os seus dados para a integração/processamento remoto. O *Google Earth Engine* pode ser classificado como uma *PaaS*, que fornece para especialistas, um ambiente de programação

e um conjunto de dados para implementação de aplicações geoespaciais, principalmente para dados *raster*.

Este ambiente se encontra em estágio experimental e o acesso é limitado e sem custos para usuários avaliadores previamente cadastrados e aprovados para desenvolvimento de aplicações de pesquisa, educação ou sem fins lucrativos. A necessidade de conhecimento em linguagens de programação *JavaScript* ou *Python*, apesar de possibilitar construção de aplicações geoespaciais genéricas, também representa uma sobrecarga inicial de aprendizagem, o que pode limitar a utilização deste ambiente.

ArcGIS Online

É um ambiente de computação em nuvem do tipo *SaaS*, que oferece para seus usuários acesso a ferramentas e programas para geoprocessamento da empresa *ESRI*. O preço de acesso ao ambiente varia de acordo com o número de usuários e de serviços que serão acessados. Neste ambiente são oferecidos serviços para visualização, análise e soluções de processamento configuráveis para atender aos diferentes tipos de clientes da plataforma. O serviço de *IaaS* da Amazon (Amazon Web Services, 2016) fornece infraestrutura física para execução das ferramentas *ArcGIS*. O ambiente *ArcGIS Online* fornece soluções especializadas que podem ser diretamente adotadas por empresas ou usuários que já possuam fluência no conjunto de ferramentas para geoprocessamento da empresa *ESRI*, porém esta abordagem limita e dificulta o uso compartilhado de ferramentas especializadas externas, utilizadas na área de pesquisa, por exemplo.

Soluções de computação em nuvem privadas

Atualmente, podemos encontrar um grande número de ferramentas, inclusive to tipo *open source*, que permitem a construção de um ambiente de computação em nuvem corporativo. As diferentes camadas da infraestrutura podem ser implementadas utilizando, por exemplo, o conjunto de ferramentas indicado na **Tabela 1** abaixo.

Tabela 1. Camadas de serviços de ambiente de computação em nuvem

DaaS	SaaS	Serviços de dados e de processamento com suporte aos padrões de descrição e intercâmbio de dados geoespaciais (Padrões OGC, GeoJSON, KML, etc).
	PaaS	- Ambientes de workflow científico e dataflow (Kepler, Galaxy, Apache NiFi, etc...); - Ferramentas e linguagens de processamento especializadas (JavaScript, Python, Java, etc. ...); - Plataforma <i>Cloud Foundry</i> (The Cloud Foundry Foundation, 2016); - Plataforma <i>OpenShift</i> (Red Hat, 2016).
	IaaS	<i>OpenStack</i>

A base para construção de um ambiente de computação em nuvem está na capacidade de gerenciamento dinâmico de recursos computacionais. Plataformas para Gerenciamento de Nuvens (*CMP - Computing Management Platforms*) como a ferramenta *OpenStack* possibilitam a gestão de recursos computacionais instalados em um *datacenter*. Nela um administrador define a quantidade máxima e a configuração de recursos a serem utilizados por um usuário final, de acordo com requisitos estabelecidos para prestação do serviço *IaaS*. A ferramenta controla o uso dos recursos pelo usuário de forma que permaneçam dentro dos limites estabelecidos (Rackspace Cloud Computing, 2016) e possibilitem o uso otimizado dos recursos disponíveis.

A camada de *PaaS*, sobre a camada *IaaS*, pode ser implementada de várias formas. Ferra-

mentas como a *Cloud Foundry* e *OpenShift* possibilitam a construção de ambientes virtuais para desenvolvimento de aplicações genéricas com suporte à linguagens de programação *Python*, *PHP*, *Java* e *Ruby*, dentre outras. Esta camada pode também ser implementada a partir do zero através da instalação e configuração de ferramentas que possibilitem a construção de um ambiente virtual para desenvolvimento de aplicações. Ambientes de *workflow* científico e *dataflow*, tais como *Kepler* (Kepler Project, 2016), *Galaxy* (Galaxy Team, 2016) e *Apache Nifi* (Apache NiFi, 2016) podem ser utilizados como *PaaS*, provendo uma visão de alto nível para construção de aplicações para domínios especializados. Um exemplo de infraestrutura que adota esta estratégia esta sendo implementado pelo projeto da Embrapa denominado *GeoCloud* (Cruz, 2015). Este projeto tem como objetivo implantar uma infraestrutura virtual para computação distribuída no domínio geoespacial com foco no processamento de grandes volumes de dados geoespaciais.

4 – Resultados

4.1 – Workflow de zoneamento do cultivo da soja no Mato Grosso

Para avaliar a viabilidade de utilização de um ambiente de computação em nuvem em aplicações práticas foi realizado uma prova de conceito que consistiu no mapeamento para este ambiente das atividades realizadas em um zoneamento de soja na região do Mato Grosso (Kreitlow et al, 2014). Para realização desta tarefa assumimos que todos os dados necessários para o zoneamento estão disponíveis na forma digital com acesso por meio de serviços de dados no padrão OGC (OGC, 2016). As atividades necessárias ao zoneamento foram mapeadas para um ambiente de *dataflow*, disponível na plataforma *GeoCloud*. Este ambiente funciona como uma *PaaS*, fornecendo ferramentas para construção de aplicações geoespaciais utilizando linguagem gráfica baseada em *workflow*. O especialista no domínio define um fluxo de tratamento de dados, por meio da edição de um *workflow*. Esta edição corresponde a seleção e configuração de componentes disponíveis em um catálogo de componentes que implementam funções para acesso e processamento de dados geoespaciais. O *workflow* gerado ao final da edição representa um processo para geração de produtos geoespaciais, que pode ser parametrizado e executado repetidamente.

O *workflow* gerado para reprodução das atividades realizadas durante a produção de um zoneamento de soja da região sudoeste do Mato Grosso está representado na **Figura 1**.

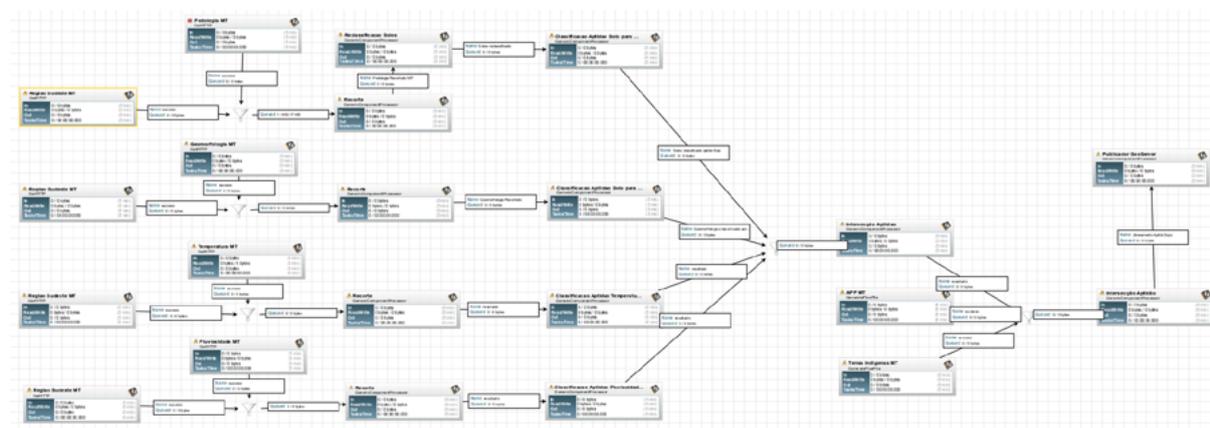


Figura 1. Workflow representando o processo de produção de zoneamento de soja

A **Figura 2** apresenta de forma mais clara partes deste processo. Inicialmente os dados básicos para a realização do zoneamento são obtidos de serviços do tipo OGC utilizando componentes *GetHTTP*. Dado o endereço *URL* dos serviços OGC, estes componentes permitem a consulta e integração dos dados solicitados ao ambiente de *workflow* (**Figura 2a**). Os dados especificados no *workflow* correspondem a máscara da região sudoeste do Mato Grosso e dados sobre pedologia, geomorfologia, temperatura e pluviosidade da região. No passo seguinte o *workflow* indica componentes para recorte dos dados geoespaciais de acordo com a máscara da região de estudo (**Figura 2b**). Os dados de solo recortados são reclassificados e um mapa de aptidão para a cultura da soja pode ser gerado. Mapas de aptidão baseados nos dados de geomorfologia, temperatura, e pluviosidade devem então também serem gerados. Na sequência, os mapas de aptidão são cruzados e, do resultado, são excluídas regiões relativas a APP's (Áreas de Proteção Permanente) e Terras Indígenas. O mapa resultante deve então ser publicado em um servidor de mapas do tipo *GeoServer* (OSGeo, 2016).

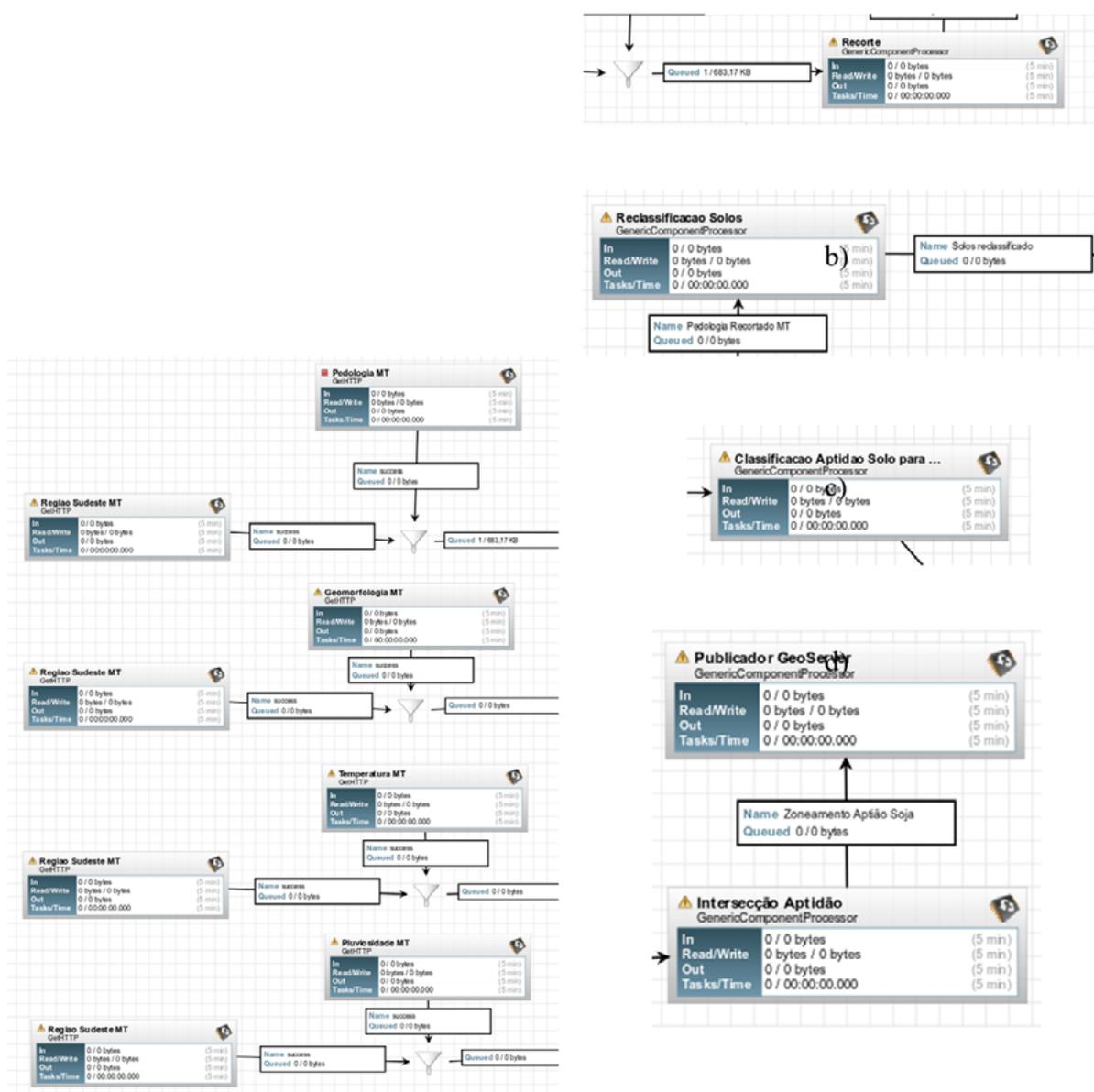


Figura 2. *Workflow* de zoneamento em detalhes a) componentes para entrada de dados; b) recorte; c) reclassificação de solos; d) classificação quanto a aptidão; e) cruzamento e publicação dos resultados.

5 - Conclusões

Existem várias possibilidades para uso e/ou implantação de ambientes de computação em nuvem. Soluções mais gerais e poderosas, porém que exigem maior conhecimento sobre programação, como a representada pelo *Google Earth Engine* até soluções mais específicas representadas pelo acesso à ferramentas para geoprocessamento e análise espacial proprietárias como a solução apresentada pela *ESRI*. Entre estas duas estratégias de acesso a serviços de computação em nuvem, soluções intermediárias podem ser implementadas com base nas diversas ferramentas *open-source* disponíveis. A adoção de *PaaS* baseados em *workflow* científico, como a que esta sendo implementada pelo projeto *GeoCloud*, permite a distribuição adequada do esforço para construção de aplicações geoespaciais entre dois tipos de usuário. O usuário com perfil de desenvolvedor pode implementar componentes de *workflow*, usando linguagens de programação mais adequada. Estes componentes podem ser compartilhados e reutilizados em diferentes *workflows*. Especialistas no domínio geoespacial, tais como, geógrafos, biólogos e ecologistas constroem suas aplicações utilizando uma linguagem de mais alto nível representada pelos *workflows*, a qual facilita a interação do usuário com o ambiente e aumenta sua produtividade. Além desta vantagem, o registro de processos de tratamento de dados na forma de *workflow* facilita a sua reprodução, ajuste e compartilhamento dentro de uma comunidade de especialistas, contribuindo em uma maior possibilidade de validação e crítica destes processos. Além dos aspectos relativos a construção de aplicações geoespaciais, os ambientes de computação em nuvem possibilitam, uma maior capacidade de processamento de dados e possibilidade de compartilhamento de dados entre usuários. Desta forma estes ambientes viabilizam a realização de atividades de forma remota envolvendo grande volume de dados e de esforço computacional por usuários possuindo computadores de baixo custo. No caso das atividades de um zoneamento como o descrito neste artigo, todo o trabalho pode ser realizado sem que nenhum dado geoespacial seja transmitido para o computador do usuário. Também nenhuma ferramenta é exigida do usuário além do navegador Web e de uma conexão de Internet.

6 – Referências

- Amazon Web Services, Inc. Amazon Web Services (AWS) - Cloud Computing Services. Disponível em : <<https://aws.amazon.com>>. Acesso em: jun. 2016
- Antunes, M. A. H.; Siqueira, J. C. S. Características das imagens RapidEye para mapeamento e monitoramento e agrícola e ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR)., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 547-554. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00066-9 (Internet), 978-85-17-00065-2 (DVD).
- Apache NiFi, **Apache Nifi** Disponível em: <<https://nifi.apache.org/>> Acesso em: julho, 2016.
- ArcGIS, **ArcGIS Online**. Disponível em <<http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisonline>>. Acesso em: julho 2016.
- Cruz, S. A. B. **Infraestrutura virtual para processamento e análise integrada de dados geoespaciais** Campinas: Embrapa Informatica, 2015. 27 p. (Embrapa. Macroprograma 5 - Desenvolvimento Institucional, Linha Tematica DataExp - Armazenamento e Processamento de de Dados Experimentais da Embrapa Projeto 05.14.03.003.00.004). Projeto em execução GeoCloud
- Galaxy Team, **The Galaxy Project: Online bioinformatics analysis for everyone** Disponível em: <<https://galaxyproject.org/>>. Acesso em: julho, 2016.
- Google Earth Engine Team, **Google Earth Engine: A planetary-scale geo-spatial analysis platform** Disponível em: <<https://earthengine.google.com/>>, dez. 2015.
- Kepler Project, **The Kepler Project** Disponível em: <<https://kepler-project.org/>>. Acesso em: julho, 2016.
- Kreitlow, J. P.; Neves, S. M. A. da S.; Silva, J. dos S. V. da; Neves, R. J.; Paiva, S. L. P. de. Zoneamento do culti-

vo da soja (*Glycine max* L.) na região Sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso. In: **SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL**, 5., 2014, Campo Grande, MS. Anais... São José dos Campos: INPE, 2014. p. 876-885. 1 CD-ROM. Geopantanal 2014.

Mengatto Júnior, E. A.; Silva, J. dos S. V. da. Imagens de alta resolução (rapideye) para elaboração de mapas para planejamento e gerenciamento: estrada parque do Pantanal, MS. In: **SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL**, 5., 2014, Campo Grande, MS. Anais... São José dos Campos: INPE, 2014. p. 513-522. 1 CD-ROM. Geopantanal 2014.

OGC, **OGC® Standards and Supporting Documents**, Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

Open Source Geospatial Foundation - OSGeo, **GeoServer** Disponível em: <<http://geoserver.org/>> Acesso em 10. maio, 2016.

Rackspace Cloud Computing. **OpenStack Open Source Cloud Computing Software** Disponível em: <<http://www.openstack.org/>> Acesso em: jun 2016.

Red Hat, **The Open Source Container Application Platform** Disponível em: <<https://www.openshift.org>>. Acesso em: jun. 2016.

The Cloud Foundry Foundation, **Cloud Foundry | The Industry Standard For Cloud Applications**. Disponível em: <<https://www.cloudfoundry.org>>, acesso em: jun. 2016.

Yang, C.; Goodchild, M.; Huang, Q.; Nebert, D.; Raskin, R.; Yan Xu, Bambacus, M.; Fay, D. Spatial cloud computing: how can the geospatial sciences use and help shape cloud computing?, **International Journal of Digital Earth**, 2011. 4:4, 305-329, DOI: 10.1080/17538947.2011.587547



Utilização de índices de vegetação NDVI e EVI do sensor MODIS para caracterização espectro-temporal de coberturas vegetais do Pantanal

Lívia Faria Defeo¹
Júlio César Dalla Mora Esquerdo²

¹ Faculdade de Engenharia Agrícola – Feagri/Unicamp
Av. Candido Rondon, 501,
13083-875 – Campinas, SP, Brasil
liviadefeo@gmail.com

² Embrapa Informática Agropecuária
Caixa Postal 6041
13083-000 – Campinas, SP, Brasil
julio.esquerdo@embrapa.br

Resumo. O bioma do Pantanal apresenta grande importância, tanto por sua fauna e flora, quanto por sua economia. No entanto, as atividades humanas, principalmente a agropecuária, têm modificado sua paisagem. Nessa perspectiva, o mapeamento sistemático do Pantanal se torna uma necessidade para o monitoramento do bioma e para a tomada de decisões, em especial por parte dos gestores públicos. O objetivo desse trabalho foi realizar a caracterização espectro-temporal das áreas pertencentes ao Pantanal através das curvas dos índices de vegetação NDVI e EVI. A metodologia utilizada considerou os dados do PROBIO para a localização das classes temáticas estudadas e os dados históricos de índices de vegetação disponíveis no sistema SATVeg entre os anos 2000 e 2016. A partir do banco de dados, calcularam-se os perfis médios para cada classe e para cada índice. Os resultados comprovam a utilização da metodologia como ferramenta de auxílio na caracterização espectral das áreas do bioma, permitindo a discriminação de algumas das classes temáticas a partir das informações históricas dos índices de vegetação.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, séries temporais, uso e cobertura da terra, mapeamento.

Abstract. The Pantanal wetlands biome is of great importance, both for its fauna and flora, and also for its economy. However, human activities, mainly agriculture and livestock, have changed its landscape. In this perspective, land use and land cover mapping of Pantanal becomes necessary for its monitoring and to support Governmental decisions. The aim of this study was to carry out the spectral-temporal characterization of the Pantanal areas using NDVI and EVI temporal profiles. The methodology considered PROBIO data for location of each studied thematic classes and vegetation index historical data available by the SATVeg system between 2000 and 2016. From this database the average temporal profiles for each class and each vegetation index were calculated. Results have demonstrated this methodology as an auxiliary tool for the spectral characterization of the biome areas, leading to the discrimination of some thematic classes using the historical data from the vegetation indexes.

Key-words: remote sensing, time-series, land use and land cover, mapping.

1. Introdução

O Pantanal é considerado uma das maiores planícies inundáveis do planeta. A pecuária extensiva de corte, a pesca e o turismo são as principais atividades econômicas da região, conduzidas em estrita relação com o ambiente natural. Pertencente a Bacia do Alto Paraguai (BAP), sua porção brasileira abrange os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Silva e Abdon, 1998). Possui uma área de 150.355 km² (IBGE, 2004), que corresponde a 1,76% do território brasileiro. Além de apresentar grande importância em termos de fauna e flora, também abriga comunidades indígenas e quilombolas. Apesar de ser o bioma mais conservado do país, com 83% de sua cobertura vegetal nativa (MMA, 2016b), as atividades humanas têm causado impactos em sua paisagem, sobretudo por conta da presença da agropecuária. Nesta perspectiva, o mapeamento e monitoramento sistemático do uso e cobertura da terra em toda a extensão do bioma são fundamentais para que os gestores e formuladores de políticas públicas tenham subsídios para suas decisões.

Dada a grande extensão do bioma, o uso de dados produzidos pelo sensoriamento remoto orbital, em especial as séries temporais de imagens, apresenta-se como uma ferramenta importante para o monitoramento sistemático do uso e cobertura da terra e suas transições ao longo do tempo. Os índices de vegetação são produtos do sensoriamento remoto e foram desenvolvidos para minimizar a influência do solo e de outros alvos no comportamento espectral da vegetação. De acordo com Jackson e Huete (1991), os índices de vegetação têm como objetivo melhorar o sinal da vegetação enquanto diminuem os efeitos do solo e da irradiação solar. Quando observados ao longo do tempo com certa regularidade, a partir de plataformas com elevada resolução temporal, os índices vegetativos são capazes de representar as assinaturas temporais de cada tipo de cobertura vegetal. Tais informações apresentam-se como uma alternativa metodológica de mapeamento, baseada não apenas em uma única data, mas em um conjunto delas, de forma a caracterizar a sazonalidade da vegetação e suas transições (Abade, 2015).

O sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), sob responsabilidade da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), se encontra a bordo dos satélites Terra e Aqua, possui 36 bandas espectrais e resoluções espaciais que variam entre 250, 500 e 1000 metros (MODIS, 2016). Entre os produtos MODIS pré-processados, disponibilizados pelo LP-DAAC (*Land Processes Distributed Active Archive Center*), um centro ligado à NASA, está o MOD13Q1, que conta com dois índices de vegetação, o NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e o EVI (*Enhanced Vegetation Index*).

O NDVI, proposto por Rouse et al. (1973), quantifica a presença de vegetação e a característica da mesma, variando entre -1 e 1. O NDVI é obtido através da diferença normalizada entre as bandas do infravermelho próximo e do vermelho visível. Segundo Huete et al. (1994),

apesar dos métodos de cálculo utilizados para diferentes índices de vegetação apresentarem metodologias corretas, derivam-se deles diferentes resultados para o mesmo alvo. Portanto, o EVI foi desenvolvido para aprimorar a sensibilidade às condições vegetais e descrever melhor os parâmetros estruturais do dossel da vegetação (Van Leeuwen et al. 1999). O EVI é descrito pela equação que relaciona as bandas do infravermelho próximo, vermelho e azul (Justice et al., 1998).

Para o desenvolvimento de sistemas de mapeamento e monitoramento sistemáticos, baseados em dados de séries temporais de índices vegetativos, é necessário conhecimento do comportamento espectro-temporal das principais coberturas vegetais do Pantanal, o que demanda sua caracterização a partir de amostras em locais pré-definidos.

2. Objetivo

O presente artigo tem como objetivo avaliar a utilização dos índices NDVI e EVI, provenientes de séries temporais do produto MODIS, na caracterização espectro-temporal de coberturas vegetais do Pantanal.

3. Material e Métodos

O pantanal brasileiro pertence à BAP, totalizando 38,21% de sua extensão. A porção brasileira do Pantanal localiza-se entre as latitudes 15° 30' e 22° 30' Sul e longitudes 54° 45' e 58° 30' Oeste (Silva e Abdon, 1998), conforme ilustra a **Figura 1**.

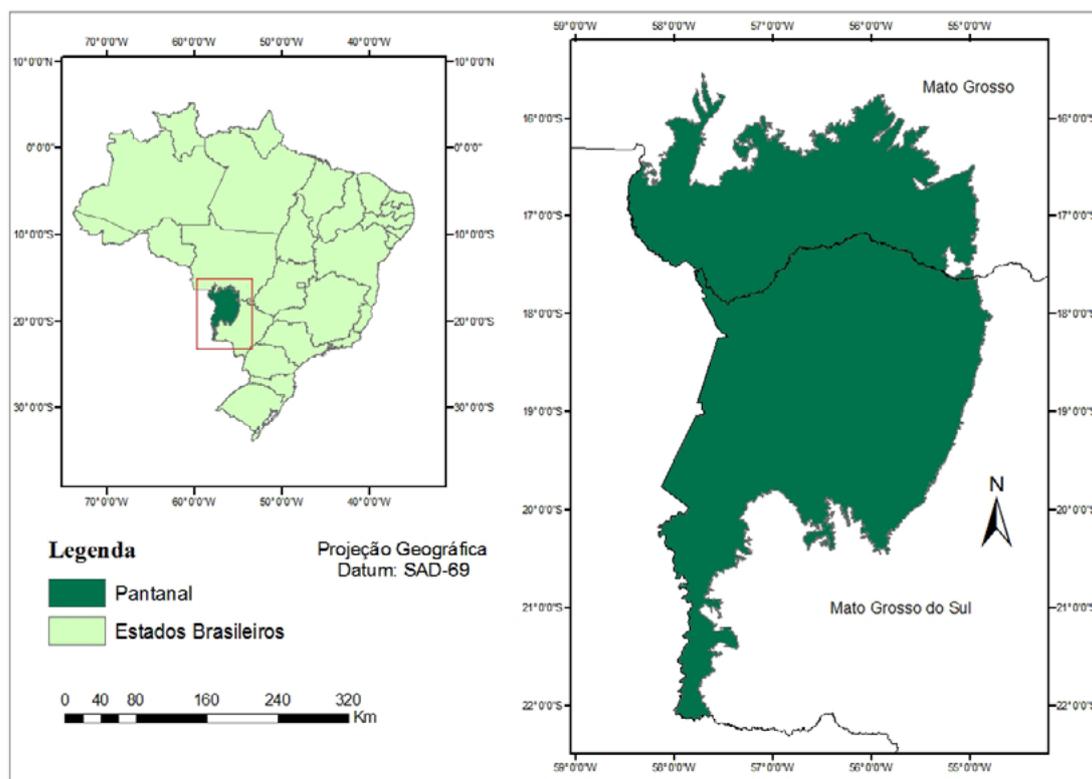


Figura 1. Localização da área de estudo.

Para a identificação das classes de interesse, foram utilizadas informações de cobertura e uso da terra da região estudada a partir dos dados do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO, disponível no site do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2016a). O PROBIO conta com o levantamento e mapeamento dos biomas brasileiros considerando o ano base de 2002. Para o mapeamento do bioma Pantanal, o PROBIO utilizou imagens do satélite Landsat 7, equipado com o sensor ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*). No caso do Pantanal, o PROBIO considerou 56 classes temáticas e o resultado final foram mapas na escala 1:250.000, cobrindo toda a extensão do bioma. Para o presente trabalho, foi selecionado um conjunto de classes temáticas do PROBIO abrangendo cerca de 74% do bioma, as quais foram reagrupadas, formando 11 subconjuntos temáticos de interesse e uma classe com os valores que não foram explorados. A partir dessa base de dados, foi realizada a amostragem dos pontos para extração dos dados de NDVI e EVI. A amostragem utilizada foi aleatória e estratificada, utilizando 500 pontos, a partir das 11 classes de interesse e a proporção de área das mesmas. Após o sorteio, os pontos utilizados na amostragem abrangiam somente 9 das 11 classes consideradas no trabalho. As duas classes não contempladas, consequentemente, foram as classes com menor área em relação à área de estudo. A **Tabela 1** apresenta a distribuição de pontos em cada uma das classes temáticas.

Tabela 1. Quantidade de amostras e proporção da área de cada classe em relação ao bioma.

Classe	Quantidade de amostras	Proporção da área da classe em relação ao bioma (%)
Savana Arborizada	171	25
Savana Parque Gramínea	114	17
Savana Florestada	75	11
Pastagem	75	11
Savana Estépica Parque Gramínea	53	8
Floresta Estacional Decidual	6	0,95
Savana Estépica Arborizada	2	0,35
Vegetação Secundária	2	0,27
Agricultura	2	0,26
Floresta Estacional Semi-Decidual	0	0,06
Savana Estépica Florestada	0	0,002
Total	500	74

Os dados dos índices de vegetação NDVI e EVI das séries temporais MODIS foram obtidos a partir do Sistema de Análise Temporal da Vegetação – SATVeg (SATVEG, 2016), implementado pela Embrapa Informática Agropecuária. O sistema foi desenvolvido para facilitar e agilizar o acesso e visualização de séries temporais de dados de NDVI e EVI do sensor MODIS, a partir de uma plataforma disponível na Internet. Neste estudo, foram obtidos valores de NDVI e EVI filtrados através do método Savitzky-Golay (Savitzky & Golay, 1964). A partir das curvas individuais de cada amostra, foram calculadas as curvas médias de cada classe em diferentes datas para cada índice e, com os resultados obtidos, foram confeccionados os perfis médios.

Para fins de comparação e melhor visualização entre os comportamentos das curvas dos índices vegetativos, os valores obtidos no SATVeg foram padronizados, uma vez que as curvas dos mesmos apresentam diferentes amplitudes. A padronização é dada pela **Equação 1**.

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

Onde:

Z = Valor padronizado

X = Amostra a ser padronizada

μ = Média da população

σ = Desvio padrão da população

4. Resultados e Discussão

A **Figura 2** apresenta os gráficos de comportamento temporal dos índices vegetativos NDVI e EVI para todas as classes temáticas estudadas. Cada curva é composta por 367 valores da série histórica de dados MODIS/Terra, obtidos entre fevereiro de 2000 e fevereiro de 2016. As curvas de ambos os índices apresentam comportamentos cíclicos, resultantes da sazonalidade da biomassa verde da vegetação de cada classe. No entanto, as curvas de ambos os índices possuem amplitudes distintas, uma vez que NDVI variou de 0,3 a 0,9 e o EVI variou de 0,2 a 0,7.

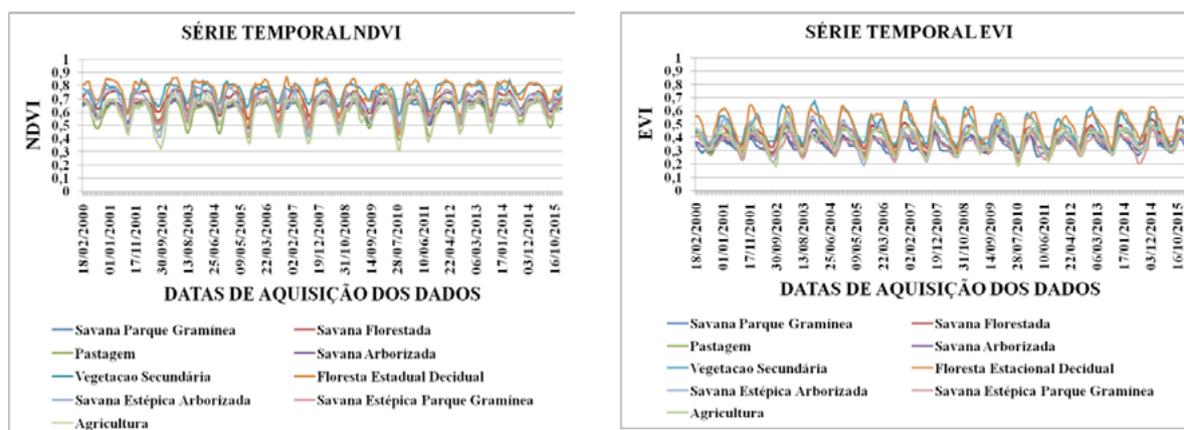


Figura 2. Comportamento temporal dos índices vegetativos NDVI (esq.) e EVI (dir.), entre 2000 e 2016, das classes temáticas estudadas.

Foi possível identificar alguns grupos de maior similaridade. Dessa forma, as classes de interesse foram divididas em dois grupos, sendo o primeiro deles composto por cinco classes de savana e o segundo com as quatro classes restantes (pastagem, vegetação secundária, floresta estadual decidual e agricultura), conforme mostra a **Tabela 2**. Os grupos foram subdivididos de acordo com as classes que apresentaram perfis médios muito semelhantes, não sendo possível uma diferenciação entre elas.

Para fins de avaliação dos resultados, foram confeccionados gráficos das classes presentes nos grupos 1 e 2 considerando o período total da série temporal (2000 a 2016) e um período de três anos (2013 a 2015), conforme ilustram as **Figuras 3 e 4**.

Tabela 2. Agrupamento de classes temáticas com maior similaridade espectro-temporal.

Grupo	Subgrupo	Classe
Grupo 1	A	Savana Estépica Arborizada Savana Florestada
	B	Savana Parque Gramínea Savana Arborizada Savana Estépica Parque Gramínea
Grupo 2	C	Vegetação Secundária Floresta Estadual Decidual
	D	Pastagem Agricultura

Pela **Figura 3**, verifica-se que é possível distinguir, através dos perfis médios, as classes do subgrupo A das classes do subgrupo B, sobretudo entre os meses de novembro e maio. No entanto, não é possível separar as classes pertencentes ao mesmo subgrupo, uma vez que apresentam comportamento temporal muito semelhante.

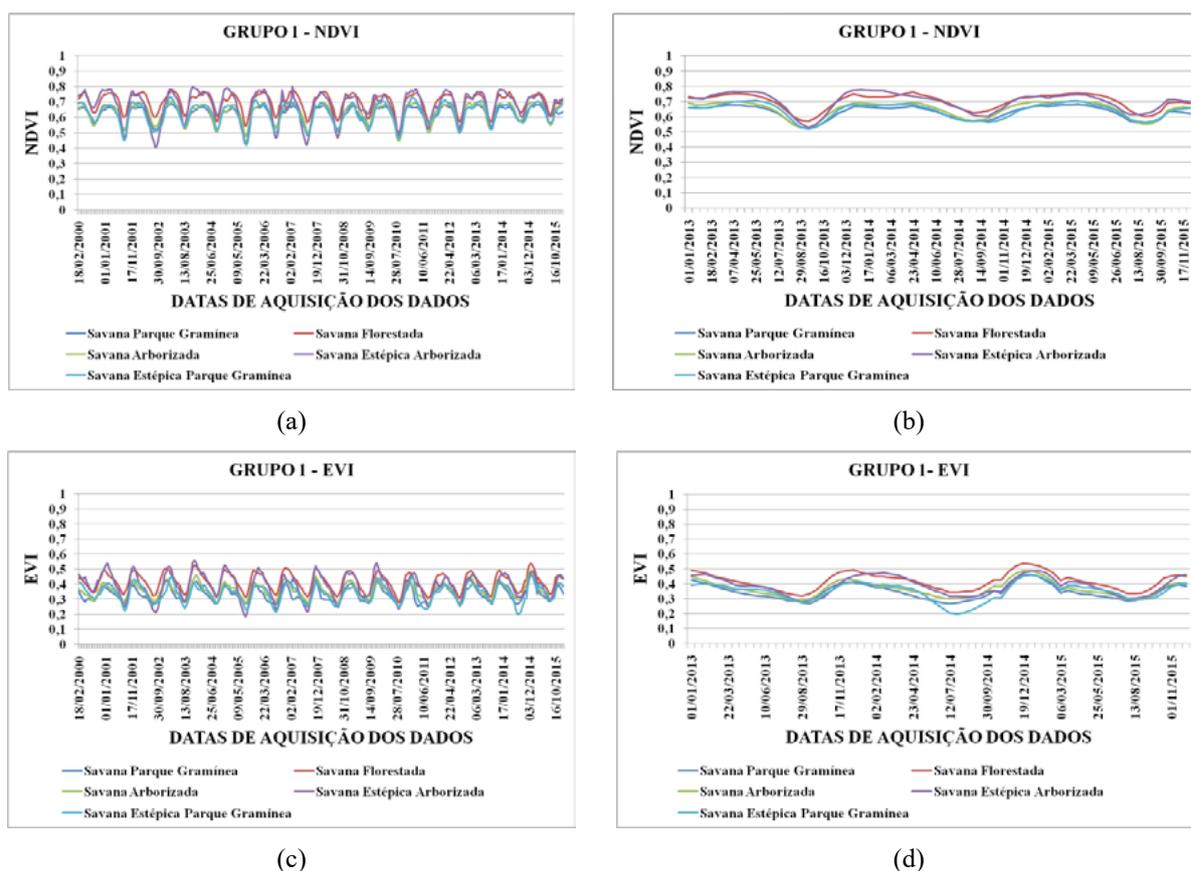


Figura 3. Comportamento temporal do NDVI e EVI para as classes do grupo 1 entre os anos de 2000 e 2016 (a) e (c) e 2013 e 2015 (b) e (d), respectivamente.

Na **Figura 4** também foi notado um comportamento semelhante nos perfis médios de NDVI e EVI do grupo 2, embora tenha sido possível diferenciar visualmente as curvas do subgrupo C em relação às curvas do subgrupo D, ainda que a diferenciação inter-subgrupos não tenha sido

possível. Nota-se que a diferenciação dos dois subgrupos pertencentes ao grupo 2 foi bastante evidente, não apenas durante os últimos três anos, como também ao longo do período completo, principalmente quando se observa o NDVI.

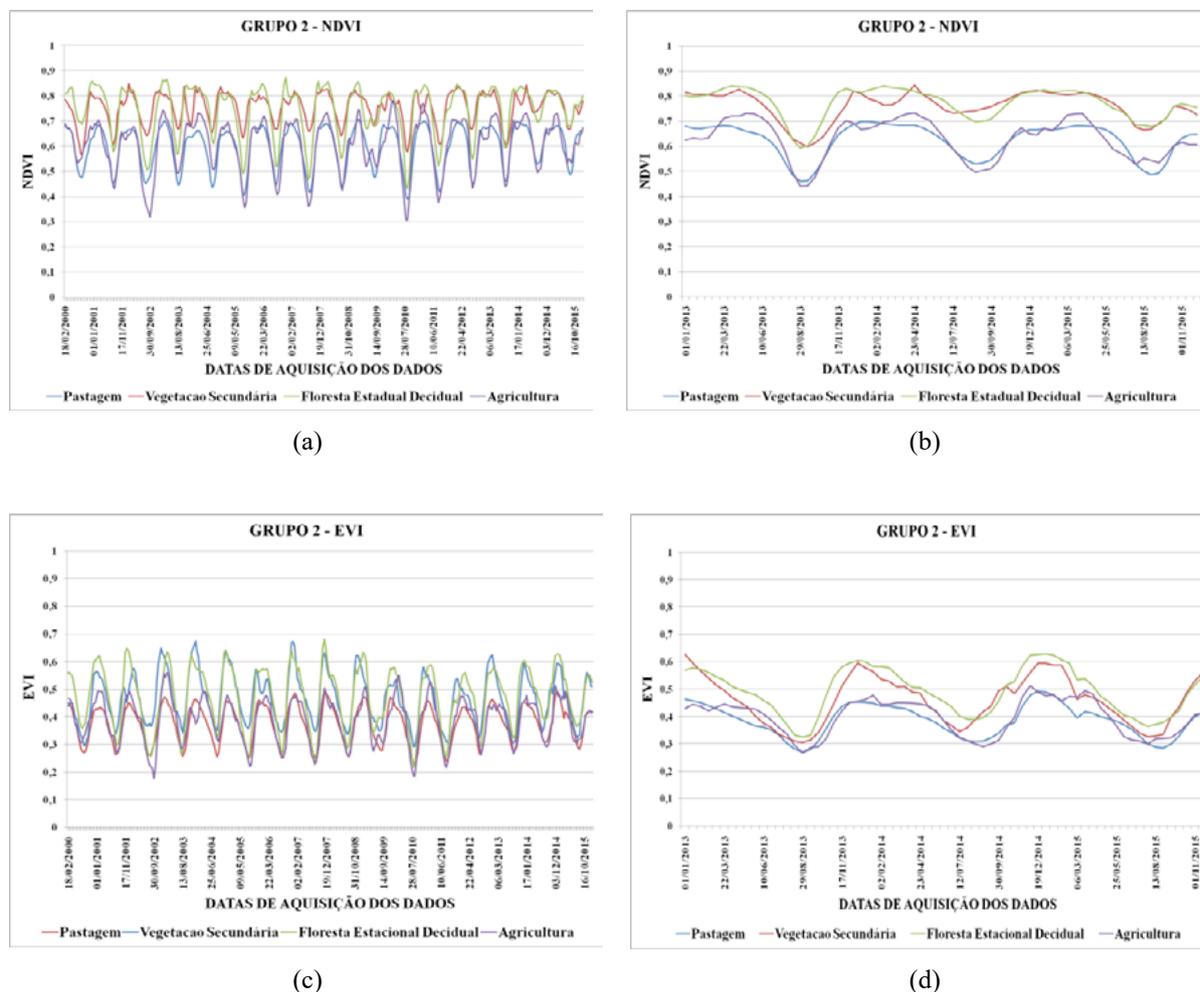


Figura 4. Comportamento temporal do NDVI e EVI para as classes do grupo 2 para os períodos entre 2000 e 2016 (a) e (c) e, 2013 e 2015 (b) e (d), respectivamente.

A **Figura 5** apresenta gráficos comparativos dos índices NDVI e EVI padronizados para cada uma das classes temáticas analisadas. Em geral, as curvas do EVI possuem valores de pico mais altos, enquanto que as curvas do NDVI possuem valores mínimos menores.

A classe de Savana Parque Gramínea foi a que mais apresentou diferenças entre os índices e é possível notar que há um atraso da curva do EVI em relação à curva do NDVI. O mesmo acontece, em menor proporção, com as classes de Savana Florestada, Savana Arborizada e Vegetação Secundária.

As classes de Pastagem, Agricultura, Savana Estépica Parque Gramínea e Savana Estépica Arborizada não apresentaram diferença visual significativa entre as curvas dos índices vegetativos, uma vez que os picos acontecem nas mesmas datas. As curvas desses índices apresentaram comportamento muito semelhante, não sendo possível assim, fazer uma diferenciação dos índices de vegetação através de suas curvas de perfil médio padronizado.



Figura 5. Comparação das curvas de perfil médio padronizado do NDVI e EVI para cada classe de interesse.

5. Conclusões

Este trabalho apresenta uma metodologia para a caracterização espectro-temporal das principais coberturas vegetais do Pantanal. Os resultados mostraram ser possível o uso de séries temporais de dados de NDVI e EVI para diferenciar alguns grupos de classes temáticas presentes no Pantanal, enquanto que outros apresentam alta similaridade e difícil diferenciação a partir deste tipo de dado. Verificou-se também que os índices NDVI e EVI apresentaram diferenças visuais somente em 4 das 9 classes estudadas, sendo que nas demais os índices são praticamente idênticos. As análises apresentadas neste trabalho são preliminares e deverão ser utilizadas para direcionar análises mais robustas, envolvendo a extração de métricas dos perfis e a aplicação de mineração de dados, de forma a automatizar e aperfeiçoar a caracterização espectro-temporal das coberturas vegetais presentes no Pantanal.

6. Referências Bibliográficas

Abade, N. A. **Uso de séries temporais NDVI do MODIS para mapeamento da cobertura vegetal natural e exótica em uma região de transição cerrado-caatinga.** 2015. 71 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília, Brasília. 2015.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Mapa de Biomas e de Vegetação.** 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>> Acesso

em: 27. Abr. 2016.

Huete, A. R.; Justice, C.; Liu, H. Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. **Remote Sensing of Environment**, v. 49, n. 3, p. 224-234, 1994.

Jackson, R. D.; Huete, A. R. Interpreting vegetation indices. **Preventive Veterinary Medicine**, v.11, p. 185-200, 1991

Justice, C.O.; Vermote, E.; Townshend, J.R.G.; Defries, R.; Roy, D.P.; Hall, D.K.; Salomonson, V.V.; Privette, J.L.; Riggs, G.; Strahler, A. The moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 36, n. 4, p. 1228-1249, 1998.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros**. Disponível em <<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.html>>. Acesso em: 02. Abr. 2016a.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). **Pantanal**. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/biomas/pantanal>>. Acesso em 22. abr. 2016b.

MODIS (MODERATE RESOLUTION IMAGING SPECTRORADIOMETER) **Specifications**. Disponível em <<http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>>. Acesso em: 27. Abr. 2016.

Rouse J. W.; Haas, R. H.; Schell J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington, 1973. **Proceedings...** Washington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.

Savitzky, A; Golay, M.J.E. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. **Analytical Chemistry**, v.36, p. 1627-1639, 1964.

Silva, J. S. V.; Abdon, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 33, n. 13, p. 1703-1711, 1998.

SISTEMA DE ANÁLISE TEMPORAL DA VEGETAÇÃO (SATVEG). Disponível em <<http://www.satveg.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 02. Abr. 2016.

Van Leeuwen, W.J.D; Huete, A. R.; Laing, T. W. MODIS vegetation index compositing approach: A prototype with AVHRR data. **Remote Sensing of Environment**, v. 69, n. 3, p. 264-280, 1999.



A vegetação ribeirinha no alto curso do córrego Mineiro, no município de Nova Olímpia – MT

Laurentino Bernardes Vieira

Secretária Estadual de Educação de Mato Grosso - SEDUC/MT
Rua Engenheiro Edgar Prado, 215 –
78049-909 – Cuiabá – MT, Brasil
laurentinobvieira@hotmail.com

Resumo: Este artigo tem como objetivo averiguar a vegetação ribeirinha no alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro, situado no município de Nova Olímpia – MT, sob o enfoque de uso e ocupação do solo na área ripária, bem como a relevância desse tipo de formação vegetal para a qualidade da água produzida na referida bacia, além de fazer uma breve discussão abordando as nomenclaturas dadas às formações ribeirinhas. A metodologia utilizada tem como base teórico-metodológica o respaldo de literaturas que abordam a temática em questão; já a elaboração do mapa de uso do solo da área em foco deu-se a partir da imagem do satélite Landsat 8, registrada dia 03/02/2015. Averiguou-se que a vegetação ribeirinha na área em questão foi suprimida parcialmente, e cedeu lugar às pastagens e açudes artificiais, que são produtos das ações antrópicas que alteraram a paisagem local.

Palavras-chave: bacia hidrográfica, formação ribeirinha, água.

Abstract: This article aims to investigate the riparian vegetation in the upper reaches of the watershed stream Mineiro, located in Nova Olimpia - MT, in the use of focus and occupation in the riparian area as well as the relevance of this type of vegetation formation to the quality of water produced in the basin, besides making a brief discussion addressing nomenclatures given to riparian. The methodology used has the theoretical and methodological basis the support of literatures that address the issue in question; since the establishment of the focus on the area of land use map was given from the satellite Landsat 8, registered on 02.03.2015. It was found that the riparian vegetation in the area in question was removed partially, and gave way to pastures and artificial reservoirs, which are products of human activities that alter the local landscape.

Key-words: watershed, river training, water.

1. Introdução

A vegetação ribeirinha recebe diferentes nomenclaturas e está entre as formações vegetais que sofrem comumente as consequências das ações antrópicas. O fato de estar margeando os corpos hídricos tem levado a sociedade a suprimir parcialmente esse tipo de formação vegetal, muitas vezes, para facilitar o acesso à água e/ou fazer uso do solo. Tal vegetação é de grande importância para a produção de água de boa qualidade na bacia hidrográfica e, além dessa função hidrológica, tem também função ecológica, pois serve como corredor ecológico para a locomoção da fauna local. Outrossim, a vegetação ribeirinha preserva a biodiversidade, e serve como um centro difusor de sementes para as áreas circunvizinhas, as quais muitas vezes são utilizadas para práticas de atividades da agropecuária ou podem até mesmo já estarem degradadas. Nin, Ruppenthal e Rodrigues (2007), ao abordarem a vegetação ribeirinha discorrem sobre a contribuição da floresta para o ambiente aquático, salientando que esta é fundamental por causa da produção primária. Os vegetais são autótrofos, e são essenciais para a base alimentar de outros seres vivos heterótrofos, inclusive à fauna aquática, proporcionando frutos e sementes.

De acordo com Fagundes e Gastal Júnior (2008), o descaso com esse tipo de vegetação pode resultar em graves problemas ambientais, já que as matas funcionam como filtros e protegem os corpos d'água de poluições oriundas das áreas circunvizinhas, e formam barreiras contra o transporte de sedimentos. Essa formação também dá proteção às margens e propicia microambientes que são essenciais à manutenção do ciclo biológico de muitas espécies animais. Van Den Berg (1995) considera que essas formações vegetais são bastante frágeis diante dos impactos oriundos das ações antrópicas, pois além de conviverem com a dinâmica dos processos erosivos, situam-se em fundos de vales, onde os solos húmidos e o acesso a água podem propiciar os desmatamentos desse tipo de formação vegetacional, colocando em risco a diversidade da fauna aquática e terrestre.

Em se tratando de matas ribeirinhas onde haja degradação, Simões (2001) considera que sua recuperação é imprescindível para garantir a quantidade e qualidade da água da bacia hidrográfica, sendo essa recuperação um importante fator ao qual se deve somar outras práticas conservacionistas.

Devido às características climáticas, geomorfológicas, hidrológicas e hidrográficas que se interagem constantemente, as formações ribeirinhas podem apresentar características peculiares com relação a tempo/espaço, formando assim um mosaico vegetacional complexo na paisagem e, por conseguinte, receber diferentes nomes. Ao abordar as diferentes nomenclaturas das formações ribeirinhas, Rodrigues (2009) esclarece que os termos normalmente usados para a denominar essas formações buscam uma associação da fisionomia vegetacional com a paisagem regional, o que resultou no uso de nomes populares, muitas vezes, regionais, que não expressam a condição ecológica dominante. Dessa forma, as denominações dadas às formações ribeirinhas podem variar em função da fisionomia da vegetação ou até mesmo da região, podendo surgir termos populares, o que resultou em múltiplas nomenclaturas.

Em se tratando do uso do solo em áreas de vegetação ribeirinha no alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro, essa vegetação foi parcialmente suprimida e cedeu lugar às pastagens para as criações de rebanhos bovinos e equinos.

A bacia hidrográfica do córrego Mineiro localiza-se no município de Nova Olímpia, que por sua vez situa-se na região sudoeste do estado de Mato Grosso, conforme se pode averiguar na **Figura 1**, mais precisamente na Mesorregião Sudoeste Mato-grossense.

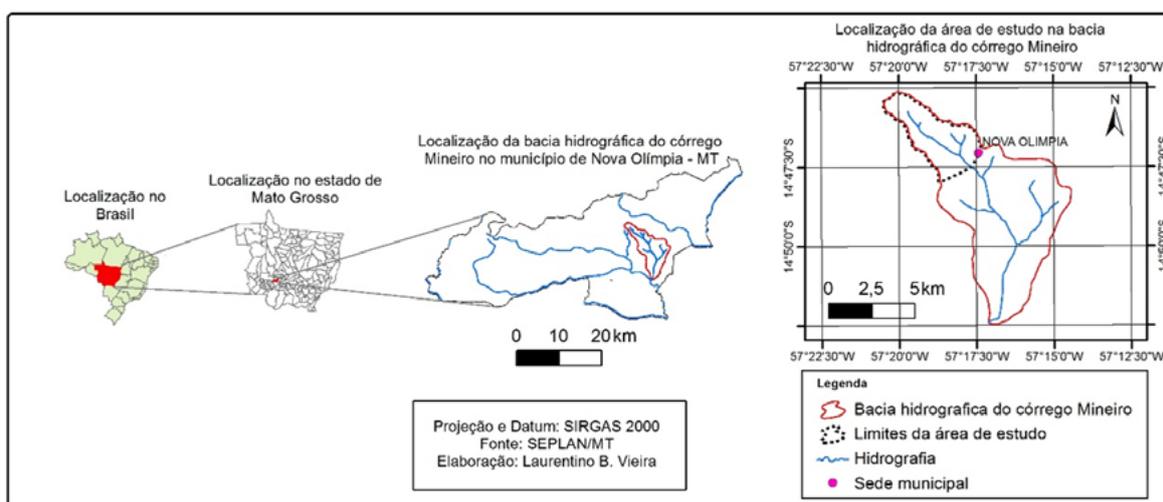


Figura 1. Mapa de localização do alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro.

A bacia hidrográfica do córrego Mineiro, conforme Maitelli (2005), faz parte Bacia Platina, mais precisamente da Sub-bacia do Alto Paraguai, na área drenada pelos rios Sepotuba e Paraguai, onde se localizam os municípios de Nova Olímpia, Tangará da Serra, Barra do Bugres e Porto Estrela. Conforme Tucci e Mendes (2006), geralmente os rios possuem três trechos: trecho superior, trecho médio, e trecho inferior, onde predomina fraca declividade e o rio tende a meandar. A área de estudos, com 13,41 km², está localizada no alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro, cuja área total é de 58,06 km² e altitudes entre 160 e 240 metros, sendo que o percurso todo do córrego é de 15,68 quilômetros de extensão, percorrendo somente terras nova-olimpienses.

2. Objetivo

Analisar a vegetação ribeirinha no alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro, sob a perspectiva de uso e ocupação do solo na área ripária, por meio de uso de geotecnologia e trabalho de campo, bem como a relevância desse tipo de formação vegetacional para a qualidade da água produzida na bacia em foco, além de uma breve discussão sobre as nomenclaturas dadas às formações ribeirinhas.

3. Material e métodos

Utilizou-se neste artigo leituras bibliográficas de autores e obras que permeiam assuntos inerentes à temática das formações ribeirinhas, cuja finalidade é compreender o porquê de várias nomenclaturas e a importância desse tipo de vegetação para proteção dos corpos hídricos. Para o desenvolvimento desta pesquisa foram utilizados também o Sistema de Informação Geográfica – SIG – ArcGis 10 e o Sensoriamento Remoto para obtenção, análise, interpretação, distribuição e uso da informação espacial. Essas ferramentas, também denominadas geotecnologia,

são fundamentais para analisar o uso do solo em áreas ripárias, bem como para implementação de planejamentos que visem preservar o meio ambiente, tanto no Pantanal Mato-Grossense como em áreas que estão dentro dos limites da bacia Platina, na qual o Pantanal está situado.

Foi elaborado um mapa das Áreas de Preservação Permanente – APPs – do alto curso do córrego Mineiro, a partir da imagem do satélite Landsat – 8, cuja data de registro é 03/02/2015, e baixada gratuitamente no site *United States Geological Survey* (USGS), cuja órbita é 227 e ponto 070. Sua elaboração foi no software ArcGIS 10, por meio da caixa de ferramentas Arc-Toolbox, na sequência Analysis Tools, Proximity e Buffer, delimitando 30 metros de distância para os cursos d'água e 50 metros para as nascentes, de acordo com a Lei 12.651/2012. Para delimitação da bacia em foco, utilizou-se uma imagem SRTM, disponibilizada gratuitamente pela EMBRAPA, por meio da qual foi gerado um mapa MDE (Modelo Digital de Elevação) e, posteriormente, delimitou-se a referida bacia hidrográfica.

4. Resultados e discussões

4.1 Nomenclaturas das formações ribeirinhas

De acordo com Rodrigues (2009) a vegetação que margeia os corpos d'água costumam receber denominações diferentes e explica que a designação floresta ou mata de galeria deveria ser usada para formações florestais ribeirinhas, onde a vegetação de interflúvio não é formada por floresta contínua, mas sim, que o interflúvio seja coberto por cerrado, caatinga, campos, etc.; já o termo floresta ou mata ciliar tem uso diverso, sendo generalizado na legislação brasileira para definir qualquer tipo de vegetação florestal que margeie os cursos d'água, englobando, dessa forma mata de galeria, mata ciliar, florestas paludosas e vegetação ripária, entre outras. Mas o referido autor indica que o termo floresta ou mata ciliar foi utilizado primeiramente para definir as estreitas faixas de vegetação que ocorrem nos diques marginais dos rios, geralmente mais estreitas que as florestas de galerias, e que não formam corredores fechados (galerias); já os termos florestas ou matas ripárias comumente são mais usados para as formações ocorrentes ao longo dos cursos d'água onde a vegetação do interflúvio também é florestal, como por exemplo, floresta atlântica, floresta amazônica, floresta estacional, entre outras.

4.2 Conflitos de uso do solo em Áreas de Preservação Permanente – APPs – no alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro

A formação ribeirinha do alto curso do córrego Mineiro, sob a perspectiva descrita por Rodrigues (2009), enquadra-se como floresta ou mata ripária, já que a vegetação das vertentes de toda a bacia hidrográfica era formada, outrora, por Floresta Estacional (SEPLAN/MT).

Por meio da imagem de satélite, ilustrada na **Figura 2**, é possível ter uma visão holística do uso do solo no alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro, onde as ações antrópicas ficam patentes, sobretudo, tratando-se da supressão da vegetação.

Os limites da área ripária não são facilmente identificados. Todavia, parece ser indubitável para a comunidade científica que aborda esta temática, que sua preservação é de capital importância para o suprimento de água de boa qualidade, além de outros motivos, tais como geomorfológico e ecológico. Motivos pelos quais a vegetação que margeia os corpos hídricos como olhos d'água, nascentes, córregos, rios, açudes, represas, lagos e lagoas naturais ou artificiais, é tratada legalmente por lei como Área de Preservação Permanente - APP, e não deve (ou pelo menos não deveria) ser suprimida, salvo casos especiais determinados por lei. A Lei que disciplinou as APPs no Brasil até 2012 ficou conhecida como Código Florestal, Lei nº 4.771/65. Porém, em 2012 entrou em vigor a Lei 12.651/12, conhecida como novo Código Florestal, a qual

revogou a Lei 4.771/65 e estabeleceu novas normas. Para compreender como essa Lei Federal normatiza as APPs, dentre outras providências por ela dada, faz-se necessário a compreensão de dois conceitos elucidados em seu conteúdo:

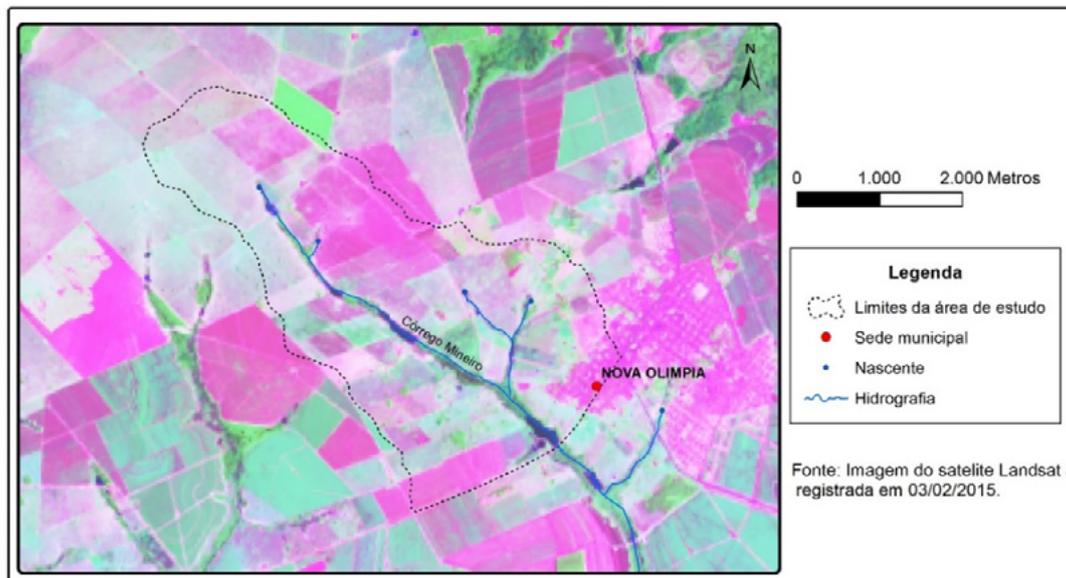


Figura 2. Imagem do satélite Landsat 8, registrada em 03/02/2016, com a delimitação do alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro.

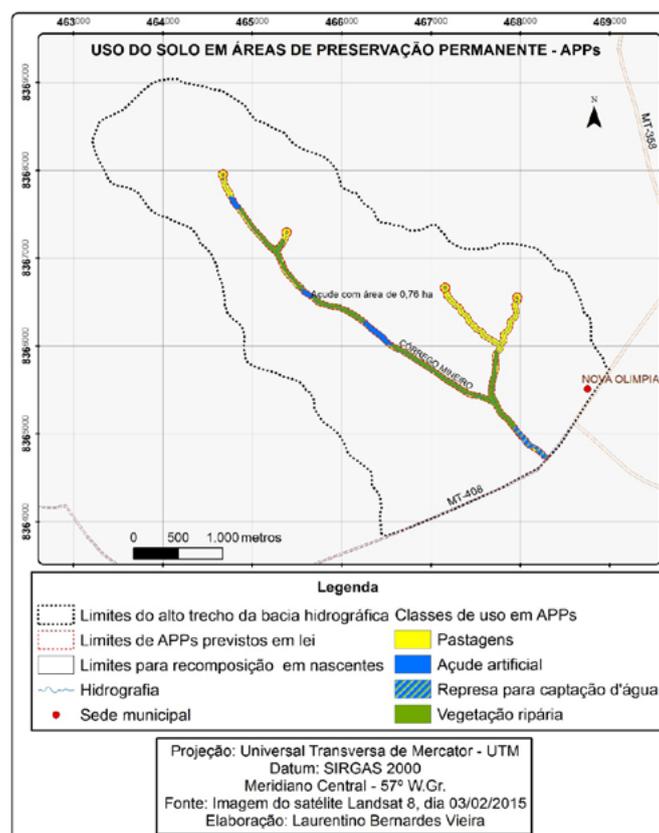


Figura 3. Mapa de uso do solo em APPs no entorno de corpos hídricos no alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro.

Art. 3º Para os efeitos desta Lei, entende-se por:

[...]

II – Área de Preservação Permanente – APP: *área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;*

[...]

IV – Área rural consolidada: *área de imóvel rural com ocupação antrópica preexistente a 22 de junho de 2008, com edificações, benfeitorias ou atividades agrosilvipastoris, admitida, neste último caso, a adoção do regime de pousio.*

As APPs, segundo a referida Lei, têm como função ambiental preservar os recursos hídricos, a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora (corredor ecológico), dar proteção ao solo, dar estabilidade geológica e, por fim, assegurar o bem-estar das populações.

Mesmo sendo normatizada por lei, como APPs, as áreas de vegetação ripária têm sido alvo das inserções humanas. E no alto curso do córrego Mineiro, as ações antrópicas suprimiriam parte dessa vegetação, conforme se pode observar na **Figura 3**.

Observa-se que há conflito no uso do solo em APPs que margeiam os canais fluviais que drenam o alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro. Os limites das APPs perfazem um total de 48,09 hectares no alto trecho da bacia em foco. Todavia, o uso do solo em fevereiro de 2015 estava sendo feito como representado quantitativamente na **Tabela 1**.

Tabela 1. Classes de uso do solo em APPs no alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro, em fevereiro de 2015.

Classes de uso em APP	%
Vegetação ripária	46,82
Pastagens	38,93
Represa para captação d'água	5,83
Açudes artificiais	8,42
ÁREA TOTAL	100

Fonte: Mapa de uso do solo elaborado a partir de interpretação de imagem de satélite e trabalho de campo (Elaborada por Laurentino Bernardes Vieira, junho de 2015).

Denota-se que a vegetação ripária ocupa um percentual de 46,82% da área que deveria efetivamente cobrir, sendo que no restante da área de APP o solo está sendo ocupado com pastagens e açudes artificiais, para prover água para dessedentação de animais, sobretudo, bovinos, e para o abastecimento público da cidade de Nova Olímpia.

Convém esclarecer que ao redor dos reservatórios artificiais a legislação federal não estabelece um limite mínimo de preservação, e deixa à mercê dos órgãos ambientais que devem determiná-la por ocasião da licença ambiental. Outrossim, são as acumulações naturais ou artificiais com superfície inferior a 1 (um) hectare, as quais ficam dispensadas da faixa de proteção, sendo que a Lei apenas proíbe novas supressões, salvo autorização de órgão ambiental competente.

Com a referida Lei que entrou em vigor em 28 de maio de 2012 (Lei nº 12.651), cuidando o legislador ordinário de definir, na própria lei em sentido estrito, as faixas de APP em reservatórios artificiais:

“Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais e urbanas, para os efeitos desta lei: [...]

III – as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do em-

preendimento; (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012. [...])

§4º Nas acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1 (um) hectare, fica dispensada a reserva de faixa de proteção prevista nos incisos II e III do caput, vedada nova supressão de áreas de vegetação nativa, salvo autorização do órgão ambiental competente do Sistema Nacional do Meio Ambiente – Sisnama. (Redação dada pela Lei nº 12.727 de 2012).

Assim sendo, os açudes e a represa para captação d'água para o abastecimento público da cidade de Nova Olímpia não têm uma faixa demarcada, conforme se pode observar na **Figura 3**. Observa-se ainda que um dos açudes possui uma área superficial de 0,76 hectares e, de acordo com a legislação federal, não carece de uma faixa de proteção. Mas analisando sob o ponto de vista científico, cabe indagar: reservatórios de água naturais ou artificiais com menos de 1 (um) h não sofrem impactos ambientais, como assoreamentos e contaminação, entre outros?

Lima e Zakia (2009), ao analisarem a função da vegetação ripária para garantir a qualidade da água, retendo os nutrientes do escoamento subsuperficial, explicam que ainda não existe nenhum método definitivo para o estabelecimento da largura mínima da faixa ripária que possibilite uma proteção satisfatória para o curso d'água. Todavia os referidos autores citando Clinnick (1985) apontam que esse autor, após exaustiva revisão sobre o uso e eficácia em larguras diferentes de faixas de vegetação ripária, concluiu que a largura mais recomendada para tal função é de 30 metros.

A inexistência da vegetação ripária em alguns lugares do alto curso do córrego Mineiro, como no entorno das nascentes e açudes, da área abrangida por este estudo acarreta vários problemas, muitos dos quais podem ser observados *in loco* de forma empírica, tais como erosão fluvial e contaminação com dejetos animais. Os reservatórios artificiais estão praticamente desprovidos da faixa de vegetação que deveria protegê-los. Alocados no próprio leito fluvial, os açudes servem de bebedouros aos animais criados pelos pecuaristas da região. A livre circulação do gado sobre os canais fluviais, nascentes e açudes provoca desbarrancamento de suas margens, conforme se pode observar na **Figura 4**, contribuindo para os processos de assoreamento, além de deixar o material do fundo em suspensão.



Figura 4. Açude artificial, próximo à nascente (A); Canal fluvial onde a vegetação ciliar foi suprimida (B); Açude artificial desprovido de vegetação ciliar e com processos erosivos explícitos nas margens (C).

Ao abordar os processos erosivos, Guerra e Mendonça (2012) consideram que esses podem acarretar danos ao meio ambiente, tanto no local em que ocorrem, como perda de fertilidade dos solos, ou em áreas afastadas, como por exemplo, assoreamento de rios, lagos e reservatórios, podendo, inclusive, haver contaminação dos corpos hídricos. Dessa maneira a supressão da vegetação ripária e o conseqüente pisoteio do gado no alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro, contribuem para ocorrências dos problemas citados.

Conforme a definição dada pela *Lei 12.651/12*, toda a região abarcada por este estudo, alto

trecho da bacia do córrego Mineiro, faz parte de uma área consolidada e, as nascentes dos canais fluviais também tiveram modificações no que tange a recomposição da vegetação que visa protegê-las.

Art. 61-A Nas Áreas de Preservação Permanente, é autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrosilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de junho de 2008. [...].

§ 5º Nos casos de áreas rurais consolidadas em Áreas de Preservação Permanente no entorno de nascentes e olhos d'água perenes, será admitida a manutenção de atividades agrosilvipastoris, de ecoturismo ou de turismo rural, sendo obrigatória a recomposição do raio mínimo de 15 (quinze) metros.

O alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro é classificado, conforme a já citada Lei, como área consolidada, por isso a faixa de proteção no entorno das nascentes deverá ter uma recomposição vegetal de no mínimo 15 (quinze) metros. Todavia, o que se observa é que as nascentes estão desnudas, pois a vegetação natural foi totalmente suprimida.

4.3 Relevâncias das zonas ripárias

As florestas ou matas ripárias que margeiam os cursos d'água ocupam uma área denominada "zona ripária", a qual segundo Attanasio (2014), está localizada entre o nível mais baixo da água e o mais alto, e até mesmo nos terrenos mais elevados das margens onde a vegetação ainda sofre a influência da água do lençol freático ou das enchentes. A vegetação ripária desempenha um papel importante no controle e retenção dos sedimentos que são transportados pelas águas pluviais em direção aos ambientes lóticos e lênticos.

Lima e Zakia (2009) explicam que a zona ripária está genuinamente vinculada ao curso d'água e que seus limites são difíceis de serem demarcados. Teoricamente os limites laterais da zona ripária se estendem até o alcance da planície de inundação. Todavia há uma variação temporal nesses limites, que vão desde de intervalos de recorrência curtos das cheias anuais, até fenômenos de cheias pronunciadas decenais ou seculares. De acordo com esses autores, o limite a montante, por exemplo, seria a nascente, mas durante parte do ano a zona saturada da bacia se expande consideravelmente, o que implica na necessidade de se considerar também as áreas côncavas das cabeceiras como parte integrante da zona ripária.

Em se tratando do manejo da zona ripária, as características hidrológicas são as mais importantes. Para Attanasio (2014), as zonas ripárias funcionam como filtro, retendo poluentes presentes no escoamento superficial. Isso ocorre devido a capacidade de filtragem e infiltração nessas áreas. No entanto, a filtragem e a infiltração dependem de outros fatores, tais como: uso e ocupação do solo nos interflúvios, permeabilidade do solo e declividade do terreno. Para a remoção de nutrientes, como o nitrato, por exemplo, é imprescindível que a água se movimente superficialmente ou como escoamento subsuperficial, passando pelas zonas biologicamente ativas do solo; já para a remoção de sedimentos é necessário que o escoamento superficial não sobrecarregue a capacidade do sistema de filtro da zona ripária. Variações climáticas ou o crescimento da floresta podem alterar o grau de saturação e a proximidade do lençol freático da superfície do solo, podendo provocar alterações nesses processos de remoções nas zonas ripárias.

Attanasio (2014) analisando dados experimentais de Naiman et al (1987) explica que as áreas ripárias removem de 80 a 90% dos sedimentos oriundos de áreas agrícolas. Além da filtragem de sedimentos, a zona ripária exerce também uma filtragem biológica através da captação de nutrientes pela floresta e/ou pela biota microbiana. Motivo pelo qual as florestas ribeirinhas com influência fluvial são de capital importância.

Assim, a preservação da qualidade ambiental das zonas ripárias torna-se de fundamental importância para a manutenção da disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos em pequenas bacias hidrográficas.

5. Conclusões e sugestões

As formações ribeirinhas são de capital importância para produção de água de boa qualidade, pois protegem os corpos hídricos, servindo de barreiras contra sedimentos oriundo de processos erosivos que ocorrem nas vertentes e, ademais disso, podem absorver parte de alguns elementos químicos por meio de seu sistema radicular. Essas formações também servem como fulcros para a manutenção da biodiversidade, já que funcionam como corredores ecológicos para a locomoção da fauna, e ainda são dispersoras de sementes, contribuindo para a regeneração de áreas degradadas nos seus entornos.

As diferentes nomenclaturas das formações ribeirinhas podem ser explicadas pela necessidade de se estabelecer denominações que representem suas características vegetacionais, sendo que muitas vezes podem ganhar uma conotação regional.

No alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro, esse tipo de vegetação, classificada com base em literaturas abordadas, como vegetação ripária, está sendo suprimida para ceder espaço às pastagens e açudes artificiais. Conforme visto, menos da metade da área (46,82%) das APPs dessa região estão sendo ocupadas efetivamente pela vegetação ripária. As pastagens já ocupam mais de 38%, e os açudes artificiais que servem para captar água para o abastecimento público da cidade de Nova Olímpia e como bebedouros dos rebanhos criados pelos pecuaristas, somam juntos mais de 14% da área definida como APP e que outrora fora coberta pela vegetação ripária.

Sabe-se que tal vegetação protege os corpos hídricos, em grande parte, de sedimentos e elementos químicos carreados pelas águas superficiais e subsuperficiais. Clinnic (1985) apud Lima e Zakia (2009), após realizar exaustivos estudos com vários critérios, concluiu que a largura mais recomendada é de 30 (trinta) metros em cada margem.

As Áreas de Preservação Permanente no entorno dos corpos hídricos apresentam certo grau de degradação, e com o intuito de minimizar tais impactos são necessárias algumas medidas de manejo, tais como:

- Cercar as APPs para regeneração da vegetação e, dentro do possível, implementar projetos de recomposição com espécies nativas da região, sobretudo no entorno dos açudes e das nascentes;

- As áreas com matas ripárias remanescentes devem ser mantidas e o acesso dos rebanhos bovinos deve ser restrito, destinando algumas áreas onde possam chegar para dessedentação, evitando-se assim que todo o canal fluvial seja pisoteado pelos animais e conseqüentemente suas margens sofram desbarrancamentos e erosão;

- Manter projetos de estudo na região monitorando, via sensoriamento remoto e SIGs, os problemas ambientais de desmatamento, erosão dos solos e assoreamentos dos corpos hídricos.

Essas são medidas simples e plausíveis e que podem contribuir para a melhoria da qualidade ambiental no alto trecho da bacia hidrográfica do córrego Mineiro.

6. Referencias

Attanasio, C. M. **Planos de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade.** 2004. 193 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

Brasil. **Lei 12.651 de 28 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; Altera as Leis nº 6.938,

de 31 de agosto de 1981, nº 9.393, de 19 de dezembro de 1996 e nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006; Revoga as Leis nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, nº 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF.

Fagundes, N. A.; Gastal Júnior, C. V. de S. Diagnóstico ambiental e delimitação de Áreas de Preservação Permanente em um assentamento rural. *Acta Sci. Biol. Sci.* Maringá, v. 30, n. 1, p. 29-38, 2008.

Guerra, A. J. T; Mendonça, J. K. S. 2012. Erosão dos Solos e a Questão Ambiental. In: Vitte, A. C; Guerra, A. J. T. (Org.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 6ª Ed., Ed. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, RJ. p. 225-256.

Lima, W. de P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: Copyright, 2008. 253 p.

Lima, W. de P; Zakia, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: Rodrigues, R. R; Leitão Filho, H. de F. **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. 2. ed. 2. Reimp. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Fapesp, 2009. cap. 3, p.33-43.

Maitelli, G. T. Hidrografia. In: Moreno, G; Higa, T. C. S. (Org.). **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. Cuiabá: Ed. Entrelinhas, 2005. p. 272- 287.

Nin, C. S.; Ruppenthal, E. L.; Rodrigues, G. G. Vegetação Ripária e suas Funções Ecológicas Referentes à Produção de Folhiço em Cursos de Água, São Francisco de Paula, RS. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, jul. 2007. p. 861-863.

Rodrigues, R. R. Florestas Ciliares? Uma Discussão Nomenclatural Das Formações Ciliares. In: **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. 2. ed. 2. Reimp. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, Fapesp, 2009. cap. 6, p. 91-99.

Secretária De Planejamento Do Estado De Mato Grosso – SEPLAN/MT. Disponível em:

<<http://www.seplan.mt.gov.br/-/mato-grosso-avanca-com-novo-mapa-de-vegetacao-preterita>>. Acesso em: 30 mai. 2015.

Simões, L. B. **Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias**. 2001. 171 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2001.

Tucci, c.E.M; mendes, C.A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Brasília: MMA, 2006. 302 p.

USGS. **United States Geological Survey (USGS)**. Disponível em <<http://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em jan de 2015.

Van den Berg, E. **Estudo florístico e fitossociológico de uma floresta ripária em Itutinga - MG, e análise das correlações entre variáveis ambientais e a distribuição das espécies de porte arbóreo-arbustivo**. 1995, 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.



Análise da fragmentação e estrutura populacional de *Dipteryx alata* em dois assentamentos rurais no município de Cáceres no Mato Grosso, por meio das geotecnologias

Jakeline Santos Cochev¹
Sandra Mara Alves da Silva Neves²
Mauricio Ferreira Mendes²
Ana Aparecida Bandini Rossi¹
Sophia Leitão Pastorello de Paiva³

¹Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia da Amazônia Legal-Rede BIONORTE. Laboratório de Genética Vegetal e Biologia Molecular.
Av. Flamboyant, s/n – Bairro Flamboyant
78.580-000 – Alta Floresta - MT, Brasil
{jackcochev, anabanrossi}@gmail.com

² Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT. Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola. Laboratório de Geotecnologias.
Av. Santos Dummont, s/n – Bloco 1, Sala 9 – Bairro Santos Dummont
72.500-000 - Cáceres - MT, Brasil
ssneves@unemat.br, mauricio.f3@hotmail.com

³ Universidade Federal de Mato Grosso/UFMT. Departamento de Biociências. Curso de Ciências Biológicas.
Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367, Boa Esperança
78.060-900 - Cuiabá - MT, Brasil
sophiapastorello@gmail.com

Resumo. O efeito da fragmentação tem causado perda de biodiversidade da fauna, flora e interferência na estrutura populacional vegetal, desenvolvendo novos padrões de distribuição de espécimes nos diferentes ecossistemas brasileiros. Este trabalho objetivou-se o avaliar efeito da fragmentação e a estrutura de indivíduos de *Dipteryx alata* (cumbaru) em dois assentamentos rurais no município de Cáceres no Mato Grosso. Realizou-se estudo em 12 parcelas de 20m x 50m, sendo subdivida em 10 subparcelas de 10m x 10m com ocorrência de *D. alata*. Nas parcelas mensurou-se altura ≥ 3 m do solo e circunferência altura do peito ≥ 15 cm. A estrutura horizontal foi caracterizada pelos seguintes parâmetros: NI (número de indivíduos), D (densidade) e Distribuição Diamétrica. A densidade absoluta foi calculada a partir do número total de indivíduos de uma mesma espécie em uma área dividido pelo volume total amostrado. A distribuição diamétrica no ambiente foi calculada utilizando a equação: $N_{classes} = 1 + 3,33 \log N$, sendo que o intervalo entre as classes foi ajustado segundo o número de classes e iniciado pelo diâmetro mínimo de inclusão. Após o trabalho de campo, os dados georeferenciados foram plotados em imagem SPOT/2007, com resolução espacial de 5m e gerado um *buffer* de 50m no entorno da área de coleta para mapeamento e quantificação das classes temáticas: agropecuária, solo exposto e vegetação em SIG ArcGis. A relação DAP x altura apresentaram-se semelhantes para todos os espécimes amostrados. O mapeamento realizado mostrou que todas as áreas onde ocorre a espécie apresenta alta antropização. Há necessidade de recuperação das áreas antropizadas para conservação da espécie.

Palavras-chave: Cumbaru, cerrado, sensoriamento remoto.

Abstract. The effect of fragmentation has caused loss of biodiversity of fauna and flora and interference in plant population structure, developing new distribution patterns of species in many different Brazilian ecosystems. This work aimed to evaluate the effect of fragmentation and the structure of *Dipteryx alata* individuals (cumbaru) in two farm settlements in the city of Cáceres/MT. The study was performed in 12 plots of 20m x 50m and is subdivided into 10 sub-plots of 10m x 10m with the occurrence of *D. alata*. In the plots measured up height ≥ 3 m soil and circumference at breast height - CAP ≥ 15 cm. The horizontal structure was characterized by the following parameters: NI (number of individuals), D (density) and distribution diameter. The absolute density was calculated from the total number of individuals of a species in an area divided by the total volume sampled. The diameter distribution (DAP) in the environment was calculated using the equation: $n \text{ classes} = 1 + 3,33 \log N$, and the interval between class was adjusted according to the number of classes started and the minimum inclusion diameter. After the field work, the georeferenced data were plotted on orbital image SPOT/2007, with a spatial resolution of 5m and generate a 50m buffer surrounding the collection area for mapping and quantification of thematic classes of the area: agriculture, bare soil and vegetation in GIS ArcGIS 10.4. The DAP x height ratio were similar for all sampled specimens. The mapping done showed that all areas where the species occurs is highly anthropic. There is need for restoration of disturbed areas for conservation of the species.

Keywords: Cumbaru, cerrado, remote sensing.

1. Introdução

Nos últimos anos, pesquisas e análises sobre o efeito da fragmentação em áreas vegetadas vêm se tornando cada vez mais frequentes e isso se deve ao crescente desenvolvimento econômico. O efeito da fragmentação tem causado perda de biodiversidade da fauna e da flora e interferência na estrutura populacional vegetal, desenvolvendo novos padrões de distribuição de espécimes nos mais diferentes ecossistemas brasileiros (Carvalho, 2009).

Áreas de conservação são territórios importantes para manter o fluxo gênico entre espécies de animais e plantas, para manutenção da biodiversidade em cada ecossistema. Nesse aspecto, a fragmentação sendo um rompimento de habitats contínuo, pode ser um problema para conservação de espécies que são muito utilizadas economicamente pela população. De acordo com Kageyama (1998) a fragmentação provoca redução do número de indivíduos em uma população e pouca troca gênica causando problemas como: perda da variabilidade genética, endogamia, deriva genética, estrutura da planta, entre outros. Cabe salientar também que, cada ecossistema possui seus atributos próprios e que as espécies que ocorrem em vários ambientes possuem características de desenvolvimento de acordo com os aspectos ambientais bióticos e abióticos disponíveis em cada região.

Para análise do efeito da fragmentação, as geotecnologias são de fundamental importância, pois através de imagens de sensoriamento remoto pode-se averiguar as condições atuais do ambiente, se há presença ou ausência de vegetação e a atividade econômica desenvolvida, observando o presente, o passado e realizando projeções futuras. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) possibilitam a identificação em tempo real dos remanescentes florestais e análise no espaço versus tempo das transformações na paisagem, dos padrões de uso e cobertura da terra, quantificação da estrutura e definição dos padrões de paisagem (Pirovani *et al.*, 2012).

Em meio às ferramentas para análise da estrutura populacional de espécimes vegetais citam-se o uso de marcadores moleculares, a distribuição diamétrica, entre outras. A avaliação da estrutura horizontal florestal, por exemplo, pode ser analisada através da distribuição diamétrica e é uma das ferramentas utilizadas para se estudar populações em fragmentos florestais, pois permite observar as condições dinâmicas de indivíduos de uma mesma espécie ou diferentes e que possibilita previsões sobre o desenvolvimento das comunidades e populações. De acordo com Carvalho (2009), é uma técnica que vem sendo muito utilizada em diferentes ambientes, pois permite a verificação de aspectos como organização, sucessão e dinâmica do estrato ar-

bóreo.

Mendes (2012) e Candil (2007) ressaltam que dentre as espécies no bioma Cerrado o cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.), o babaçu (*Orbignya speciosa*), o pequi (*Caiocar brasiliense* Camb.), o jatobá (*Hymenaea coubaril*), a bocaiúva (*Acrocomia aculeata*), a cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.), araticum (*Annona coubaril*) e mangaba (*Hancomia speciosa* Gomez) são espécies muito utilizadas por pequenos grupos familiares para consumo e também para comercialização. São plantas utilizadas no incremento da renda familiar, na alimentação, em cosméticos e também como produtos fitoterápicos na medicina popular. Mendes *op cit.* corrobora que a diversificação de renda, nesse caso o uso de recursos florestais, resulta em novos padrões ambientais devido ao uso intensificado dessas espécies.

A espécie vegetal deste estudo, o *Dipteryx alata* Vog. é conhecida como cumbaru e baru (Avidos, 2000) e utiliza-se a polpa e a noz na culinária para sucos, recheios, geleias, sorvetes, tortas e doces. De acordo Candil (2007) o cumbaru possui muito interesse para o carvão vegetal e devido a isso, vem se tornando uma das espécies escassas no cerrado. A espécie ocorre em três fitofisionomias do Brasil: Amazônia, Caatinga e Cerrado (Flora do Brasil, 2016).

2. Objetivo

Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar o efeito da fragmentação na distribuição espacial e na estrutura populacional de *Dipteryx alata* (cumbaru) em dois assentamentos rurais no município de Cáceres, Mato Grosso.

3. Material e Métodos

3.1- Área de estudo

De acordo com Freitas et al. (2014), o município de Cáceres possui 20 assentamentos rurais, sendo que a área deste estudo compreende 7 parcelas no assentamento Facão/Bom Jardim e 5 parcelas no assentamento do Corixo.

O assentamento Corixo foi criado em 2002 e possui um total de 72 famílias, tendo como atividades econômicas a pecuária leiteira, culturas anuais e o extrativismo do pequi (*C. brasiliense*) e, o assentamento Facão Bom Jardim/Furna São José possui lotes que variam de 10 a 40 hectares e distribuídos em 40 famílias e as atividades econômicas são: agricultura, criação de pequenos animais e extração do cumbaru (*D. alata*) (Mendes, 2012).

As áreas de coletas estão contidas na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraguai - BHARP que é formada por 33 municípios mato-grossenses e distribuída em três biomas: Amazônia (39,24%), Cerrado (21,40%) e Pantanal (39,01%), conforme pode ser observado na Figura 1.

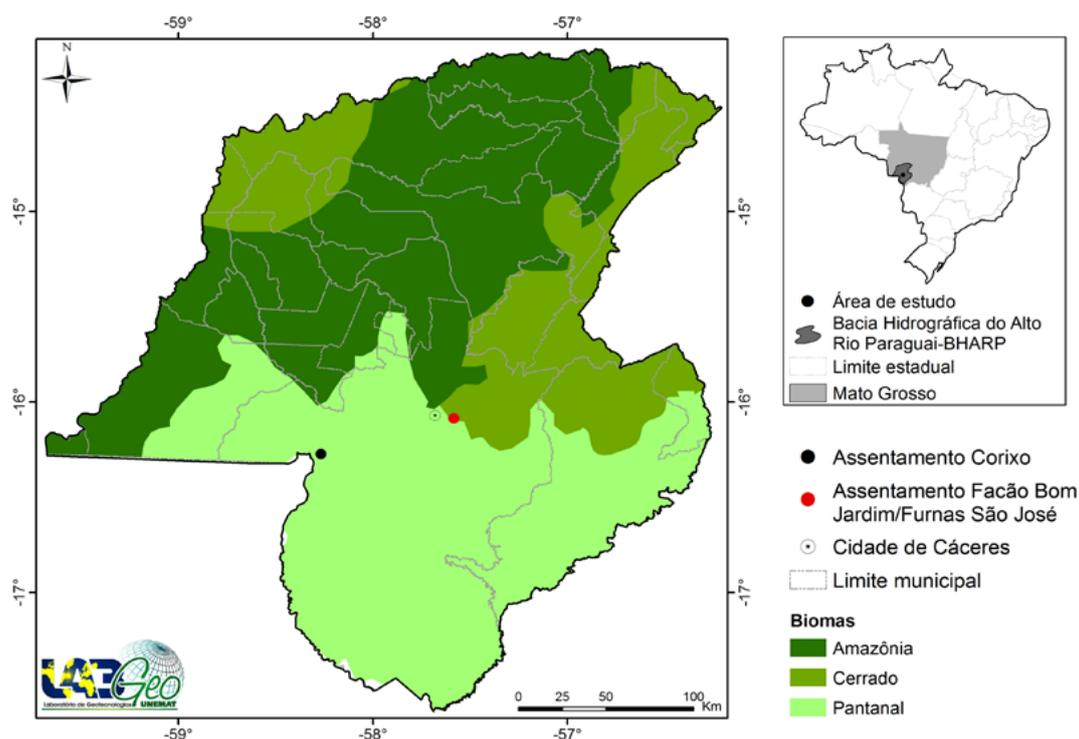


Figura 1. Localização dos assentamentos que contém as parcelas de estudo. Fonte: LabGeo UNEMAT, 2016.

3.2. Procedimentos metodológicos

A identificação das espécies foi realizada com auxílio de material bibliográfico especializado e por comparação com material do herbário da Universidade do Estado de Mato Grosso/UNEMAT e Universidade Federal de Mato Grosso/UFMT.

Dentre as espécies identificadas e georreferenciadas, realizou-se estudo em 12 parcelas de 20m x 50m, sendo subdividida em 10 subparcelas de 10m x 10m com ocorrência de *D. alata* (cumbaru). Nas parcelas mensurou-se altura ≥ 3 m do solo e circunferência altura do peito - CAP ≥ 15 cm. A estrutura horizontal foi caracterizada pelos seguintes parâmetros: NI (número de indivíduos), D (densidade) e Distribuição Diamétrica (Souza *et al.*, 2011). A densidade absoluta foi calculada de acordo com a proposta de Freitas *et al.* (2012), onde representa o número total de indivíduos de uma determinada espécie em uma área dividido pelo volume total amostrado.

A distribuição diamétrica no ambiente foi calculada utilizando a equação: $N_{classes} = 1 + 3,33 \log N$ (Silva *et al.*, 2011), sendo que o intervalo entre classes foi ajustado segundo o número de classes e iniciado pelo diâmetro mínimo de inclusão (15cm).

Após o trabalho de campo, os dados georreferenciados foram plotados em imagem orbital Spot do ano de 2006, com resolução espacial de 5m e gerado *buffer* de 50m, com área total de 15.900m² no entorno das parcelas para classificação visual, análise do padrão de fragmentação e quantificação das classes temáticas: agropecuária, solo exposto e vegetação, utilizando ArcGis 10.4.1 (Esri, 2016). Realizou-se a análise de ponto de coleta da espécie dentro da parcela e o efeito da fragmentação sobre a estrutura da espécie nos dois assentamentos.

4. Resultados e Discussão

Foram amostrados no total 55 indivíduos de *D. alata* nos dois assentamentos, sendo 40 no assentamento Facão Bom Jardim e 15 no Corixo. A densidade populacional está representada

na Tabela 1, cujo maior valor encontrado foi para a parcela 5 do assentamento Facão Bom Jardim. Pereira *et al.* (2007) em seu trabalho sobre o levantamento de cumbaru no bairro Jardim Padre Paulo, área urbana de Cáceres, identificou baixa densidade de indivíduos e segundo os autores, foi devido a antropização. Para a espécie *Schizolobium amazonicum* (Pinho Cuiabano), Cavallari *et al.* (2015) encontrou o valor de 0,38 ind.ha⁻¹ em uma propriedade rural localizada na Amazônia.

Tabela 1. Densidade populacional de *D. alata* no assentamento Corixo e Facão Bom Jardim/Furnas São José em Cáceres/MT.

Assentamentos	Parcelas (20m x 50m)	N. de indivíduos	Densidade (ind.ha ⁻¹)
Corixo	1	2	0,13
	2	6	0,40
	3	2	0,13
	4	4	0,27
	5	1	0,07
		15	
Facão Bom Jardim	1	2	0,05
	2	2	0,05
	3	4	0,10
	4	1	0,03
	5	26	0,65
	6	2	0,05
	7	3	0,08
		40	

A relação DAP x altura dos indivíduos de *D. alata* nas duas áreas estudadas revelou maior concentração dos indivíduos nas classes menores de DAP e altura, o que pode ser um efeito da fragmentação florestal sobre a distribuição estrutural nos indivíduos nas populações amostradas, sendo este efeito mais acentuado no assentamento do Facão Bom Jardim.

As populações estudadas nos dois assentamentos apresentaram o maior número de indivíduos concentrado nas classes inferiores de altura e de DAP (Figuras 2 e 3) com poucos indivíduos nas classes de maior tamanho, indicando que ambas as populações estão em crescimento (Martins, 1993). Este resultado encontrado pode ser um efeito da fragmentação florestal sobre a distribuição estrutural nos indivíduos nas populações amostradas, sendo este efeito mais acentuado no assentamento do Facão Bom Jardim.

Como, de forma geral, o diâmetro do tronco guarda certa proporcionalidade com a idade da árvore (Martins, 1993) é possível afirmar que populações com classes de DAP mais elevados estão em estágio de sucessão mais avançado do que as com menor DAP. Como as duas populações apresentaram uma maior frequência de indivíduos nas classes menores de DAP, pode-se dizer que as duas populações em estudo encontram-se em estágio sucessional jovem, o que pode estar relacionado à estrutura da vegetação e ao estágio de sucessão das duas áreas.

Houve uma correlação entre o DAP x altura dos indivíduos amostrados nos dois assentamentos, ou seja, quanto maior a altura maior o DAP (Figuras 2 e 3), este resultado pode ser explicado devido a maioria dos indivíduos estarem localizados em área desmatada ou fragmentada, conforme apresentado na Figura 6, com a incidência de luz que favorece a germinação das sementes e o desenvolvimento homogêneo dos indivíduos, tanto em altura quanto em DAP.

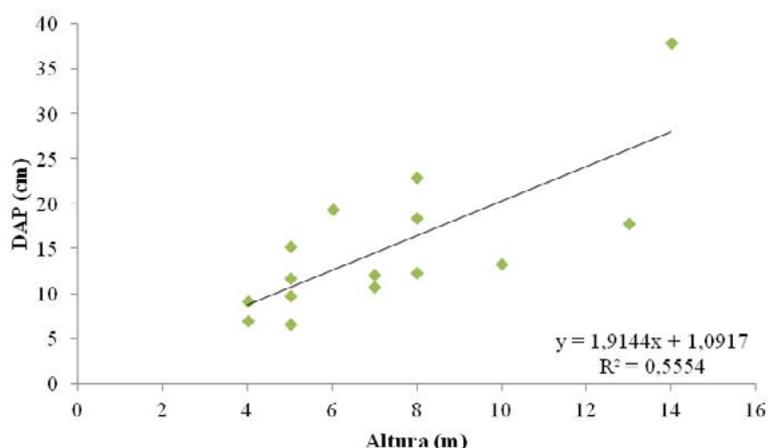


Figura 2. Relação DAP x altura de indivíduos de *D. alata* no assentamento do Corixo.

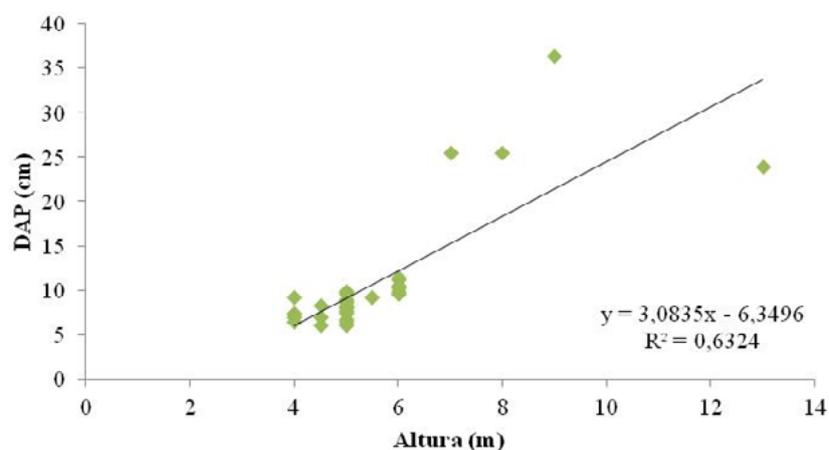


Figura 3. Relação DAP x altura de indivíduos de *D. alata* no assentamento do Facão Bom Jardim.

A Figura 4 representa as classes de altura, onde amplitude entre os espécimes foi de 1,36cm para todos os indivíduos amostrados e observou-se que o maior número de indivíduos está distribuído na primeira classe (4,00cm-5,36cm). As Figuras 4 e 5 apresentaram a distribuição por altura e diamétrica dos indivíduos de *D. alata*, uma vez que o maior número de espécimes encontram-se na primeira classe, o que corrobora com as relação DAP x altura (Figuras 2 e 3).

Na Figura 5 a amplitude das classes diamétrica entre os espécimes foi de 4,33cm para todos os indivíduos amostrados e observou-se que o maior número está distribuído na primeira classe (6,05cm-10,38cm). Cabacinha e Castro (2010) encontraram condições similares em um estudo em fragmentos florestais na Bacia do rio Araguaia, no Mato Grosso. De acordo com os autores, mesmo que as classes diamétricas possuem o “J” invertido os fragmentos não apresentaram a espécie balanceadas.

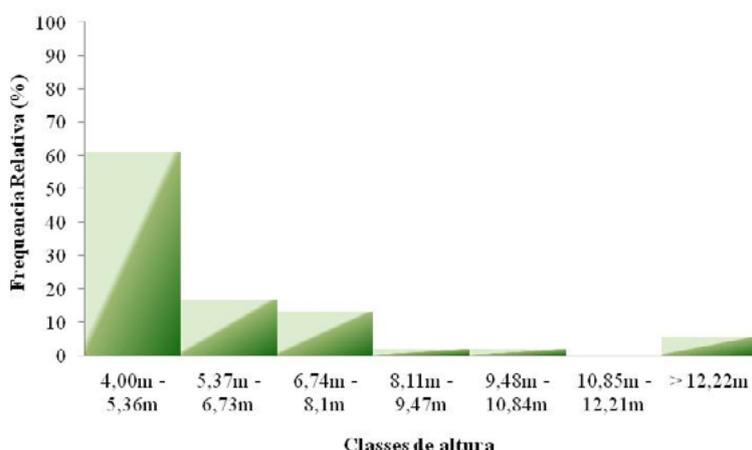


Figura 4. Classes de altura do total de indivíduos amostrados *D. alata* nos dois assentamentos investigados.

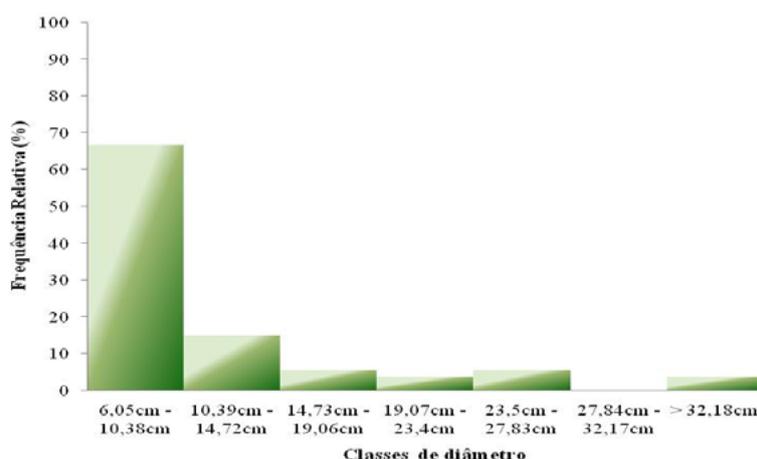


Figura 5. Classes diamétricas do total de indivíduos amostrados *D. alata* nos dois assentamentos estudados.

A Tabela 2 apresenta todos percentuais encontrados para as classes de uso da terra nas 12 parcelas. Observa-se que as parcelas 5 do assentamento do Corixo e, 4 do Facão Bom Jardim foram os que apresentaram maiores percentuais quanto ao solo exposto. Quanto a classe de uso agropecuário, os maiores percentuais foram para as parcelas 2 de ambos assentamentos e, para a classe de vegetação, apenas a parcela 4 do assentamento Corixo e parcela 1 do assentamento Bom Jardim é que apresentaram maior percentual.

Ao relacionar os resultados das quantificações dos mapeamentos (Figura 6) e a distribuição espacial dos espécimes de *D. alata* observa-se que as parcelas que apresentaram maior percentual de vegetação (parcelas 4 - Corixo e 1 - Facão Bom Jardim) tiveram menores números de indivíduos da espécie identificados. Observa-se também, que no entorno das parcelas, há barreiras (uso antrópico) que pode dificultar a transição de polinizadores entre as parcelas onde ocorrem os espécimes. Nessa ótica, a fragmentação apresenta-se como barreira para troca genética entre indivíduos não aparentados, podendo desenvolver na planta a autofecundação e contribuir com a baixa variabilidade genética (Kageyama, 1998).

Tabela 2. Quantificação das classes temáticas dos *buffers* gerado no entorno das parcelas com ocorrência de *D. alata* nos dois assentamentos.

Assentamento	Parcelas	Agropecuária		Solo exposto		Vegetação	
		Área (M ²)	%	Área (M ²)	%	Área (M ²)	%
Corixo	1	1671,74	10,51	4404,09	27,70	9725,26	61,16
	2	4437,18	27,91	5750,82	36,17	5613,26	35,30
	3	989,16	6,22	5396,33	33,94	9415,77	59,22
	4	3300,08	20,75	1085,47	6,83	11415,70	71,79
	5	167,11	1,05	15387,97	96,78	246,20	1,55
Facão Bom Jardim	1	1014,40	6,38	4248,26	26,72	10637,16	66,90
	2	3235,79	20,35	3253,01	20,46	9411,01	59,19
	3	9,24	0,06	14640,96	92,08	1249,62	7,86
	4	15605,56	98,14	15605,56	98,14	294,25	1,85
	5	168,29	1,06	13955,46	87,77	1776,06	11,17
	6	1584,02	9,96	9857,99	62,00	4457,80	28,04
	7	80,78	0,51	11469,23	72,13	4349,80	27,36
Área total do buffer (M ²)				15900,68			

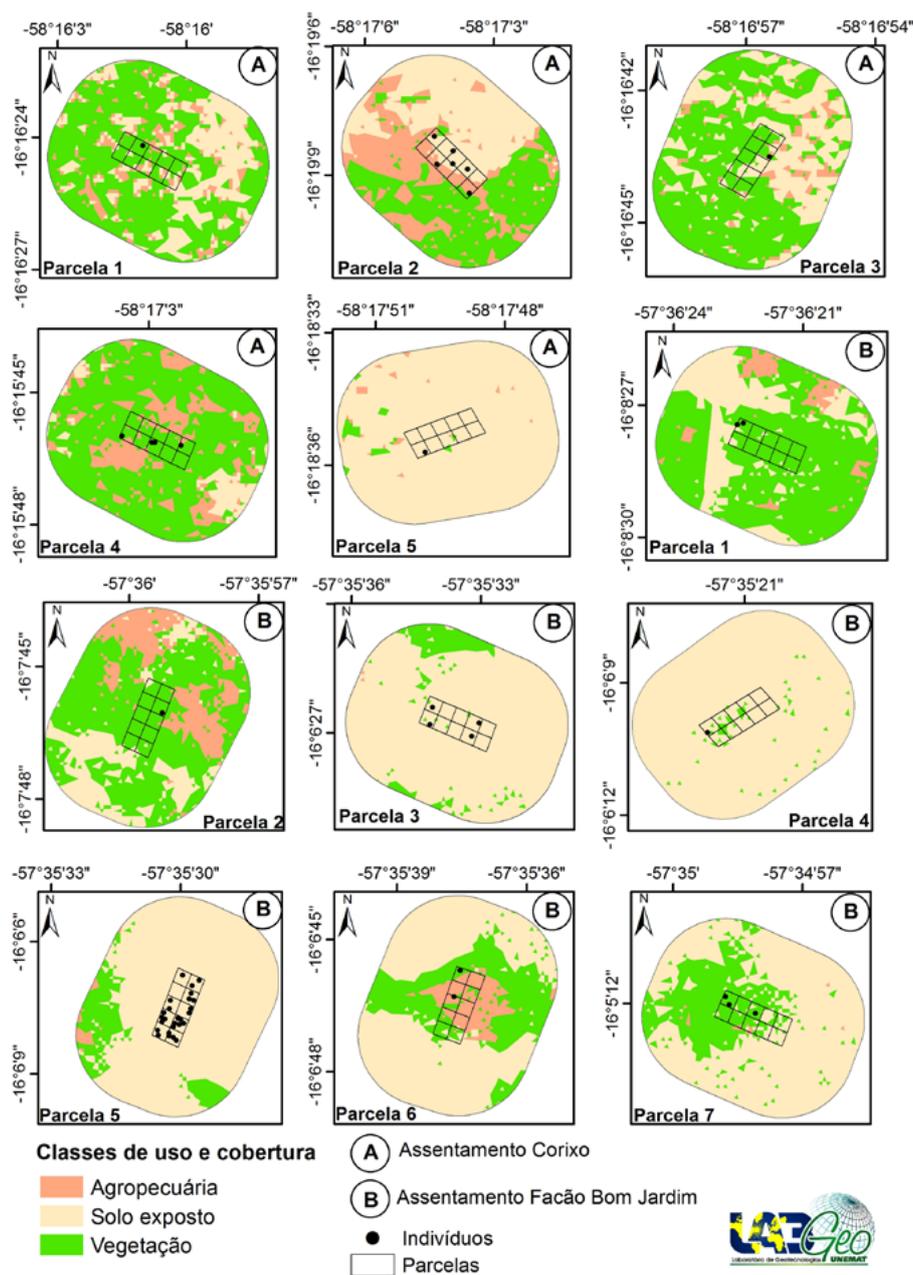


Figura 6. Mapeamento das classes temáticas nas parcelas com ocorrência de *D. alata* nos assentamentos Corixo e Facão Bom Jardim, situados no município de Cáceres/MT.

A parcela 4 do assentamento Corixo (Figura 7) foi a que apresentou maior distribuição diamétrica de *D. alata* entre os espécimes amostrados e também com maior altura estimada, sendo esta parcela a que apresentou maior percentual de vegetação.

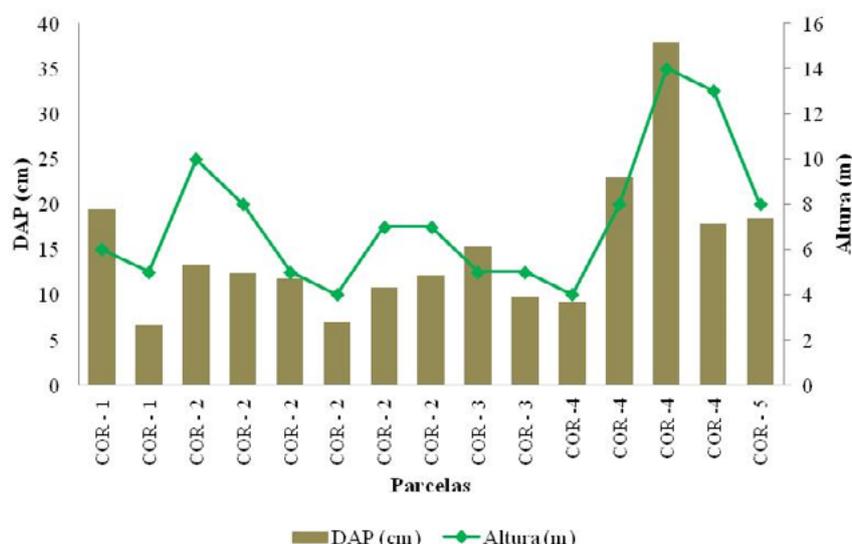


Figura 7. Relação da distribuição diamétrica x altura entre espécimes de *D. alata* no assentamento Corixo, município de Cáceres.

Diferente do que ocorreu na parcela 4 do assentamento Corixo, os indivíduos de *D. alata* no assentamento Facão Bom Jardim (Figura 8), nas parcelas 1, 4 e 6 apresentaram maior relação DAP x altura, com exceção de um indivíduo na parcela 1. Ao observar a Figura 7, a classe de vegetação apresenta-se com percentual de 66,90% e 28,04% para as parcelas 1 e 6 respectivamente, enquanto que para a parcela 4 o percentual de vegetação é de 1,85%.

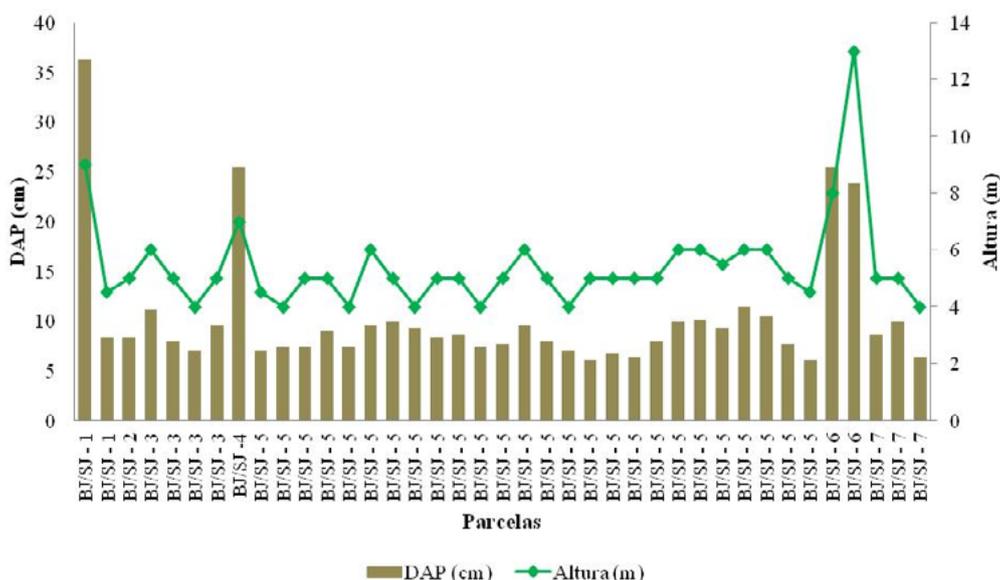


Figura 8. Relação da distribuição diamétrica x altura entre espécimes de *D. alata* no assentamento Facão Bom Jardim, município de Cáceres.

5. Conclusão

O mapeamento revelou que as áreas amostradas encontram-se antropizadas.

A distribuição espacial e a estrutura das duas populações de *D. alata* estão sendo influenciadas pelo estágio de fragmentação florestal, pois foram encontrados mais indivíduos jovens do que adultos.

Há necessidade de ações para a conservação da espécie nos assentamentos analisados, uma

vez que a espécie é um produto base de exploração sustentável na região.

O emprego das geotecnologias nesse estudo proporcionou a análise do estado de conservação das áreas de estudo, podendo ser utilizada como ferramenta em estudos semelhantes nas diferentes fitofisionomias brasileira, em diferentes escalas de análises.

6. Agradecimentos

A Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso pelo financiamento ao projeto de pesquisa “Estrutura da paisagem de fragmentos florestais e estrutura genética populacional de duas espécies nativas da Amazônia” e pela concessão de bolsa de doutorado.

7. Referências

- Avidos, M. F. D.; Ferreira, L. T. Frutos do Cerrado: preservação gera muitos frutos. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, n. 3, v.15, p. 36-41, 2000.
- Cabacinha, C. D.; Castro, S. S. Estrutura Diamétrica e Estado de Conservação de Fragmentos Florestais no Cerrado Brasileiro. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 17, n. 1, p. 51-62. jan./jun, 2010.
- Candil, R. F. M.; Arruda, J. E.; Arakaki, A. H. O Cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.), o desenvolvimento local e a sustentabilidade biológica no assentamento Andalucia, Nioaque/MS. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 8, n. 1, p. 75-80, mar., 2007.
- Carvalho, F. A.; Nascimento, M. T. Estrutura diamétrica da comunidade e das principais populações arbóreas de um remanescente de floresta Atlântica submontana (Silva-Jardim-RJ, Brasil). *Revista Árvore*, v. 33, n. 2, p. 327-337, 2009.
- Cavalari, A. A.; Cruz, P.; Dardengo, J. F. E.; Rossi, A. A. B.; Neves, S. M. A. S. Estrutura populacional do Pinho Cuiabano na Fazenda Mandacaru, Paranaíta– MT. Seminário de Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, 3., 2015, Alta Floresta, MT **Anais....** Alta Floresta, MT: Universidade do Estado de Mato Grosso, p. 155-160, 2015.
- Dipteryx* in Flora do Brasil 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB29628>>. Acesso em: 05 jul. 2016
- Esri. ArcGis advanced: release 10.4.1. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2016.
- Freitas, L. E.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; Carvalho, K. S. A.; Kreitlow, J. P.; Dassoler, T. F. Avaliação do Uso dos Solos nos Assentamentos do Município de Cáceres/MT. **Cadernos de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 1-12, nov., 2014.
- Freitas, W. K.; Magalhães, L. M. Sampaio. Métodos e Parâmetros para Estudo da Vegetação com Ênfase no Estrato Arbóreo. **Revista Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 520-540, 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. Disponível em: <www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 05 jul. 2016.
- Kageyama, P. Y.; Gandara, F. B.; Souza, L. M. I. Consequências genética da fragmentação sobre populações de espécies arbóreas. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 65-70, dez., 1998.
- Martins, F. R. Estrutura de uma floresta mesófila. 2 ed. Campinas, SP: UNICAMP, 1993. 184p.
- Mendes, M. F.; Neves, S. A. S.; Castrillon, S. K. I.; Silva, J. S. V.; Neves, R. J.; Paiva, S. L. P.; Pedrosa, J. A. Diversidade e distribuição espacial de espécies nativas arbóreas do Cerrado em áreas de assentamentos rurais na região sudoeste mato-grossense, Brasil. Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 4., Bonito, MS **Anais...** Bonito, MS: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 806 -818, 2012.
- Pereira, C. S.; Medeiros, R. A.; Carvalho, A. M.; Raynundi, L. C. F.; Brito, G. P. R. Ocorrência, distribuição e uso do Cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.) no bairro Jardim Padre Paulo, em Cáceres, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 324-326, jul., 2007.
- Pirovani, D. B.; Silva, G. A.; Santos, A. R.; Cecílio, R. A.; Martins, S. V.; Gleriani, J. M. Uso de geotecnologias

para estudo da fragmentação florestal com base em princípios de ecologia da paisagem. In: Santos, R. A. [et al] (Orgs). **Geotecnologias aplicadas aos recursos florestais**. Alegre, ES: CAUFES, 2012. p. 24-41.

Souza, C. S. C.; Gomes, S. C. P.; Souza, V. C. C.; Silva, D. A. S.; Aparicio, W. C. S.; Guedes, M. C.; Aparicio, P. S. Caracterização estrutural da espécie *Theobroma subincanum* Mart (Cupuí) na reserva extrativista do rio Cajari, Amapá- Brasil. In: Simpósio Latino Americano sobre manejo florestal, 5., 2011, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria, RS: UFSM, p. 799-806, 2011.



Uso e cobertura vegetal da terra na bacia do rio Mutum nas Zonas de Transição Aquático-Terrestre do Pantanal Norte

Ana de Paula Gonçalves Mello¹
Gustavo Benedito Medeiros Alves²
Simoni Maria Loverde-Oliveira³

^{1 2 3}Universidade Federal de Mato Grosso - CUR
Avenidas dos Estudantes, 5055,
78735-901, Rondonópolis-MT
depaula.ana@gmail.com
{gustavo.benedito, si.loverde}@hotmail.com

Resumo: O objetivo deste estudo foi identificar os usos da terra e da cobertura vegetal realizados nas Zonas de Transição Aquático-Terrestre da bacia do rio Mutum no Pantanal Norte. Para a elaboração do mapa realizou uma classificação supervisionada com a imagem LandSat (07/08/2015), tendo como apoio os manuais de uso do solo (2013) e vegetação (2012) do IBGE. Para testar a confiabilidade das informações foram realizadas coletas de campo (70 pontos). Foi realizada vetorização das classes para a quantificação das áreas. Para classificar os locais com inundação e sem inundação utilizou-se dados de Alves (2015). A partir das informações geográficas realizou o recorte dos dados, sendo feita por meio da sobreposição dos dados das classes de uso da terra e cobertura vegetal e os dados de áreas inundadas visando identificar e quantificar a área de cada classe. Os resultados demonstraram que a bacia do rio Mutum possui uma área de 352.772 ha, sendo 64,8% sujeita a inundação. O maior uso no período de seca foi a pastagem (122.810 ha) e as maiores coberturas vegetais foram Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (83.633 ha) e Savanas (77.561 ha). No período de inundação os usos predominantes se mantiveram, mas houve redução nas áreas destinadas ao uso da pastagem (92.769 ha), quanto a cobertura vegetal ocorreram Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (66.622 ha) e Savanas (55.410 ha). O ciclo de inundação influenciou diretamente os movimentos do uso da terra e cobertura vegetal na bacia do rio Mutum, confirmando a necessidade de se considerar os efeitos dessa força controladora sazonal sobre as distintas práticas de manejo e gestão do Pantanal.

Palavras-chave: áreas úmidas, Pantanal, rio Mutum, uso da terra.

Abstract: The aim of this study was to identify land use and vegetation cover made in Transition Aquatic-Terrestrial Zones in Mutum river basin in North Pantanal. For the preparation of the map held a supervised classification via GIS with the Lands at image (07.08.2015), with the support of the land-use manual (2013) and vegetation (2012) from IBGE. To test the reliability of the information some field sampling was carried out (70 points). Vectoring of the classes was performed to quantify the areas. To sort the flood sites with and without flood was used Alves data (2015). From the geographic information held data clipping, being made by super imposing the land use classes of database and vegetation cover and flooded areas database to identify and quantify the area of each class. The results showed that the basin of the Mutum river has an area of 352,772 ha, 64.8% subject to flooding. The largest use in the dry season was grassland (122,810 ha), and the largest vegetation cover were semideciduous alluvial (83,633 ha) and savannah (77,561 ha). In the flood period the predominant uses remained, but there was a reduction in the areas for the use of grassland (92,769 ha), as the vegetation cover occurred the semideciduous alluvial forest (66,622 ha) and savannah (55,410 ha). The flood cycle influenced directly in land use and vegetation cover of the Mutum River basin, confirming the need to consider the effects of seasonal controlling force on the different management practices and Pantanal management.

Keywords: wetlands, Pantanal, river Mutum, land use.

1.Introdução

O pulso de inundação do Pantanal refere-se ao momento que em decorrência do período de chuvas seus rios extravasam e inundam suas respectivas planícies de inundação (Pereira *et al.*, 2012). Essa inundação age como um bioprocessador de nutrientes e de materiais inorgânicos (Resende, 2003) e caracterizam o Pantanal como uma área úmida (AUs) de pulso. Também estão incluídas nesse conceito as áreas periodicamente alagadas pelas chuvas e pela subida periódica do lençol freático. Sendo a sequência de inundação e seca a força dominante dos processos ecológicos em AUs. Para esses locais de inundação periódica é dado o nome de ATTZ ou Zona de Transição Aquático-Terrestre que consiste na maior parte das áreas úmidas e são consideradas macrohabitats (Junk *et al.*, 1998; Cunha *et al.*, 2015).

As AUs, de pulso por terem seus processos biológicos e abióticos ligados ao pulso de inundação são considerados ecossistemas fortemente influenciados pelos usos e ocupações do solo. Sabe-se que no Pantanal a principal atividade econômica é a pecuária bovina extensiva que tem sido praticada sem impedimento de pastoreio e com introdução de espécies de forrageiras exóticas, visando o aumento da produtividade (Manetta; Carmo, 2010; Alves, 2015).

No Pantanal quando a vegetação é seriamente danificada por meio de práticas agropecuárias, a água dos rios fica turva temporariamente, por causa do aumento da introdução de material erodido. Assim, sérios problemas são criados devido ao assoreamento dos microhabitats dos organismos aquáticos e terrestres e comprometem a alimentação dos filtradores, reduzindo a biodiversidade aquática e terrestre (Junk *et al.*, 2015).

Além das práticas ligadas a agropecuária deve-se destacar que as atividades econômicas desenvolvidas nos planaltos que rodeiam o Pantanal também interferem em seu estado ecodinâmico (Merino; Assine; Pupim, 2013).

No Planalto a principal atividade econômica desenvolvida é a agricultura, em escala comercial com uso de plantio direto e de inúmeros defensivos agrícolas para controle de pragas e para crescimento dos cultivares. Este tipo de plantio direto tem sido relatado como responsável pela compactação do solo alterando a dinâmica inerente dos sedimentos do solo (Santos, 2005).

Considerando a existência de impactos potenciais provocados pelo uso antrópico nas AUs e seu entorno elevado, é importante destacar a necessidade do conhecimento sobre a distribuição espacial dos usos da terra e coberturas vegetais em termos de formação de uma base de dados para a identificação de zonas de proteção, implementação de estudos de detecção de mudanças futuras e ampliar o uso das geotecnologias para diminuição de custos com o diagnós-

tico e preservação desses ambientes, além de desenvolver metodologias de mapeamento para melhoramento das informações (Evans, et al., 2014).

2. Objetivo

Identificar os usos da terra e de cobertura vegetal realizados nas Zonas de Transição Aquático-Terrestre da bacia do rio Mutum no Pantanal Norte.

3. Material e Métodos

O estudo foi conduzido na bacia do rio Mutum, a qual que de acordo com a classificação de (Padovani, 2010) está inserida na sub-região do Pantanal denominada de Chacororé. Esta região tem uma geomorfologia formada principalmente por bacias hidrográficas cujas nascentes principais estão localizadas no Planalto. O direcionamento das águas é definido principalmente por morros alongados e alinhados fazendo com que a água seja direcionada de nordeste para sudeste formando grandes canais de água de precipitação.

Santos et al. (2014), relatam que esta bacia hidrográfica pode demonstrar em escala menor o funcionamento do Pantanal e as implicações que o uso da terra tem sobre seu funcionamento, visto que está localizada na interface de duas unidades geomorfológicas planalto/planície.

A bacia do rio Mutum está localizada entre as coordenadas UTM “7000000 – 8240000” e “8160000 – 6200000” fuso 21S (**Figura 1**), na porção Norte do Pantanal, no Sudeste de Mato Grosso (Brasil). Possui áreas de planície pantaneira com 100 a 200 metros de altitude, e áreas no planalto com 600 a 900 metros de altitude e uma área escarpada de transição entre planalto de planície de com altitudes de 200 a 600 metros. Essa região apresenta predominância de Savana Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque, Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e Savana Florestada (Alves, 2015).

Na área de planalto da bacia do rio Mutum, conforme predomina o uso da terra para as atividades de plantio de algodão, soja e cana, já na área de planície há predominância da pecuária (Santos et al., 2014).

3.1. Procedimentos Metodológicos

Para a produção do mapa de uso e ocupação do solo foi utilizada uma única cena Landsat 8 sensor *Operational Land Imager* (OLI) na composição de bandas 4-3-2 para mostrar a cor natural dos elementos na superfície terrestre, referente a órbita/ponto 227/71, obtida em formato “tif” no site <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>, referente a data 07/08/2015. Essa imagem tem resolução radiométrica de 16 bits, resolução espacial de 30 m, resolução temporal de 16 dias e são geoferrenciadas e ortorretificadas.

Foram utilizados 70 pontos de controle referentes a 7 classes de uso e cobertura vegetal do solo da bacia do rio Mutum, coletados em pontos diversos da bacia entre os anos de 2012 e 2015. A partir dos pontos de controle aferidos conforme uma chave de classificação baseada no manual de uso do solo do (IBGE, 2013) em seu nível 2 para as seguintes classes: Pastagem (nativas ou cultivadas que podem ser utilizadas para pastoreio), Culturas Temporárias (soja, milho, cana), Águas Continentais (pesca e turismo), Áreas Descobertas (pecuária ou desmatamentos recentes) e Silvicultura (com introdução de gado). Para as classes de cobertura vegetal foi consultado o manual de vegetação do (IBGE, 2012), com emprego das classes de Savana Parque-Savana Florestada e Florestas Estacional Semidecidual Aluvial.

A partir da definição das classes e juntamente com os pontos de controle foi iniciada a rotina de classificação supervisionada no Sistema de Informação Geográfica (SIG) Spring 5.3 para obtenção do mapa de uso e cobertura vegetal da terra da bacia do rio Mutum por meio do

classificador “pixel a pixel”, que utiliza apenas a informação espectral isolada de cada pixel, escolhidos conforme os pontos de controle para definir regiões homogêneas. Foi adotado um classificador estatístico que utiliza o algoritmo de processamento da *distância euclidiana* para associar um pixel a uma determinada classe, definida a partir dos pontos de controle existentes.

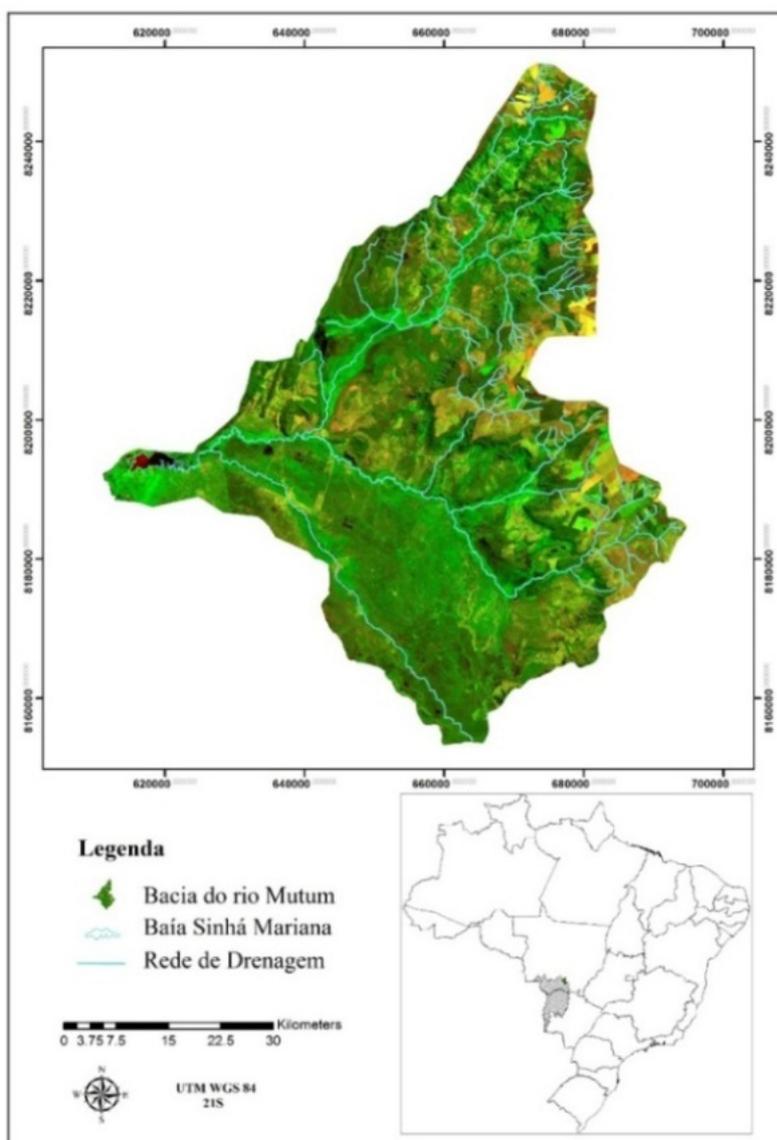


Figura 1. Mapa de Localização da bacia do rio Mutum no Pantanal Norte e seus cursos d’água.

Após a classificação supervisionada realizada no SIG Spring 5.2 optou-se por realizar a vetorização das classes no SIG (ArcGis 10.2) para a quantificação das classes de uso da terra e cobertura vegetal. E posteriormente analisar e avaliar os impactos causados pela inundação nos diferentes usos e cobertura do solo da bacia. Optou-se por utilizar a vetorização no ArcGis pois sua ferramenta de vetorização é simplificada.

Para classificar os locais com inundação e sem inundação e relacioná-los com os resultados de classe de uso e cobertura vegetal da terra foram utilizados dados indiretos fornecidos por (Alves, 2015). Nesse estudo foi realizada a análise do processo de inundação num território do Pantanal Norte que inclui a bacia do rio Mutum, sendo que o autor empregou imagens temporais do produto MOD13Q1 (Índice de Umidade na Superfície Terrestre - LSWI) para o período

de 2007 a 2014. O autor assinala que no ano de 2011 ocorreu o pico de inundação na região hidrográfica do rio Mutum, desse modo, nessa pesquisa foram utilizados os dados geográficos desse período como referencial para análise, uma vez que, retratam a maior área inundada.

Por fim, realizou-se o processo de recorte das informações geográficas, sendo feita por meio da sobreposição dos dados vetoriais das classes de uso da terra e cobertura vegetal e dos dados de áreas inundadas visando identificar e quantificar as áreas de intersecção dessas duas informações geográficas.

4. Resultados e Discussão

A bacia do rio Mutum possui uma área de 352.772 ha dos quais 97.827 ha localizam-se no Planalto com altitudes médias de 450 a 900 metros, e 254.945 ha na Planície com altitudes médias de 100 a 400 metros (Alves, 2015). O planalto não sofre inundação e na planície até 228.595 ha, ou seja, 64,8% da área total pode ser inundada.

Conforme constatado os usos e coberturas vegetais da terra dessa bacia hidrográfica tem estreita relação com as feições geomorfológicas e com o pulso de inundação, no sentido de que, na unidade geomorfológica do planalto é desenvolvida principalmente agricultura intensiva e na planície a pecuária extensiva devido a maior facilidade de manejo dos animais (**Figura 3A e 3B**). Esse comportamento de uso é compatível com o estudo de WWF-Brasil (2015) que realizou o monitoramento do uso e ocupação da terra na Bacia do Alto Rio Paraguai (BAP) para os anos de 2012 e 2014 e constatou que a pastagem corresponde a 12,14% total da planície pantaneira (151.096 km²), enquanto a agricultura soma 0,11%.

A pecuária na bacia do rio Mutum é desenvolvida obedecendo ao pulso de inundação, sendo que no período seco a área disponibilizada para a pastagem é de 122.810 ha (34,8). Já na cheia os fragmentos de pastagem diminuiram para 30.041 ha (8,5%), e os 92.769 ha (26,3%) da forragem restantes ocorrem em locais de Transição Aquático-Terrestres ATTZ (**Figura 2**). Nesse sentido (Araújo, 2006), relata que dependendo da intensidade a inundação pode acarretar graves problemas para os pecuaristas, como diminuição da área de pasto e dificuldade de acesso na região. Já no rebaixamento das águas promove o aparecimento dos campos de pastagens (Goulart et al., 2015).

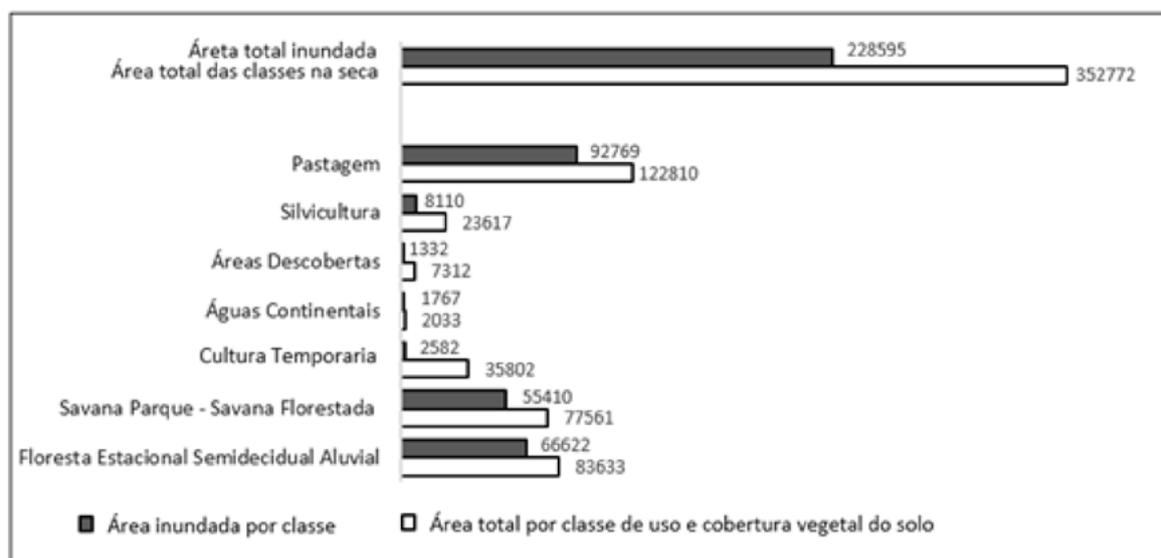


Figura 2. Área total (hectare) da bacia do rio Mutum na época de seca e inundação, e área das respectivas classes de uso e cobertura vegetal nas distintas fases do pulso de inundação.

Segundo Alves (2015), o movimento das águas nessa região hidrográfica do Pantanal cria paisagens vegetacionais diferentes no decorrer do tempo e espaço, obrigando os pecuaristas a se adaptarem as diversidades surgidas nos períodos de águas altas e baixas, visto que grande parte da economia dessa região é sustentada pela pecuária.

O uso para as culturas temporárias ocuparam 35.802 ha (10,2%) na época seca. No período de inundação a área passou por declínio de 2.582 ha (0,7%) em sua área total. Já as áreas de planalto possuem a predominância de áreas agrícolas mecanizadas. Essa informação corrobora com o estudo de (Harris et al., 2006; Moura et al., 2014), os quais relatam que as áreas de planalto da bacia do Alto Paraguai são cercadas por atividade agricultura. Já na planície da bacia pratica-se agricultura em menor escala.

A classe de cobertura vegetal de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial ocupa as áreas permanentemente úmidas que correspondem a 83.633 ha (23,7%) e durante a as cheias podem ter uma área de 66.622 há (18,9%) inundadas. A Savana Parque-Savana Florestada tem uma área de 77.561 ha (22%) dos quais 55.410 ha (15,7%) são inundados. Segundo Alves et al. (2015) o acréscimo do vigor de vegetação presente nesse território correlaciona-se com alta oferta hídrica proporcionada pela inundação.

A silvicultura é praticada em 23.617 ha (6,7%) da bacia do rio Mutum dos quais 8.110 ha (2,3%) são praticados em áreas de ATTZ. As áreas descobertas ocuparam 7.312 ha (2,1%) dos quais 1.332 ha (0,4%) são desenvolvidos em áreas de ATTZ. Na época seca as águas continentais tem uma área de 2.033 ha (0,6%) e em decorrência da inundação tem sua área expandida em 1.767 ha, totalizando 3.800 (1,1%) da área.

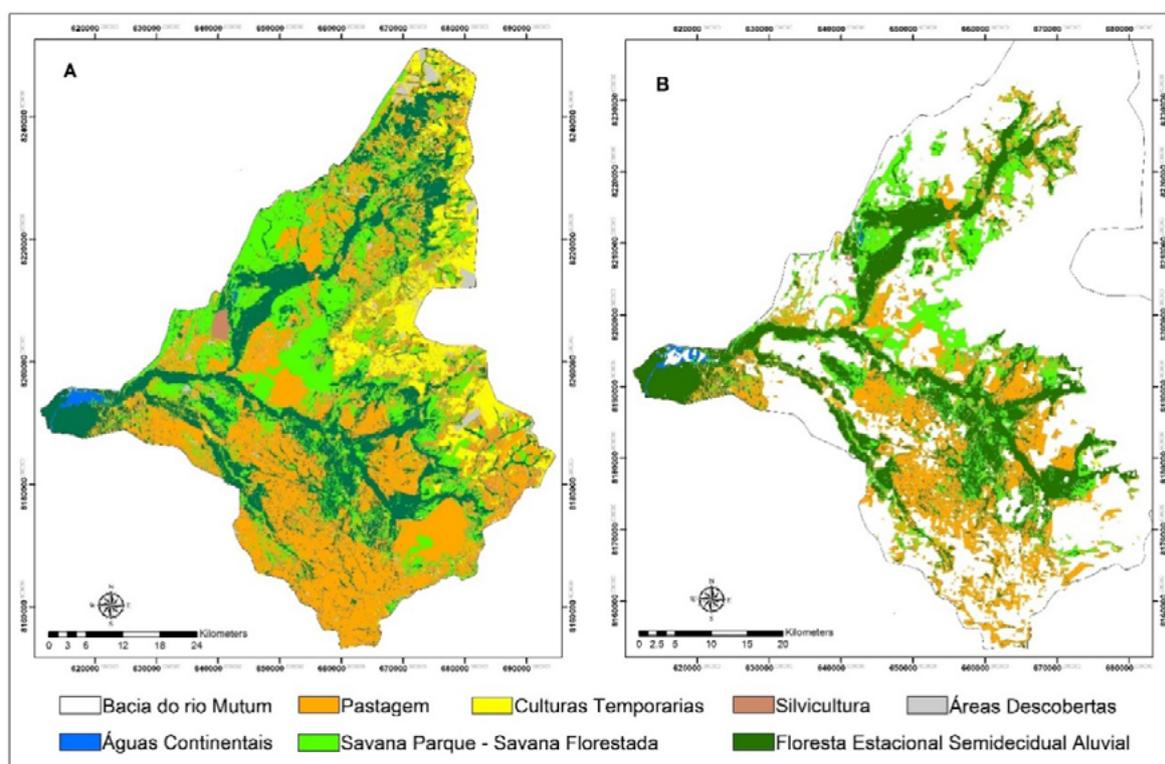


Figura 3. O mapa A) corresponde aos usos e coberturas vegetais praticados na bacia do rio Mutum; e o mapa B) corresponde somente aos usos e coberturas vegetais do solo que ocorrem nas Zonas de Transição Aquático-Terrestre da planície do Pantanal.

5. Conclusões

O ciclo de inundação influenciou diretamente no uso da terra e cobertura vegetal da bacia do rio Mutum, confirmando a necessidade de se considerar os efeitos dessa força controladora sazonal sobre as distintas práticas de manejo e gestão do Pantanal.

Os maiores usos da terra e cobertura vegetal no período de seca foram da pastagem (122.810 ha), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (83.633 ha) e Savanas (77.561ha), sendo que no período de inundação os usos predominantes se mantiveram, mas houve redução nas áreas destinadas ao uso da pastagem (92.769 ha), e acréscimo nas áreas da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (66.622 ha) e das Savanas (55.410 ha).

Por fim, vale destacar a importância das geotecnologias pois através dela foi possível mapear as áreas inundáveis na bacia do rio Mutum. Além disso, permitiu classificar os usos e cobertura vegetal da terra como forma de fornecer subsídios para os gestores avaliarem seus projetos expansionistas sobre as áreas de transição aquático-terrestre do Pantanal mato-grossense.

6. Referencias

- Alves, G. B. M. **Efeitos da inundação sobre o manejo da pecuária no Pantanal Norte com emprego de imagens orbitais**. 2014, Dissertação (Mestrado em Geotecnologias Aplicada a Gestão e Análise Ambiental) – Fundação Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis – MT, 2015.
- Alves, G. B. M.; Loverde-Oliveira, S.; Oliveira, R. L. Uso combinado dos índices LSWI e NDVI para análise da inundação na Bacia do rio Mutum (Pantanal Norte). In: XXI Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2015, Brasília. **Anais XXI Simposio Brasileiro de Recursos Hídricos**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Recursos Hídricos, 2015. v.1. p.1 – 7.
- Araújo, A. P. C. Pantanal: um espaço em transformação. 2005. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências. Rio de Janeiro - RJ, 2006.
- Brasil. Lei 12.651, de 25 DE maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 mai 2012.
- Calheiros, D. F. Determinação de impactos e conservação dos recursos hídricos na bacia do Alto Paraguai. **Artigo de Divulgação na Mídia, Embrapa Pantanal**, n. 4, p. 1 – 4, 2016. Disponível em: < <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/ADM124.pdf>>. Acesso em: 10/07/2016.
- Cardoso, E. L.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Ferreira, M. M.; Freitas, D. A. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul- Mato-Grossense. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 35, p. 613 – 622, 2011.
- Cunha, C. N.; Piedade, M. T. F.; Junk, W. J. **Classificação e delineamento das áreas úmidas brasileiras e seus macrohabitats**. Cuiabá: Edufmt, 2015, 166 p.
- Fernandes, F. A.; Fernandes, A. H. B. M. **Mudança de uso do solo e estoques de carbono no Pantanal: simulação utilizando modelo Century**. Corumbá: EMBRAPA, 2010, 16 p.
- Goulart, M. A.; Sanches, L.; Vilani, M. T.; Júnior, O. B. P. Análise da evapotranspiração por wavelet de Morlet em área de VochysiadivergensPohl no Pantanal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.19, n. 2, p. 93 - 98, 2015.
- Harris, M. B., Arcângelo, C., Pinto, E. C. T., Camargo, G., Neto, M. B. R., Silva, S. M. Estimativa da perda de cobertura vegetal original na Bacia do Alto Paraguai e Pantanal Brasil: ameaças e perspectiva. **Natureza & Conservação**. v. 4, n. 2, 9. 50-66, 2006..
- IBGE. Manual técnico de uso da terra. 3.ed, Brasília, IBGE, 2013.
- IBGE. Manual técnico de vegetação brasileira. 2.ed, Brasília, IBGE, 2012.

Junk, W. J., Piedade, M. T. F., Lourival, R., Wittmann, F., Kandus, P., Lacerda, L. D., Bozelli, R. L., Esteves, F. A., Nunes da Cunha, C., Maltchik, L., Schöngart, J., Schaeffer Novelli, Y., Agostinho, A. A., Nóbrega, R. L. B. **Definição e Classificação das Áreas Úmidas (AUs) Brasileiras: Base Científica para uma Nova Política de Proteção e Manejo Sustentável.** INAU – Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Áreas Úmidas. 9 mar. 2013.

Manetta, A.; Carmo, R. L. O processo recente de alterações territoriais e sócio-demográficas na Bacia do Alto rio Paraguai: novos contextos de exposição aos riscos ambientais (1980-2000). In: Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 2010, Caxambu. **Anais XVII do encontro nacional de estudos populacionais**, Caxambu: ABEP, 2010. p.16-29.

Merino, E. R., Assine, M. L., Pupim, F. N. Estilos fluviais e evidencias de mudanças ambientais na Planície do Rio Miranda, Pantanal. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n.2, p.127-134, 2013.

Padovani, C. R. **Dinâmica espaço-temporal das inundações do Pantanal.** 2009. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2010.

Pereira, G., Cháves, E. S., Silva, M. E. S. O estudo das unidades de paisagem do bioma Pantanal. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, n. 1, 2012.

Resende, E.K. de. **Formulação de meios para promover a conservação da pesca no rio Taquari-MS: Projeto Implementação de Práticas de Gerenciamento Integrado de Bacia Hidrográfica para o Pantanal e Alto Paraguai.** Brasília: ANA, 2003. p.103.

Santos, J. W. M. C. Ritmo climático e sustentabilidade socioambiental da agricultura comercial da soja no sudeste de Mato Grosso. **Revista do Departamento de Geografia, UFMT.** v. 17, p. 61-81, 2005.

Santos, J. W. M. C; Marquezola. D. S; Mello, A. P. G. Cartographie de l'utilisation des sols dans le bassin de larivière mutum, pantanal mato-grossense, brasil. Environnement et géomatique: approches comparées. In: ENVI-BRAS, 2014, Rennes, V **Anais ENVIBRAS**. Bretanha, p. 12-15, 2014.

Schlesinger, S. **Pantanal por inteiro, não pela metade: Soja, hidrovia e outras ameaças à integridade do Pantanal.** Cuiabá: Copyleft. 2014. 52p.

Silva, F. C., Freitas, I. J., Cruz, J. S. B., Oliveira, M. A. P., Souza, C. A., Andrade, L. N. P. S., Bampi, A. Rio Paraguai no Pantanal de Cáceres - Mato Grosso: Feições morfológicas e deposição de sedimentos. **Revista Mato-Grossense de Geografia - Cuiabá** - n. 16, p. 39 – 60, 2013.

Spring: Integrating remotesensing and GIS by object-oriented data modelling” Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-403, May-Jun 1996.

WWF-Brasil. Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do Solo na Bacia do Alto Paraguai – Porção Brasileira – Período de Análise: 2012 a 2014 Iniciativa: Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil. Brasília, 2015.



Análise da cobertura vegetal e evolução do uso da terra nas cabeceiras dos rios Jauru e Cabaçal/MT

Evandro André Félix¹
Rinaldo Marques Padilha¹
Thales Ernildo de Lima²
Sandra Mara Alves da Silva Neves¹
Célia Alves de Souza¹

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Cidade universitária, bloco I.
78.200.000 Cáceres-MT
eafeliks@gmail.com
rinaldomarques@hotmail.com
ssneves@unemat.br
celiaalvesgeo@globo.com

² Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Av. Tancredo Neves, 1095 - Cavallhada II
78200-000 - Cáceres - Mato Grosso
lima.thales@outlook.com

Resumo. Este artigo apresenta o levantamento do uso e ocupação da terra nas cabeceiras dos rios Jauru e Cabaçal situados na Bacia do Alto Paraguai no estado de Mato Grosso, considerando os aspectos histórico, geomorfológico e pedológico e, caracterizando sua evolução. Para a compreensão e avaliações da evolução dos tipos de uso e obtenção dos dados foi feito levantamento bibliográfico e documental; e tratamento de imagens de satélite em SIG para geração do mapa de cobertura vegetal e uso da terra. O mapa gerado foi validado por meio de trabalho de campo. As análises dos resultados obtidos apontam evolução exponencial, principalmente, da pecuária e agricultura, sobre o domínio de solo frágil com alto potencial erosivo.

Palavras-chave: cobertura vegetal, solo, georreferenciamento, Jauru e Cabaçal.

Abstract. This article presents the survey of the use and occupation of the soil at the headwaters of the Jauru and Cabaçal, considering the historical aspects, and soil the area for geomorphological understanding and reviews the evolution of the usage types, for obtaining the data on-the-spot checks were made, bibliographic survey and processing of satellite imagery with GIS software for geo-referenced map in the process were formulated six classes of use: agriculture, gallery forest, animal husbandry, forestry, natural vegetation and regenerated vegetation, the data obtained point exponential evolution mainly from livestock and agriculture, on the field of fragile soil with high potential erosive

Key-words: vegetation, soil, georeferencing, and Jauru Cabaçal.

1. Introdução

A investigação da cobertura vegetal e ocupação e uso da terra pressupõe recorte espacial de uma determinada paisagem, para que se possa lançar mão de instrumentos de análise, que identifiquem a dimensão ocupada e a classificação dos tipos de uso segundo padrões homogêneos, dados em um período de tempo pré-determinados, conforme manual do IBGE, que define que “O levantamento da Cobertura e do Uso da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre (Ibge, 2013)

A paisagem a ser estudada situa-se nas cabeceiras dos rios Jauru e Cabaçal, ambos afluentes da margem direita do rio Paraguai no estado de Mato Grosso, compondo parte do complexo das nascentes do Pantanal. Tais cabeceiras encontram-se situadas em estruturas de solos, extremamente frágeis de textura arenosa e siltosa, estabilizados na porção inferior da Chapada dos Parecis, comportando predominantemente a vegetação de cerrado (Mato Grosso, 2011)

Historicamente a região das cabeceiras dos rios Jauru e Cabaçal eram habitadas pelos índios Bororos, que empiricamente reconheciam a fragilidade do ecossistema e desenvolviam uma agricultura que considerava as limitações do solo, como evidencia Serpa (2001: p. 1) “Os Bororo ainda são exímios caçadores e pescadores, A agricultura é desenvolvida pelas famílias mediante técnicas de “corte e queima”, numa área média de ½ hectare, que é usada por três anos consecutivos e deixada em repouso por mais de seis anos”. Na **Figura 1** pode-se visualizar distribuição espacial dos povos indígenas, sendo que a área deste estudo foi ocupada pelos “Bororos ocidentais”, que posteriormente foram denominados “Bororos Cabaçais”.

O processo de colonização da região Centro Oeste ocorreu mediante incentivos governamentais, materializados através de programas como o PRODOESTE (Programa de Desenvolvimento do Centro-Oeste) efetivado pela ação da SUDAM (Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia) intrinsecamente ligado aos grandes grupos empresariais, que promoviam a ocupação e o uso da terra sem o devido planejamento, provocando mudanças significativas na paisagem (Cunha, 2011: 09-10). Este processo ocorreu de forma intensa na porção norte da paisagem de estudo.

Segundo (Guedes, 2015: p. 9) “sistema pode ser definido como o conjunto de elementos e suas relações entre si e entre seus atributos”; considerando nesta análise que os principais aspectos da dinâmica sistêmica é a matéria, que diz respeito ao material que será mobilizado através do sistema; a energia, que consiste nas forças que imprimem o caráter de dinamicidade do sistema; e a estrutura, que corresponde ao arranjo organizacional dos elementos que compõe o sistema.

Essa conceituação permite considerar a rede de drenagem como um elemento constitutivo de um sistema ambiental da paisagem, responsável pelo equilíbrio do *input* e *output*, desse subsistema, nesta concepção as nascentes e matas ciliares atuam como fator regulador e mantenedor do equilíbrio da matéria, energia e estrutura, dentro do sistema, qualquer alteração na rede de drenagem que afete o balanço hídrico de infiltração afetara a funcionalidade das nascentes, reduzindo a disponibilidade de água para a rede de drenagem caracterizada pelos córregos, lagos

rios, resultando na redução de água para o aproveitamento e consumo, impactando diretamente atividades econômicas associadas ao uso e aproveitamento das águas (Junqueira Junior, 2006: p. 3). Sobre luz das contrições de Guedes (2015) e Junqueira Junior (2006), compreende-se a necessidade do levantamento do uso e cobertura das nascentes dos rios Jauru e Cabaçal, tendo em vista a importância destes rios para a manutenção do equilíbrio ecológico e socioeconômico do suas respectivas bacias e Pantanal.

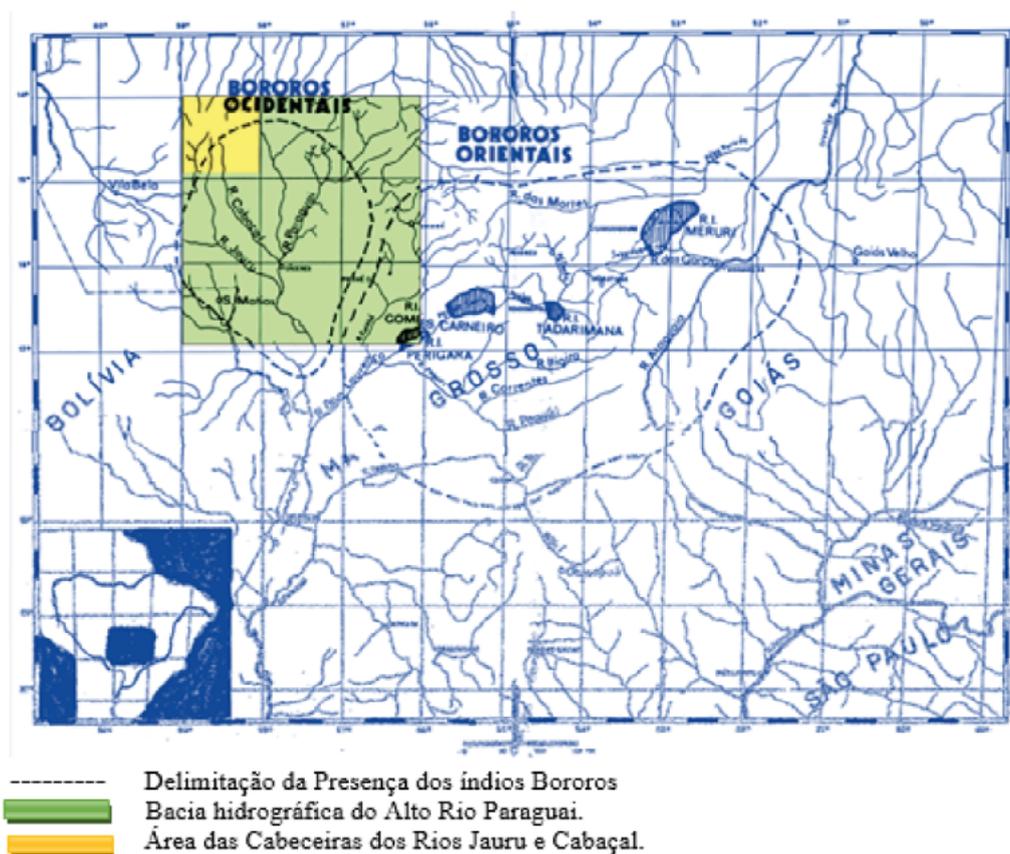


Figura 1. Localização dos Povos Bororos e área de estudo
Fonte: Bordignon (1986: p. 24)

Dentro da abordagem sistêmica de análise da paisagem o geoprocessamento se faz um metodológico indispensável, tendo em vista sua estrutura de análise de dados;

Geoprocessamento pode ser entendido como um conjunto de conceitos desenvolvidos a partir da utilização de métodos e técnicas computacionais e destinado a transformar dados ambientais georreferenciados em informação ambiental. Esta aceção permite aquilatar a validade do tratamento de bases de dados referentes a entidades e eventos ambientais relevantes, corretamente estruturados como sistemas de informação, para a identificação, posicionamento e análise das relações constatáveis entre os citados eventos e entidades. (Xavier da Silva e Zaidan, 2004: p. 18-19)

No contexto da análise sistêmica da paisagem, pode-se considerar as geotecnologias como um recurso metodológico fundamental para a análise evolutiva do uso e cobertura da terra.

2. Objetivo

Analisar a evolução do uso e ocupação da terra, associado ao tipo de solo e declividade nas cabeceiras dos rios Jauru e Cabaçal no Mato Grosso, nos anos de 1993, 2003 e 2015, por meio de imagens de sensoriamento remoto orbital e Sistema de Informação Geográfica.

3. Material e Métodos

3.1-Área de estudo

O espaço geográfico de estudo (**Figura 2**) está circunscrito às cabeceiras dos rios Jauru e Cabaçal, que totaliza 2.300,47 Km², distribuído nos municípios de Reserva do Cabaçal, Jauru e Tangará da Serra, com altitudes variando de 500 a 700m.

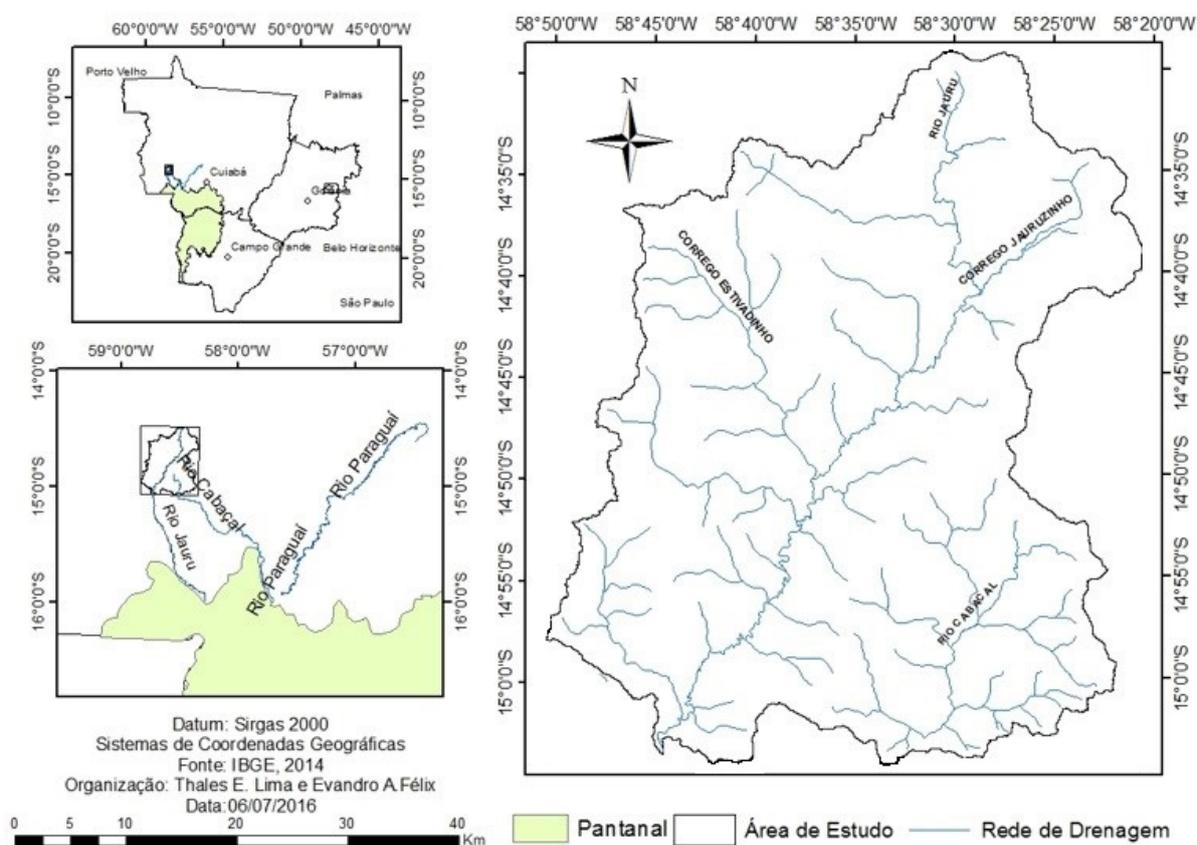


Figura 2. Localização da área de estudo.
Elaboração: Thales E. Lima, Evandro A. Félix (2016).

3.2- Procedimentos metodológicos

Para-se obter a identificação e a mensuração dos tipos de uso da terra, bem como avaliar sua evolução nos anos de 1993, 2003 e 2015, utilizou-se de imagens de satélite processadas em Sistema de informação Geográfica, que permitiu a realização das seguintes operações:

- Delimitação das cabeceiras dos rios Jauru e Cabaçal e suas respectivas redes de drenagem.
- Classificação dos tipos de uso da terra.
- Leitura, visualização, edição e gestão de dados espaciais.

- Para a obtenção dos dados, a serem tratados por *software* SIG, foi realizado trabalho de campo para obtenção e validação de dado espacial, utilizando de GPS – Garmin modelo etrex30, para registro de coordenadas geográficas, câmera fotográfica para registro visual e sistema de mapas off-line n° 5.16.031381.0 (R)2016 HERE (R)2016 Microsoft Corporation para a checagem visual do ponto a ser averiguado em tempo real na imagem georreferenciada.

Para identificação e classificação dos tipos de uso e cobertura da terra utilizou-se de:

- Imagens dos satélites: Landsat 5, sensor Thematic Mapper (1985) e Landsat 8, sensor Operational Land Imager (2015), ambos com resolução espacial de 30 metros;
- Imagens de alta Resolução Google (R)Cnes/Spot/Imag imag/(R)2016 DigitalGlob de 05/09/2016;
- Segmentação de 7x7 pixels para Landsat 5 TM (1993) e 16x16 Landsat 8 OLI (2015);
- Classificação vetorial, usando 100 (cem) amostras no processo de treinamento.
- Exportação do arquivo vetorial (.shp) e elaboração do layout.

Processos de georreferenciamento, segmentação e classificação foram executados utilizando o Spring® 5.2.7 disponível gratuitamente no site do Instituto Nacional de pesquisas Espaciais - INPE (Câmara et al., 1996). Os layouts dos mapas foram desenvolvidos *noware ArcGis, versão 10.2.1* (Esri, 2013). A delimitação das cabeceiras dos rios Jauru e Cabaçal foi efetuada por meio do ArcGis.

O mapa gerado foi validado por dados coletados a campo mediante registro fotográfico, e checados nas imagens de alta resolução, permitindo o estabelecimento de seis classes temáticas no processo de classificação:

- Agricultura – toda área utilizada para uso agrícola;
- Mata de Galeria – toda vegetação que acompanha a rede de drenagem;
- Pecuária - toda a área reserva a criação de gado independente da qualidade da pastagem.
- Silvicultura - toda área destinada a introdução de espécies comerciais exóticas;
- Vegetação natural – toda cobertura natural das áreas compreendidas nas variáveis vegetais do cerro, que não tenha sido alterado pela ação antrópica;
- Vegetação regenerada – considera-se toda área de vegetação que tenha passado por desmatamento, mecanização e plantio de qualquer espécie e que tenha se regenerado após abandono da atividade comercial pretendida.

Para subsidiar a análise foi utilizado o mapa dos tipos de solo (Mato Grosso, 2011) e gerado o de declividade para realização da combinação com o mapa de uso da terra.

4. Resultados e Discussão

Na área de estudo há predominância de cobertura vegetal, com progressivo avanço do uso da terra, no sentido norte-sul, partindo dos Latossolos, para as regiões de Neossolos Quartzarênicos, com topografia variando de suave a levemente ondulado, com ocorrências de sessões escarpadas e ondulada, como será detalhado a seguir.

Os tipos de solo predominante na área de estudo (**Figura 3**) são segundo a SEPLAN (Mato Grosso, 2011):

- **AQd6**- correspondendo aos Neossolo Quartzarênico Distrófico, composto basicamente por Areias Quartzosas;

- **LEd2** - Latossolo Vermelho Distrófico Latossolo Vermelho Escuro distrófico a moderado de textura argilosa;

- **LVd40** - Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico

Os dois últimos tipos de solo, localizados no extremo norte da área de estudo, mais pre-

cisamente na cabeceira do rio Jauru, no limite do divisor de águas das bacias do Paraguai e do Amazonas, ambos totalizando 138,52 Km² de área, sendo que LEd2 possui 98,50 Km² e LVd40 com 40,02 Km² de área.

Na cabeceira do rio Cabaçal e na área de estudo, predomina o Neossolo Quartzarênico com 2.161,95 Km² de área, este reconhecido como solo de alta fragilidade que requer manejo constante para a manutenção do equilíbrio sistêmico, uma vez que:

Baixa capacidade de retenção de umidade, intensa lixiviação, considerável susceptibilidade à erosão e granulometria com teores de areia em torno de 90%, apesar de ter sido encontrado nas análises o índice de 48,35%, tornam estes solos, praticamente, inviáveis para o uso agrícola, sendo a sua utilização restrita à pastagem em regime extensivo com aproveitamento das espécies vegetais nativas predominantemente (Figueiredo et al., 2007: p.9).

O Neossolo Quartzarênico demanda de manejo específico que leve em consideração a manutenção de espécies nativas nos ambientes de uso da atividade pecuária, contudo o trabalho de campo indica a adoção de pecuária extensiva e semi-intensivas com introdução de gramíneas exóticas sem a devida manutenção de espécies nativas, como pode ser constatado nas **Figuras 4 a e b**.

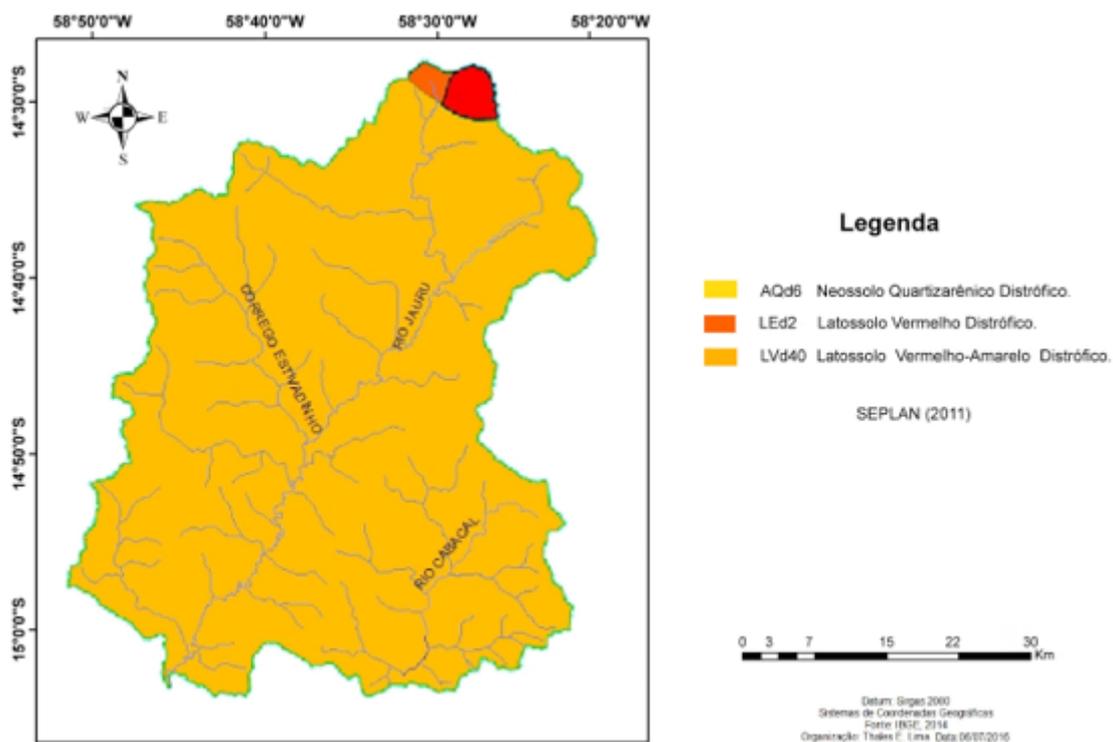


Figura 3. Mapa de Solos das Cabeceiras dos Rios Jauru e Cabaçal.

Elaboração: Thales E. Lima

No período apurado a classe de uso da terra que mais evoluiu foi o uso agrícola, evoluindo da porção norte da área de estudo, ocupando as áreas de Latossolo vermelho e vermelho amarelo, seguindo de norte a sul, acompanhando o sentido da rede de drenagem, rompendo a fronteira dos domínios dos Latossolos e seguindo rumo ao domínio do Neossolo Quartzarênico (**Figuras 3 e 5**).

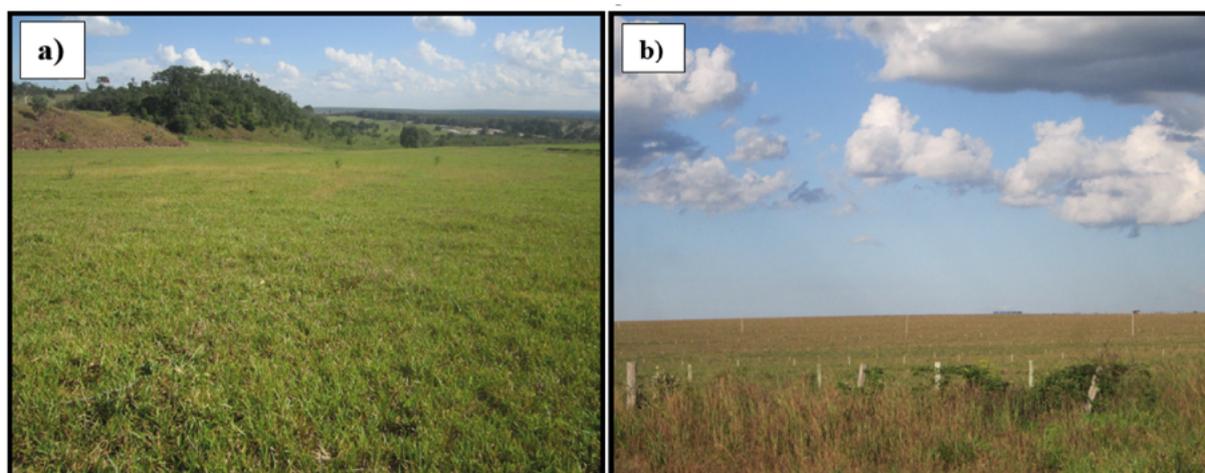


Figura 4. Áreas de pastagem: a) relevo levemente ondulado. b) topografia plana.
Fonte: Félix A. E. (2016).

O uso agrícola no período de 1993 a 2003 apresentou crescimento de 260,5% e de 2003 a 2015 foi de 124,7%, apresentando uma evolução de mais de 700% no intervalo de 22 anos (**Tabela 1**), representando proporcionalmente uma média de crescimento de mais de 30% ao ano, contribuindo assim uma taxa de evolução acelerada acima da média nacional de 7,45% e estadual de 9,25% no período compreendido entre 2003 a 2010 (IPEADATA, 2014)
A pecuária também tem apresentado avanço exponencial, com uma taxa de crescimento de mais de 620% no período estudado (**Tabela 1**), apresentando média de crescimento anual superior a 28%.

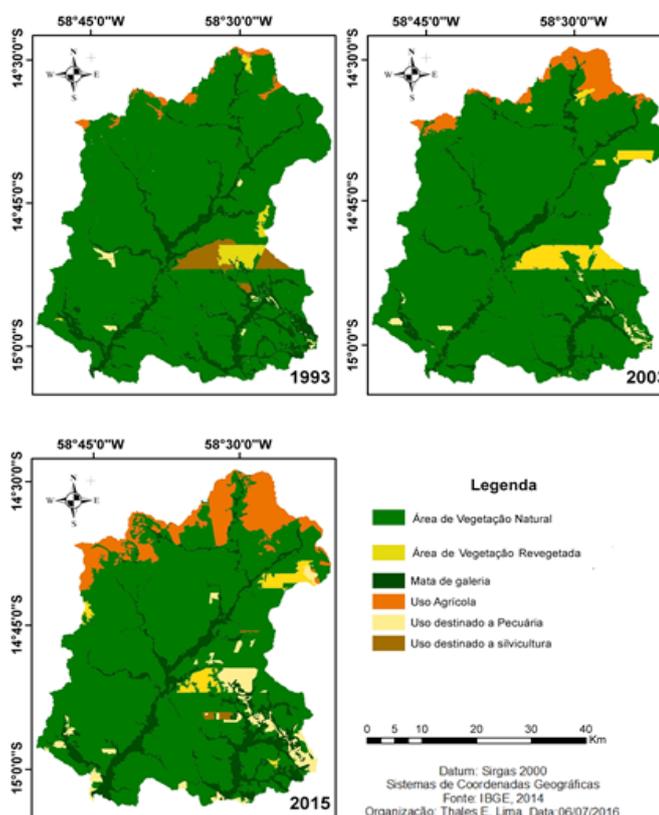


Figura 5. Cobertura Vegetal e Evolução do uso da terra.
Fonte: Thales E. Lima (2016).

Tabela 1. Classes de uso da terra e cobertura vegetal em Km²

Classes de cobertura e uso	Área (Km ²)		
	1993	2003	2015
Agricultura	26,77	96,50	216,89
Mata de Galeria	229,00	171,18	255,43
Pecuária	12,05	16,85	87,58
Silvicultura	52,04	0	7,02
Vegetação Natural	1942,41	1932,46	1684,89
Vegetação Regenerada	38,69	83,32	48,66

A localização e a dinâmica de expansão têm se dado a partir de duas frentes; sendo a primeira, ocupando área de relevo cuja declividade varia de 20% a 75%, classificado como forte ondulado a escarpado. Tal inserção se deu com maior rapidez pós instalação de área de assentamento não legalizado pelo Incra, abrangendo áreas com alto grau de fragilidade, devido a associação da declividade com o tipo de solo (**Figura 3 e 6**). A segunda frente de expansão pecuária tem se dado com maior intensidade nos últimos cinco anos, ocupando espaços ocupados pela classe de cerrado regenerado, e outras áreas de cerrado nativo abertas exclusivamente para a inserção da atividade, estendendo para aos domínios dos Neossolos Quartzarênicos, com topografia variando de 0% a 20%

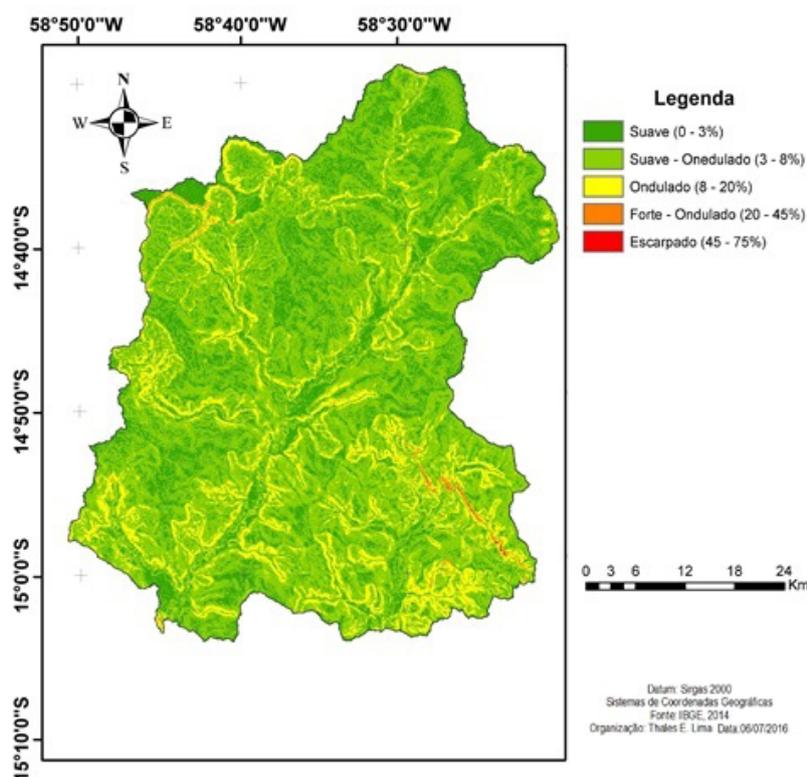


Figura 6. Classes de declividade da área de estudo.

Fonte: Thales E. Lima (2016).

Mesmo apresentando queda de 100% de 1993 a 2003 e de 86,5% no período compreendido entre 1993 e 2015 a silvicultura apresenta potencial de expansão, visto a instalação de empresas voltadas para a atividade na região, onde a reintrodução da atividade após 2003 apresentaram crescimento de 13,46%. O decréscimo da atividade foi devido ao fracasso financeiro de uma empresa que lidava com a atividade, o que acarretou no abandono da área plantada (**Figura**

5). Essa situação propiciou que ocorresse na área a regeneração do Cerrado (**Figura 7**), que permaneceu até 1993, após esse período nessas áreas ocorreu a introdução de pastagens. Neste ponto a que se considerar que a atividade silvícola foi introduzida sob domínio de neossolos quartzarênicos e declividade que varia de 0% a 20%, fato que minimiza os riscos e impactos na perspectiva de erosão laminar.

Associada a classe da silvicultura a classificação de área de vegetação regenerada apresentou evolução de 115,4% de 1993 a 2003 e redução de 41,6% no período seguinte, esta redução se refere a retomada do uso comercial desta classe com a reintrodução do eucalipto e a inserção de uso pela pecuária.

A classe de vegetação natural vem apresentando redução significativa nos períodos apurados, de 1993 a 2003 redução de 0,5% e de 2003 a 2015 redução de 12,8%, a redução está associada ao crescimento das demais classes de uso da terra, conforme dados da (**Figura 5**) e (**Tabela 1**); redução está mais significativa nos domínios de Latossolos, com avanço progressivo sobre domínios dos Neossolos Quartzarênicos, com introdução da pecuária e silvicultura.

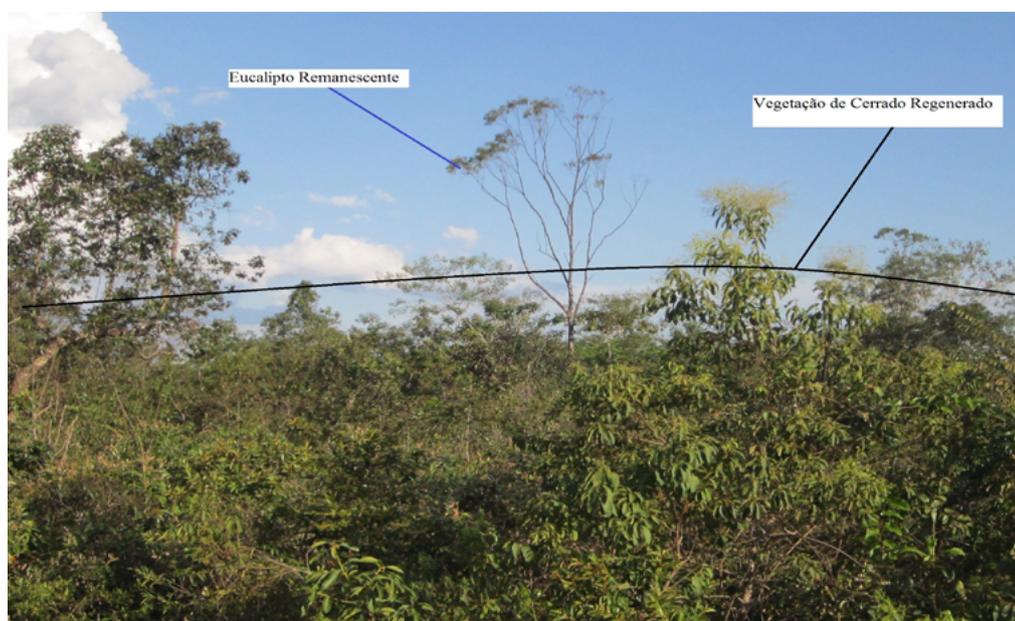


Figura 7. Cerrado regenerado, com destaque para remanescente de eucalipto

Fonte: Félix A. E. (2016).

A classe de matas de galeria apresenta relativa estabilidade, com redução dos percentuais totais na análise do período compreendido entre 1993 a 2003 apresentando redução de 25,2% e de 2003 a 2015 aumento de 49,2%.

Mapeamento por meio de geotecnologias classifica a área como sendo áreas de cobertura vegetal de baixo e médio porte com atividade antrópica moderada com destaque para a presença de culturas perenes e pecuária, com grau de erodibilidade muito alta e extremamente suscetível a erosão hídrica (Carvalho, 2015). Outro estudo aponta a cabeceira do rio Jauru a presença de agricultura mecanizada, com trechos de vegetação nativa ou remanescente (Andrade et al., 2012: p. 87).

Sobre a associação de uso da terra e planejamento de ocupação da cabeceira do rio Jauru, ressalta-se que a ação antrópica por meio da retirada de material de empréstimo (cascalho) para a construção de estadas e a introdução de lavouras e pastagem, ao longo de vinte anos desencadeou o desenvolvimento de voçorocas e assoreamento das áreas de preservação permanente e leito. (Siebert, Vecchiato, Salomão F, 2014: p.7).

Outro estudo a respeito do uso da terra em áreas de Neossolos Quartzarênicos aponta para a fragilidade do ambiente, ponderando que: verificou que neste ocorreu médio conflito de uso, devido provavelmente ao uso, porém em trabalho de campo na bacia, pode-se constatar os efeitos do manejo inadequado destes solos sob pastagens, no qual se constatou inúmeros processos erosivos, com presença de muitas voçorocas, indicando que práticas de conservação do solo devem ser iniciadas para que esses processos não avancem (Carvalho, 2014: p. 5)

Trabalhos anteriores evenciam a necessidade do uso destas informações para o planejamento adequado a área, tendo em vista a característica frágil desta paisagem, que demonstra a necessidade de ações na perspectiva sistêmica para o equilíbrio adequada de seus componentes.

5. Conclusões e Sugestões

Verificou-se progressivo avanço da agricultura, pecuária e silvicultura, a princípio sobre áreas de Latossolos e posteriormente sobre domínios de Neossolos Quartzarênicos, com alto grau de fragilidade; e no sentido inverso e proporcional observa-se a redução das matas de galeria, vegetação nativa e cerrado regenerado.

Recomenda-se o desenvolvimento de estudos visando mensurar os impactos de cada tipo de uso da terra nas condições levantadas por este trabalho, bem como o impacto da redução da cobertura vegetal, a fim de subsidiar ações voltadas ao desenvolvimento e manejo sustentável da área, objetivando a manutenção dos cursos hídricos em fluxo contínuo para a bacia pantaneira.

Referências

- Andrade, L.N.P.S et.al. Uso e ocupação da bacia hidrográfica do Rio Jauru. In: Souza C. A; Sousa, J. B; Andrade, L.N.P.S. (Org.) **Bacia Hidrográfica do Rio Jauru - Mato Grosso**. São Carlos, SP: Rima, 2012. p. 82 -120.
- Câmara, G.; Freitas, U. M.; Souza, R. C. M.; Garrido, J. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. *Computers and Graphics*, v. 15, n. 6, p. 13-22, 1996.
- Carvalho, J. M. **Degradação dos solos por erosão hídrica, sob áreas de pastagem, na bacia hidrográfica do rio Cabaçal - região sudoeste do estado de Mato Grosso, Brasil**. 2015. 54p. Dissertação (Mestrado em Ambientes e Sistema de Produção Agrícola) - Universidade do Estado de Mato Grosso. Tangara da Serra. 2015.
- Carvalho, J. M. **Conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Cabaçal – MT**. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 5., 2014. Campo Grande. Anais... Embrapa Informática Agropecuária: INPE, p. 166 -176.. Disponível em: <<https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2014/cd/p30.pdf>.> Acesso em: 24 jun. 2015.
- IPEADATA. **Regional Agropecuária, Área Agrícola**. Disponível em <: <http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acessado em: 26 jun. 2016.
- Cunha, J. M. P. **A dinâmica migratória e o processo de ocupação do Centro-Oeste Brasileiro: o caso de Mato Grosso**. Campinas, mar. 2011. Disponível em:< http://www.nepo.unicamp.br/publicacoes/textos_nepo/textos_nepo_60.pdf> Acesso em: 06 jun. 2016.
- Figueiredo, M.; Ribeiro, J. C.; Tocantins, N. **Levantamentos Fitogeográficos e pedológicos aplicados na diagnose e prevenção dos processos erosivos nas sub-bacias dos córregos Dracena e Guanabara no município de Reserva do Cabaçal/MT**. In: 12º Encontro de Geógrafos da América Latina, v. 12.; 2011. San José - Costa Rica. Jun. 2011. Disponível em:< <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egall2/Procesosambientales/Ecologia/28.pdf>>.Acessado em. 20 jun.2016.
- Guedes J, E. **Avaliação da erosão hídrica de superfície e transporte de sedimentos através do modelo hidrossedimentológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool)**. 2015. 92 p. Dissertação (mestrado em Geociências e Meio Ambiente.) - Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 2015.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3º ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 171p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico em Geomorfologia** 2º ed. Rio de Janeiro 2009. 175p.

Junqueira Júnior, J. A. **Escoamento de nascentes associado à variabilidade espacial de atributos físicos e uso do solo em uma bacia hidrográfica de cabeceira do Rio Grande, MG.** 2006. 84 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

Mato Grosso (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. **Mapa de solos do estado de Mato Grosso. [Cuiabá]**, 2001. A001 Mapa:108,16 x 66,36 cm. Escala. 1:1 500 000.

Serpa, P. **Povos Indígenas no Brasil, Bororos.** Instituto socioambiental. Disponível em:<<https://pib.socioambiental.org/pt/povo/bororo/248>>. Acesso: dia 27 maio. 2016.

Siebert D. E. Vecchiato A. B., Salomão F. X. de T. **Descrição do Uso e Ocupação da Cabeceira do Rio Jauru (MT) e Caracterização dos Processos de Degradação Ambiental.** Scientific Journal Eng. and Science, v. 1, n. 1. p 1-8. 2014.

Toniazzi, S. L. L. **Projeto Tucum e Formação de Professores Bororo em Meruri.** 2002. 64p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Católica Dom Bosco. Campo Grande. 2002.

Xavier Da Silva, J. Zaidan, R.T (org.) **Geoprocessamento & Meio Ambiente.** Rio de Janeiro. Bertrand 2011. 328p.



Análise multitemporal, com base no Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), da cobertura vegetal da Reserva Particular de Patrimônio Natural Penha (RPPN Penha), em Corumbá/MS

Marcus Vinicius Freitas Bezerra ¹
Thaís Rodrigues Alves ¹
Antônio Conceição Paranhos Filho ¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS
Cidade Universitária, Caixa Postal 549
79070-900 – Campo Grande – MS, Brasil
marcusxp@hotmail.com
thais.lotes@gmail.com

Resumo. O presente trabalho apresenta a aplicação de métodos de Sensoriamento Remoto para análise e medição de biomassa vegetal da Reserva Particular de Patrimônio Natural Penha (RPPN Penha). Localizada no Pantanal de Mato Grosso do Sul, especificamente no município de Corumbá, a RPPN Penha desempenha um papel importante para a conservação das características da Serra do Amolar intimamente associada ao Pantanal como um todo. A avaliação, realizada de forma multitemporal, aplica a equação do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) às imagens de satélite Landsat 5 - sensor TM - e Landsat 8 - sensor OLI, além do Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS, versão 2.4 (QGIS Development Team, 2015). O estudo do comportamento espaço-tempo foi o de 28 anos (1987-2015), divididos em 4 (quatro) períodos. Tanto a RPPN Penha como seu entorno foram analisados e constatados a conservação de ambos através do índice de vegetação.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, RPPN Penha, Pantanal, NDVI.

Abstract. This article presents the application of Remote Sensing methods for analysis and measurement of biomass of Private Natural Patrimony Reserve Penha (Penha PNPR). Located in the Pantanal of Mato Grosso do Sul, specifically in the city of Corumbá, the PNPR Penha plays an important role in the conservation of the Serra do Amolar characteristics, closely associated with the Pantanal as a whole. The evaluation, carried out multitemporal way, apply the equation of NDVI (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) at the Landsat 5 satellite images - sensor TM - and Landsat 8 - OLI sensor, in addition to the Geographic Information System (GIS) QGIS version 2.4 (QGIS Development Team, 2015). The study of space-time behavior covered about 28 years (1987-2015) and it was divided into four (4) periods. Both PNPR Penha and its surroundings were analyzed.

Key-words: Remote Sensing, PRNP Penha, Pantanal, NDVI.

1. Introdução

O trabalho a seguir tem como objetivo realizar uma análise multitemporal do índice de vegetação da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Penha (**Figura 1**). Através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), buscou-se verificar a concentração da biomassa da RPPN. A ECOTRÓPICA – Fundação de Apoio à Vida nos Trópicos, por meio do Instituto Homem Pantaneiro – é a responsável pela conservação da natureza local.

Criada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), através da Portaria Nº 07, de 19 de fevereiro de 1997, a RPPN possui 13.100 hectares e está localizado no município de Corumbá, estado de Mato Grosso do Sul, na borda oeste do Pantanal brasileiro, na margem direita do rio Paraguai, fronteira com o estado de Mato Grosso e da Bolívia. Suas Coordenadas UTM são: 441202 E; 802806267 S, e Ponto 227; Órbita 072. Situa-se na sub-região do Pantanal denominada Tuiuiú, levando-se em consideração o limite de Pantanal proposto por MIOTO *et al.* (2012). Seu acesso dá-se por meio fluvial, pelo rio Cuiabá a partir da cidade de Poconé (MT) ou pelo rio Paraguai, em Corumbá (MS) e também por meio de pista de pouso para pequenas aeronaves.

A RPPN possui uma parte de sua área inserida na Serra do Amolar, a qual possui características únicas que se distinguem da Planície do Pantanal por possuir um complexo de formações rochosas que compõem e formam a paisagem singular da região. Por essa singularidade (transição abrupta entre ambientes alagados e montanhosos) a preservação da Serra do Amolar é primordial (ECOTRÓPICA, [2016]).

Considerando o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, as RPPN's correspondem às Unidades de Conservação de Uso Sustentável. Brasil (2006) condiciona seus usos, que envolvem a conservação da diversidade biológica e a utilização para pesquisas científicas, o ecoturismo e a educação ambiental.

2. Objetivo

O presente trabalho objetiva a utilização de métodos de Sensoriamento Remoto aplicados ao monitoramento ambiental em Unidade de Conservação. Trata-se de uma análise e medição da biomassa vegetal, realizada de forma multitemporal, da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Penha. Através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) pretende-se evidenciar uma importante forma para acompanhamento da evolução da vegetação da Reserva, podendo, desta forma, ampliar os estudos à todas as RPPN's localizadas no Pantanal.

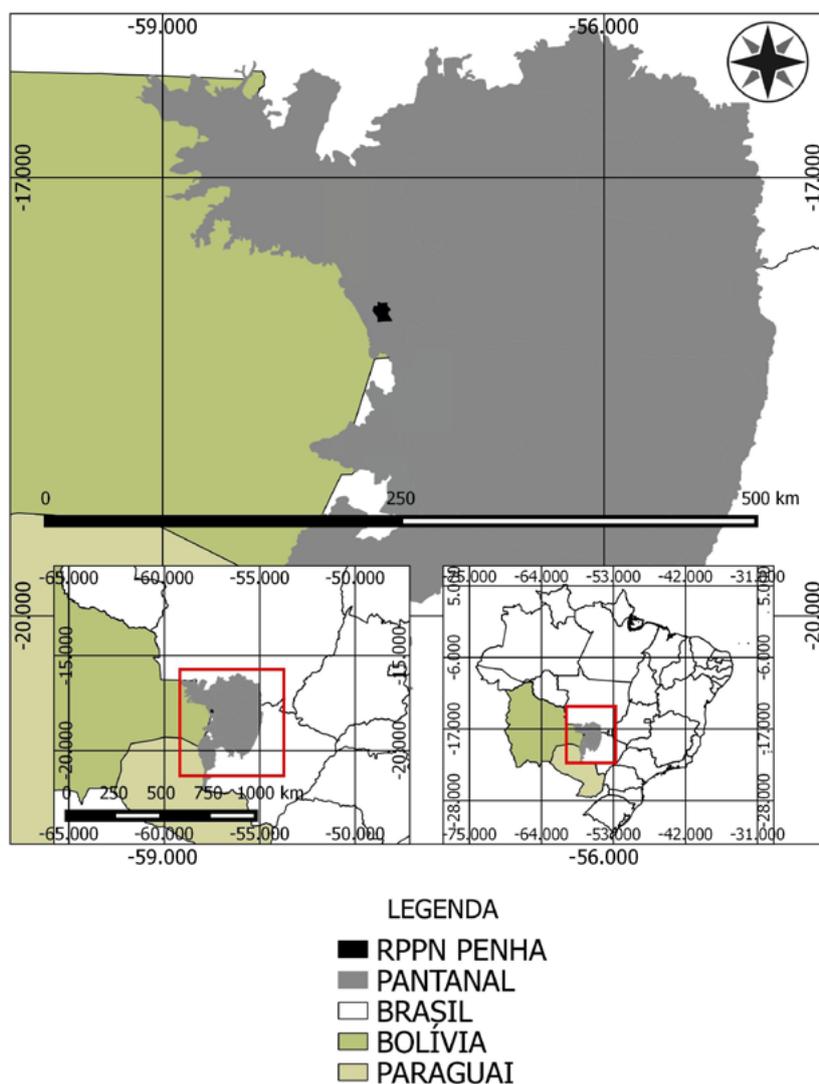


Figura 1. Mapa de localização. BEZERRA, Marcus (2016)

3. Materiais e Métodos

Pela importância do Pantanal como um importante ecossistema, a análise realizada leva em consideração o período de 28 anos, divididos em 4 (quatro) períodos, de forma a verificar as alterações na concentração de biomassa na Unidade de Conservação (UC). Para isso, foram utilizadas imagens dos satélites Landsat 5 - sensor TM - e Landsat 8 - sensor OLI, adquiridas gratuitamente do portal USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos - já devidamente georreferenciadas e com correção atmosférica.

As imagens Landsat 5, sensor TM, são datadas de 1987 (dez anos antes da criação), 1997 (ano de criação legal) e de 2007 (dez anos após sua criação); já as imagens Landsat 8, sensor OLI, são do ano de 2015 (18 anos depois da criação da Unidade) (Earth Explorer, 1987, 1997, 2007, 2015). Todas as imagens são de períodos de estiagem, ou seja, meses de agosto e setembro para que, apesar de já possuírem correção atmosférica, constituíssem imagens com menores interferências atmosféricas.

Utilizou-se nesta análise o Sistema de Informações Geográficas (SIG) QGIS versão 2.4 (QGIS Development Team, 2015), SIG livre e gratuito. A partir da junção das bandas espectrais de interesse, dando origem a mosaicos, realizou-se o cálculo de NDVI para cada ano, a partir da calculadora *raster* do referido SIG.

“O índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um modelo resultante da combinação dos níveis de reflectância em imagens de satélites, que provém da equação composta pelas respostas das bandas espectrais do vermelho e infravermelho”. (Ramos et al., 2010)

Seu índice possui variação que parte de -1 até 1, sendo que, para este trabalho, valores entre -1 e 0 representam corpos d’água e áreas úmidas, valores em 0,2 representam solo exposto, acima de 0,2 a 0,55 representam vegetação rasteira e valores acima de 0,55 até 1 representam vegetação arbórea.

O NDVI, proposto por rouse et al. (1973), é calculado pela seguinte relação:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$$

Na qual, **NIR** é a reflectância da vegetação na banda do infravermelho próximo (*Near-Infrared*) e **R** é a reflectância da vegetação na banda do vermelho (*red*).

“A banda vermelho auxilia na análise de condições vegetativas das plantas. Oferece informações diretamente relacionadas à saúde vegetal, demonstradas pela produção de clorofila e padrões de crescimento de determinadas algas e plantas” (Novaterra, [2016]).

A banda Infravermelho Próximo auxilia na análise e composição de índices de vegetação e estudo de biomassa verde (NOVATERRA, [2016]). A partir da área da UC, foram gerados *buffers* corroborando para o estabelecimento de zonas de amortecimento, sendo estes de 3 km e 10 km, para cada ano, o que possibilitou analisar a concentração da biomassa também na área de entorno da mesma. As zonas de amortecimento desempenham importante relação na conservação das UC’s haja vista que são os primeiros locais a perceberem impactos ambientais causados em suas proximidades.

Com a geração dos *buffers*, foram extraídos os **metadados** com os valores médios de NDVI. Assim, encaminhados a uma tabela e a um gráfico, em Microsoft Excel (Windows).

4. Resultados e Discussão

A partir da extração dos valores médios de NDVI de cada ano, foi realizada uma análise da qual se possibilitou fundamentar o que segue.

A avaliação do Índice de Vegetação pela Diferença Normalizada levou em consideração a área da UC Penha e suas duas zonas de amortecimento criadas, conforme **Tabela 1** e **Figura 2**.

Tabela 1. Média do NDVI em análise segmentada.

	ANO 1987	ANO 1997	ANO 2007	ANO 2015
UC PENHA	0,512784957	0,511587167	0,406169821	0,602404626
Zona de Amortecimento 3,000 metros	0,443087418	0,425263914	0,341955106	0,514991179
Zona de Amortecimento 10,000 metros	0,444651213	0,402289482	0,348636989	0,526953866

De acordo com a tabela e o gráfico acima, observa-se que a concentração da biomassa na UC manteve-se substancialmente semelhante nos anos de 1987 e 1997, apresentando um índice menor no ano de 1997 tanto na área da mesma como em suas zonas de amortecimento. Já no ano de 2007, há um elevado declínio de seu índice, tanto para a área da unidade como para seu entorno. O índice que era de 0,51 nos anos de 1987 e 1997 caiu para 0,40 no ano em questão, semelhante ao que ocorreu em sua área de entorno. Já em 2015, o índice médio da UC passa para 0,60 e de suas zonas de amortecimentos para 0,51 e 0,52, considerando o entorno de 3 km e 10 km, respectivamente.

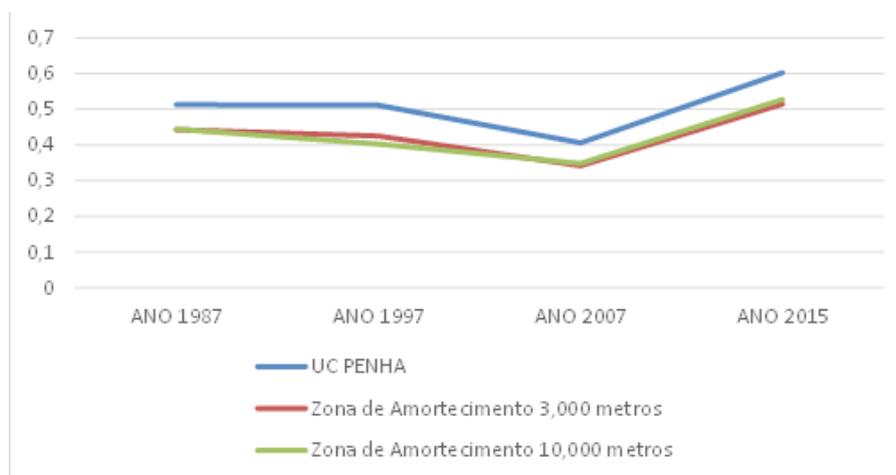


Figura 2. Média do NDVI em análise segmentada.

5. Conclusões

A análise realizada permite-nos identificar aspectos de relevância na utilização das técnicas de Sensoriamento Remoto para o monitoramento ambiental, destaca a aplicabilidade do SIG QGIS que, mesmo consistindo num software livre e gratuito, proporcionou a elaboração deste trabalho, ressaltando a importância e eficácia da correta manipulação das imagens de satélite. Da mesma forma, a análise realizada permitiu evidenciar o NDVI como importante índice de avaliação de biomassa vegetal, assim como foi possível constatar que o objetivo da criação da RPPN Penha, que consiste na preservação de sua biomassa, está sendo alcançado no decorrer dos anos, contribuindo, conseqüentemente, para a conservação do Pantanal.

6. Referências

- BRASIL (1996). Decreto nº 1992, de 5 de junho de 1.996. Dispõe sobre o reconhecimento das Reservas Particulares do Patrimônio Natural, e dá outras providências.
- BRASIL (1997). Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Programa Nacional do Meio Ambiente. Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP) . v. 2. Brasília: MMA/ SEMAM/ PNMA.
- BRASIL (2000). Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2.000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e IV da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.
- BRASIL (2006). Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. Regulamenta o art. 21 da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2.000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza.
- ECOTRÓPICA. Reserva Particular do Patrimônio Natural [2016]. Disponível em:<<http://www.ecotropica.org.br/rppns/1>>. Acesso em: 4 de abr. 2016.
- MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C.; ALBREZ, E. A. Contribuição à caracterização das sub-regiões do Pantanal. UFGD, Entre-lugar, Dourados, MS, ano 3, n.6, p 165 – 180, 2, semestre de 2012.
- Novaterra Soluções em Geoinformações. Imagens de Satélite – WorldView 2 [2016]. Disponível em:<novaterra-geo.com.br/imagens-de-satelite-worldview-2/>. Acesso em 5 de abr. 2016.
- Oliveira, A.k.m.; Pagotto, T.c.s.; Paranhos Filho, A.c.; Moreira, E.S. (2012) O desmatamento no Pantanal: causas e conseqüências. In: Alves G.l.; Mercante M.A.; Favero, S. (Org.). Pantanal Sul-Mato-Grossense: ameaças e propostas. 1. ed. Campinas: Autores Associados. v. 1, p. 29-58.

Paranhos Filho, A.C.; Lastoria, G.; Torres, T.G. (2008) Sensoriamento remoto ambiental aplicado: introdução às geotecnologias. Campo Grande: Ed. UFMS. 198 p.

Quantum Gis Development Team, <2015>, Quantum GIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Projetc. Disponível em:<<http://qgis.osgeo.org>>. [2015].

Ramos R. R. D., Lopes H. L., Melo Junior, J. C. F., Candeias A. L. B., Siqueira Filho J. A. Aplicação do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Avaliação de áreas Degradadas e Potenciais para Unidades de Conservação. Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife – PE. 2010. p. 001 – 006.

Rouse, J.W. Haas, R.h. Schell, J.A. Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite). Third ERTS (Earth Resources Technology Satellite) Symposium, Greenbelt, MD, NASA (National Aeronautics and Space Administration) SP-351 I pp. 309-317. 1973.

USGS. Serviço Geológico dos Estados Unidos. Disponível em:<www.earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em 2, 3 e 4 de fev. 2016.

WIKIPARQUES. Reserva Particular do Patrimônio Natural Acurizal e Penha [2016]. Disponível em:<www.wikiparques.org/wiki/RPPN_Acurizal_e_Penha>. Acesso em 4 de abr. 2016.



Estimativa de evapotranspiração real diária para o município de São Gabriel do Oeste utilizando algoritmo SEBAL e imagens Landsat 8

Bruno Bornemberger da Silva 1
Carlos Eduardo Vizzotto Cattani 1
Lucas Volochen Oldoni 1
Erivelto Mercante 1
João Francisco Gonçalves Antunes 2
Júlio César Dalla Mora Esquerdo 2

¹ Universidade Estadual do oeste do Paraná - UNIOESTE
PGEAGRI - Pós Graduação em Engenharia Agrícola
Rua Universitária, 2069 - Caixa Postal 701
85801-100 - Cascavel - PR, Brasil
{bruno.silva3, carlos.cattani, lucas.oldoni, erivelto.mercante}@unioeste.br

² Embrapa Informática Agropecuária
Av. Dr. André Tosello, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 - Campinas - SP, Brasil
{joao.antunes, julio.esquerdo}@embrapa.br

Resumo. Estimativas de evapotranspiração real são informações importantes para previsão de produtividade agrícola. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo estimar a evapotranspiração real diária (ETr) em São Gabriel do Oeste, município de grande produção agrícola do Estado do Mato Grosso do Sul. Para o estudo foi utilizado o algoritmo SEBAL com dados de bases meteorológicas e imagens Landsat 8, imagens OLI/TIRS. Foram elaborados mapas dos parâmetros estatísticos, calculados para diferentes classes de ocupações do solo provenientes das imagens do Landsat 8. O algoritmo SEBAL calcula a evapotranspiração diária a partir do fluxo de calor latente, o qual é estimado a partir do balanço de energia da superfície. As maiores **médias** de valores de Calor Latente (LE) foram encontradas em áreas de vegetação nativa, seguidos de valores próximos para água e agricultura. Os valores médios mais baixos encontrados foram encontrados em áreas urbanas e solo exposto. A evapotranspiração real diária (ETr) teve comportamento semelhante a LE, com os maiores valores médios para vegetação nativa, água e agricultura, e os valores médios mais baixos foram encontrados nas áreas urbanas e em regiões com solo exposto, respectivamente. O algoritmo SEBAL utilizando dados de superfície e imagens do Landsat 8, imagens OLI/TIRS, apresentou resultados satisfatórios para monitoramento da evapotranspiração real diária (ETr).

Palavras-chave: sensoriamento remoto, processamento de imagens, evapotranspiração, balanço de energia.

Abstract. Actual evapotranspiration estimates are important information for forecasting agricultural productivity. In this context, this work aimed to estimate the daily evapotranspiration (ET_r) in Sao Gabriel do Oeste, county of great agricultural production of the Mato Grosso do Sul State. For the study were used the SEBAL algorithm with data from weather databases and data from Landsat 8, OLI/TIRS images. Maps were generated for statistical parameters calculated for different types of land cover. SEBAL algorithm calculates the daily evapotranspiration from the latent heat flux, this estimated by the surface energy balance. The highest means of latent heat (LE) were values found in areas of native vegetation, followed by water and agriculture. The lowest average values were found in urban and bare soil areas. Similar pattern was found for ET_r, with the highest average values for native vegetation, water and agriculture, the lowest values were also found in urban areas and with bare soil respectively. SEBAL algorithm presents satisfactory results for monitoring the daily actual evapotranspiration using surface data and Landsat 8, OLI/TIRS images.

Key-words: remote sensing, image processing, evapotranspiration, energy balance.

1 - Introdução

A partir da safra 2011/2012 a região Centro-Oeste ultrapassou pela primeira vez a região Sul em produção e tornou-se a região que mais produziu grãos no Brasil com cerca de 71 milhões de toneladas (CONAB, 2016).

A agricultura é uma atividade de elevado risco e significativas incertezas. Essas variáveis decorrem tanto da instabilidade de origem climática e das ameaças sanitárias, quanto das oscilações do mercado. Uma adequada gestão de riscos agrícolas pode afetar positivamente a estabilidade financeira da atividade. No entanto, essa gestão mostra-se complexa, exigindo, dentre outros, boa capacidade gerencial, elevado conhecimento tecnológico e sobre tudo um alto nível de informações permanentemente atualizadas (Guimarães e Nogueira, 2009).

O uso de tecnologias de geoprocessamento e do sensoriamento remoto podem fornecer aos agricultores e gestores agrícolas informações a respeito das lavouras, as quais diminuem os riscos da produção agrícola em escalas local, regional e nacional. Como exemplo citam-se, tomadas de decisões e as políticas públicas adotadas baseando-se em informações extraídas de imagens de satélite, como estimativa de áreas de cultivo e produtividade realizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB). Com isso, o atual sistema de previsão de safras brasileiro tornou-se mais eficiente e dinâmico, permitindo aquisição de informações mais precisas, em tempo hábil e com melhor relação custo/benefício sobre a extensão territorial, e as condições de desenvolvimento e o potencial produtivo das culturas agrícolas (Motta et al., 2003).

Agricultores que utilizam da tecnologia de irrigação com intuito de amenizar os riscos de produção, devem ter conhecimento da evapotranspiração a qual representa as reais necessidades hídricas da cultura, atendendo desta forma os conceitos de desenvolvimento sustentável, evitando o desperdício dos recursos hídricos. Portanto, partindo-se de estimativas dos fluxos radiativos e energéticos de grandes áreas agrícolas, os quais podem ser obtidos por meio do sensoriamento remoto orbital, se torna possível primeiramente o entendimento da dinâmica deste fluxos no ambiente, mas principalmente a determinação destes componentes do balanço de energia permitem a estimativa de evapotranspiração. Além disso, essa variável é uma componente essencial em modelos hidrológicos, usada ainda para estimativa de umidade no solo, variável de entrada para modelos de previsão do clima e inundações (Allen et al., 2007).

Para estimar a evapotranspiração real (ET_r) em diversos tipos de ecossistema vem sendo utilizado o algoritmo SEBAL (*Surface Energy Balance Algorithm for Land*) proposto por Bastiaanssen (2000), que pode ser aplicado em dados radiométricos de qualquer sensor remoto orbital que efetue medidas de radiância no espectro do visível, infravermelho próximo e infravermelho termal, sendo necessário também a utilização das variáveis velocidade do vento e

temperatura, as quais podem ser obtidas em estações meteorológicas, além do mapeamento do uso e ocupação do solo.

Um dos produtos que pode ser utilizado do sensoriamento remoto para tais fins, são os índices de vegetação, os quais podem ser definidos como combinações matemáticas de bandas espectrais de sensores que permitem ressaltar a resposta espectral da vegetação em relação à resposta espectral de outros alvos, como por exemplo, o solo (Jackson, 1983).

Os índices de vegetação são diretamente relacionados a parâmetros agronômicos, como o índice de área foliar (IAF) (Breunig et al., 2011), biomassa e cobertura vegetal (Huete et al., 2002). Segundo Ponzoni (2001), as bandas do vermelho e infravermelho próximo fornecem mais de 90% das informações espectrais da vegetação. Com o aumento da cobertura vegetal, a refletância tende a diminuir na região do vermelho e aumentar na região do infravermelho próximo. Com isso, os índices de vegetação exploram o contraste nos valores de refletância destas duas faixas espectrais (Huete, 1999). Dentre as técnicas de processamento de imagens, uma das mais utilizados para mapeamento é a classificação supervisionada, que é um procedimento usado para identificar alvos espectralmente semelhantes numa imagem. O usuário identifica várias regiões conhecidas de interesse e o algoritmo escolhido extrapola essas características espectrais para classificar a imagem (Castillejo - González et al, 2009).

2 - Objetivo

Diante do exposto, o objetivo do trabalho foi obter a estimativa da evapotranspiração real diária (ET_r) para o município de São Gabriel do Oeste - MS, com a utilização do algoritmo SEBAL e por meio de imagens do satélite Landsat 8, sensor OLI/TIRS.

3 - Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no município de São Gabriel do Oeste, localizado no Estado do Mato Grosso do Sul, coordenadas latitude 19° 23' 37''S e longitude 54° 33' 49''W. O município pertence em sua maior parte as sub-bacias dos rios Aquidauana e Coxim, tributários do Rio Taquari. Estas redes de drenagem convergem para o Pantanal que se juntam e compõe o sistema hidrográfico da Bacia do Alto Paraguai (BAP), conforme ilustrado pela **Figura 1**, com destaque para o mapa de localização do município.

O clima da região é caracterizado como tropical de estação seca (Aw), com precipitação média de 1500 mm e temperatura média de 18°C (Embrapa, 2003). Os dados das medições meteorológicas foram obtidos gratuitamente da estação automática do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) situada nas coordenadas de latitude 19° 25' 13' S e longitude 54° 25' 11' W, com altitude de 646 m, localizada no próprio município em estudo.

Os procedimentos para cálculos da estimativa da ET_r, do índice de vegetação NDVI (Rouse et al., 1973) e das classificações foram realizados a partir de imagens geradas pelo sensor espectral OLI (*Operational Land Imager*)/TRIS (*Thermal Infrared Sensor*), que se encontra a bordo do satélite Landsat 8, o qual capta imagens que possuem resolução espacial de 30 m para as bandas refletivas 1 a 7, e 100 m nas bandas termais 10 e 11, sendo a banda pancromática 8 com resolução de 15 m (NASA, 2016).

O algoritmo SEBAL calcula a evapotranspiração horária a partir do fluxo de calor latente, sendo estimado como resíduo do balanço de energia na superfície (Allen et al., 2002), conforme demonstrado pela Equação 1.

$$LE=R_n - G - H \quad (1)$$

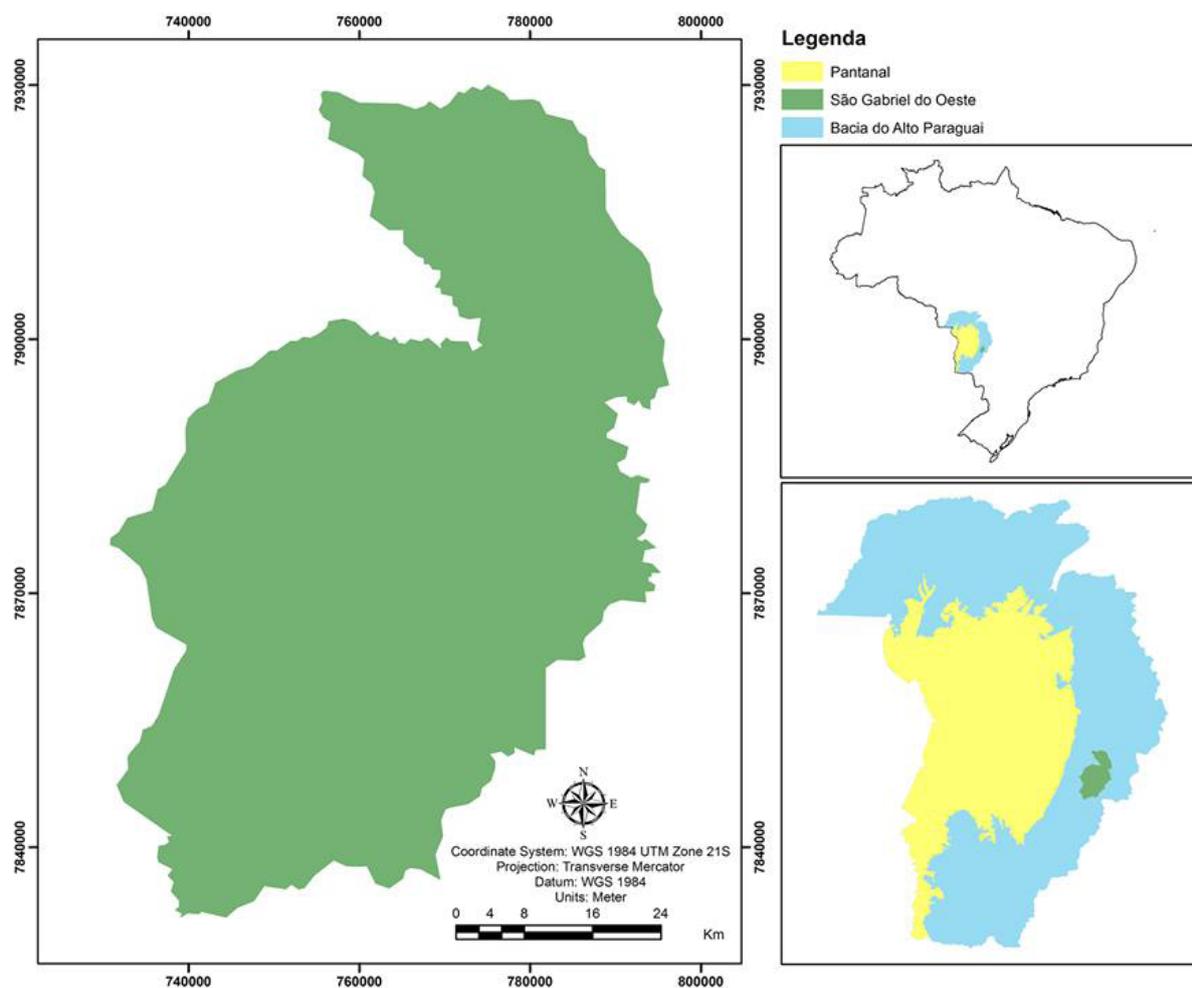


Figura 1. Mapa de localização do Município de São Gabriel do Oeste - MS.

Em que: LE é fluxo de calor latente Wm^{-2} ; R_n é balanço de radiação na superfície Wm^{-2} , G é fluxo de calor no solo Wm^{-2} ; e H é o fluxo de calor sensível Wm^{-2} .

A seguir são explicitados os procedimentos principais do algoritmo SEBAL, detalhando-se somente as etapas necessárias à análise dos resultados. Para descrição completa, pode ser consultado o trabalho de Bastiaanssen (2000).

Para o saldo de radiação (R_n), o qual representa a radiação disponível na superfície, são considerados tanto a radiação de onda longa quanto a radiação de onda curta. Um fluxograma do processo é apresentado na **Figura 2**.

Utilizando a equação empírica apresentada por Bastiaanssen (2000), o fluxo de calor no solo (Wm^{-2}) pode ser obtido, representando valores próximos ao meio-dia, de acordo com a Equação 2:

$$G = \left[\frac{T_s}{\alpha} (0,0038\alpha + 0,0074\alpha^2)(1 - 0,98NDVI^4) \right] R_n \quad (2)$$

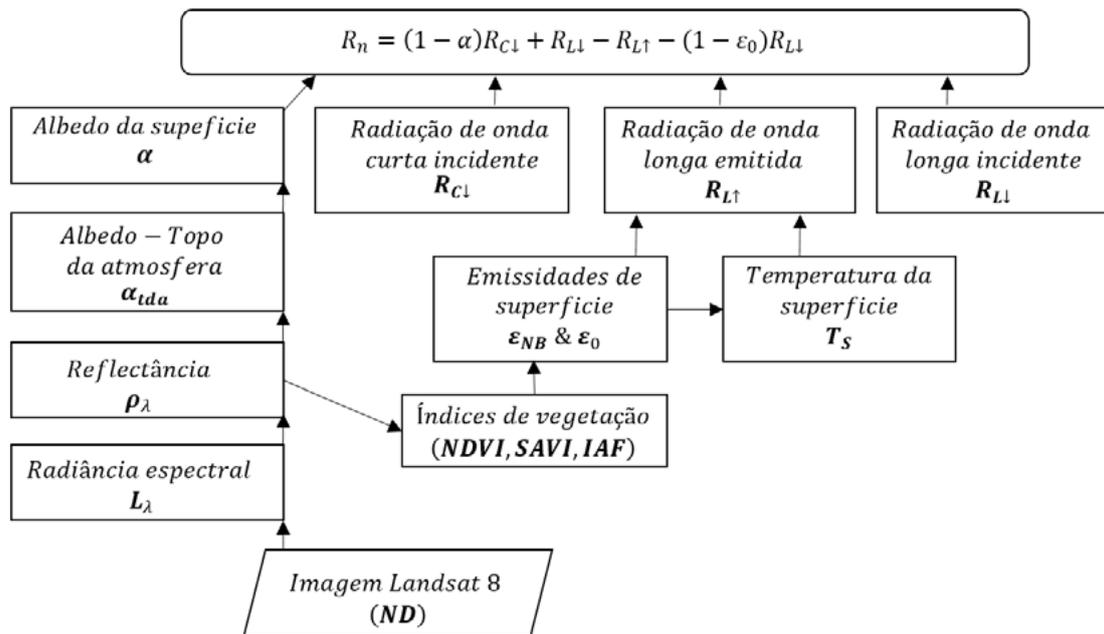


Figura 2. Fluxograma da metodologia de cálculo do saldo de radiação.
 Fonte: Adaptado de Allen et al. (2002).

Em que: T_s é a temperatura de superfície ($^{\circ}\text{C}$); α é o albedo da superfície (adimensional); NDVI é o índice de vegetação (adimensional); e R_n é o saldo de radiação (Wm^{-2}).

A estimativa deste fluxo é feita baseada na velocidade do vento, rugosidade e temperatura da superfície usando uma calibração interna da diferença da temperatura entre os dois níveis próximos à superfície, conforme Equação 3:

$$H = \frac{\rho C_p dT}{r_{ah}} \quad (3)$$

Em que: ρ é a densidade do ar úmido (kg m^{-3}); C_p é o calor específico do ar à pressão constante (1004 J Kg^{-1}); dT é a diferença de temperatura (K) entre dois níveis; e r_{ah} é a resistência aerodinâmica ao transporte de calor (s m^{-1}).

Esta equação apresenta a dificuldade em sua resolução, uma vez que existem duas incógnitas r_{ah} e dT . Para facilitar o cálculo, são escolhidos dois pixels denominados âncora (quente e frio) a partir das imagens de temperatura de superfície (T_s). Para o pixel quente, admite-se fluxo de calor latente nulo ($LE = 0$), enquanto para o pixel frio não há fluxo de calor sensível ($H = 0$). A escolha destes pixels auxiliam na determinação da resistência aerodinâmica r_{ah} e a variação da temperatura (dT). O fluxograma do processo iterativo para a estimativa do fluxo de calor sensível (H) é representado na **Figura 3**.

O algoritmo SEBAL estima o fluxo de calor latente com o método residual da equação do balanço de energia. Portanto, uma vez obtidos os fluxos de calor sensível, no solo e o saldo de radiação, o calor latente pode ser obtido pela Equação 1, como já demonstrado anteriormente.

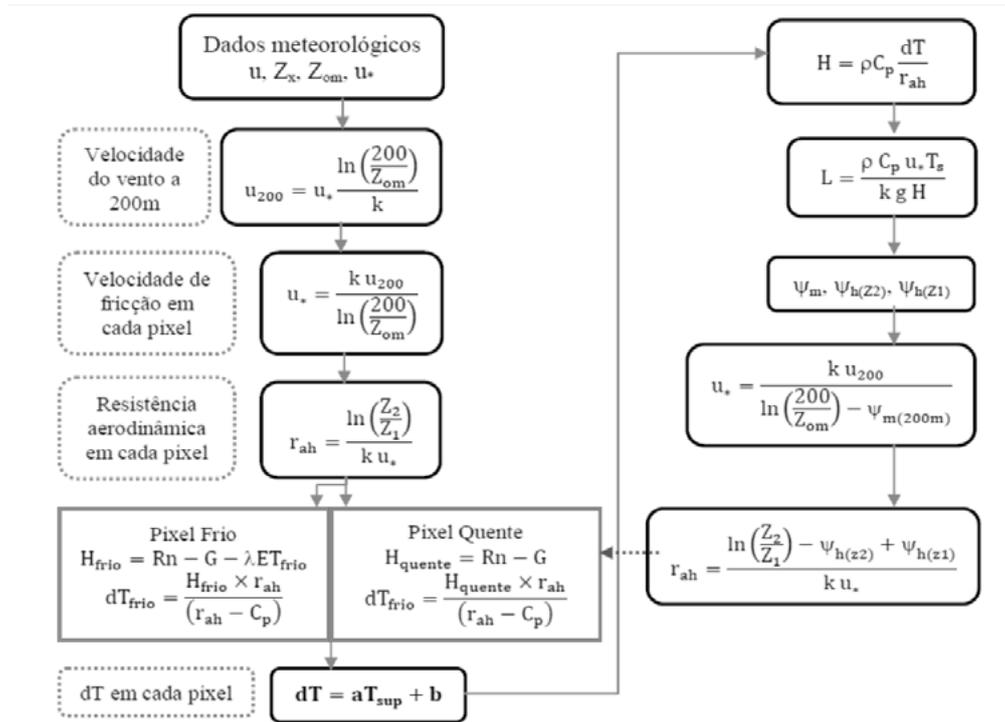


Figura 3. Fluxograma do processo iterativo para estimativa do fluxo de calor sensível (H).

Para a obtenção da evapotranspiração real diária (ET_r), primeiramente calcula-se a evapotranspiração horária, dada pela razão entre fluxo de calor latente, e o calor latente de vaporização da água, e para conversão do valor instantâneo para valor horário, multiplicando-se a razão por 3600, conforme Equação 4 (Allen et al., 2002):

$$ET_h = 3600 \frac{LE}{\lambda} \quad (4)$$

O passo seguinte é a obtenção da fração de evapotranspiração de referência horária, é calculada pelo método da FAO Penman-Monteith (Allen et al., 1998), com dados da estação meteorológica utilizada, conforme Equação 5:

$$FET_{0_h} = \frac{ET_h}{ET_{0_h}} \quad (5)$$

Considerando o valor da $FET_{0_h} = FET_{0_{24}}$, uma vez o comportamento de FET_{0_h} é relativamente constante em todo o período diurno (Allen et al., 2002). Logo, a ET_r diária é dada pela Equação 6:

$$ET_r = FET_{0_h} ET_{0_{24}} \quad (6)$$

Em que: ET_r é a evapotranspiração real diária (mm dia⁻¹); FET_{0_h} é a fração de evapotranspiração real diária; e ET_{0_24} é a evapotranspiração de referência diária, calculada com metodologia similar à da FET_{0_h}.

O processamento das imagens de satélite utilizadas neste trabalho, imagem do dia 16 de

Junho de 2016 (dia juliano 167), foi realizado com o software ENVI 5.0, com a ferramenta de matemática de bandas. Para fusão de imagens com a banda pancromática 8, com finalidade de proporcionar uma melhor distinção entre os alvos terrestres, aumentando a resolução espacial para 15 m, foi utilizado o software ArcGis versão 10.1.

Por meio de composições coloridas das bandas do infravermelho próximo, do infravermelho médio e do vermelho (RGB-564), foram coletadas amostras de pixels que correspondessem à áreas de solo, pastagem, mata, água e agricultura. A partir destas amostras realizou-se a classificação supervisionada, com a utilização do classificador MaxVer (Máxima Verossimilhança). Vale ressaltar que, de forma geral, a classe de solo abrange desde solo com palhada comum em cultivo com plantio direto, até os solos revolvidos por uma operação agrícola.

4 - Resultados e Discussão

A **Figura 4** apresenta o mapa temático com o resultado de uso e ocupação do solo do município do São Gabriel do Oeste - MS. O método de classificação utilizou a abordagem “pixel a pixel” com o algoritmo MaxVer, em que foram identificadas as seis classes predominantes na imagem: Área urbana, solo, pastagem, mata, água e agricultura.

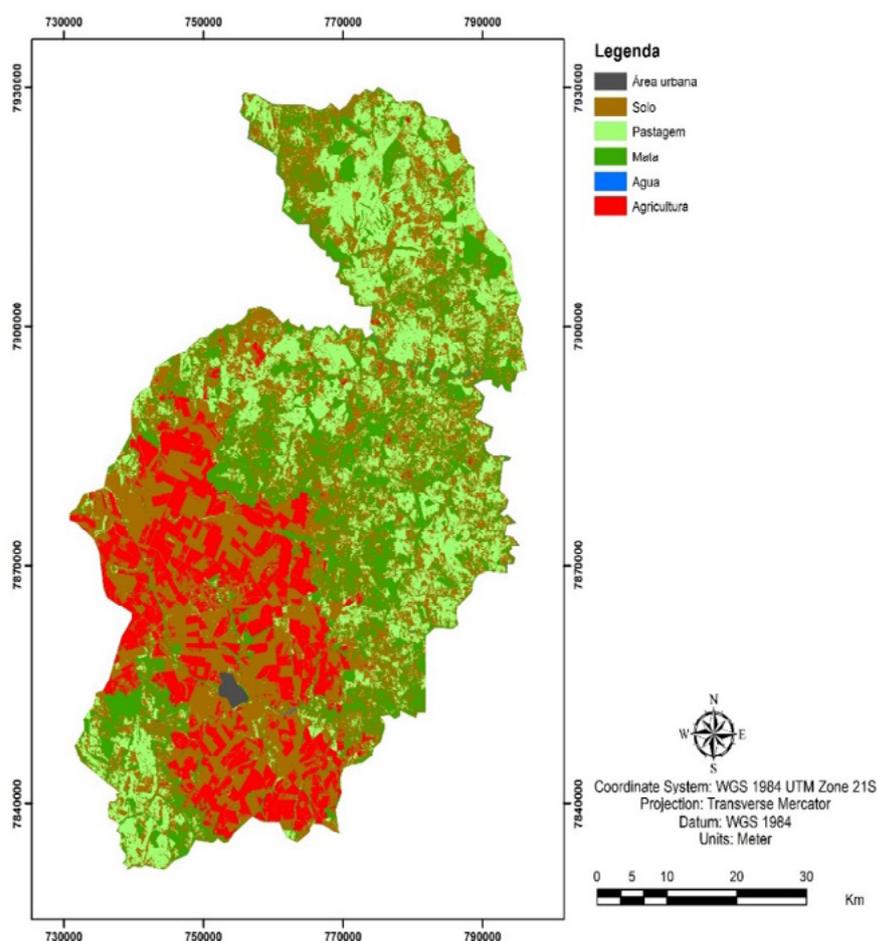


Figura 4. Mapa de uso e ocupação do solo do município de São Gabriel do Oeste - MS.

Os componentes de balanço de energia (R_n , H , LE e G) correspondem aos resultados de maior importância do algoritmo SEBAL. A Tabela 1 mostra os valores médios para os fluxos de energia de saldo de radiação, fluxo de calor no solo, fluxo de calor sensível e fluxo de calor

latente para o dia juliano 167.

Tabela 1. Valores dos fluxos de radiação do município de São Gabriel do Oeste - MS.

		Solo	Pastagem	Mata	Água	Agricultura	Área Urbana
Rn	Méd (W.)	459	461	471	469	460	444
G	Méd (W.)	68	55	53	54	55	63
H	Min (W.)	134	111	101	103	106	165
LE	Min (W.)	60	250	285	273	278	113

Pela análise da **Tabela 1**, pode-se perceber que as áreas de vegetação nativa e água apresentaram as maiores médias de LE e Rn, com valores de 285 Wm⁻² e 273 Wm⁻² para o fluxo de calor latente, e 471 Wm⁻² e 469 Wm⁻² para os valores de Rn, respectivamente. A menor média está localizada na área urbana do município de São Gabriel do Oeste - MS (444 Wm⁻²), porém apresentou a maior média para fluxo de calor sensível (165 Wm⁻²) e alto valor de fluxo de calor no solo (63 Wm⁻²), valor apenas superado pelas áreas de solo exposto (68 Wm⁻²). Padrão de valores semelhantes foi encontrado por Machado et al. (2013), com altos valores de Rn e LE para corpos hídricos e vegetação e solo exposto apresentando altas médias de H. Segundo os autores, constatou-se que regiões de maior valores de Rn utilizam uma maior porcentagem deste componente do balanço de energia para o processo de perda de água na superfície. Por outro lado, solo exposto utiliza maior porcentagem de Rn para processo de aquecimento do ar (H).

A **Tabela 2** e a **Figura 5** apresentam, respectivamente, as estatísticas e a distribuição espacial da evapotranspiração real diária (ETr) para o município de São Gabriel do Oeste - MS.

Tabela 2. Evapotranspiração real diária (ETr) do município de São Gabriel do Oeste-MS no dia juliano 167.

Classe	ETr					Cv (%)
	Min	(mm)	Máx	(mm)	Med	
Solo exposto	0,03		0,92		0,42	26,45
Pastagem	1,84		5,34		2,81	25,48
Mata	1,28		8,87		6,89	35,21
Água	2,94		7,2		6,42	16,25
Agricultura	2,46		5,25		3,97	8,65
Área Urbana	0,51		3,12		1,10	24,71

Pela análise visual da **Figura 5**, pode-se observar que os menores valores de evapotranspiração real diária (ETr) encontram-se em áreas urbanizadas e solo com médias de 1,10 e 0,42 mm dia⁻¹, respectivamente. Essas áreas estão representadas em tons de laranja. Regiões de pastagens apresentam valores intermediários de ETr com média de 2,81 mm dia⁻¹, representadas no mapa em tons de amarelo. A maior média encontrada foi para mata nativa de 6,89 mm dia⁻¹, representada em tons de verde escuro, com padrão semelhante ao fluxo de calor latente. De acordo com Allen et al. (2002), os maiores valores são esperados em corpos hídricos, mas pode ter ocorrido confusão espectral dos pixels desta classe com alvos adjacentes, sendo a segunda maior média de 6,42 mm dia⁻¹, ficando muito próximo a mata nativa, também representados por tons de verde escuro e azul.

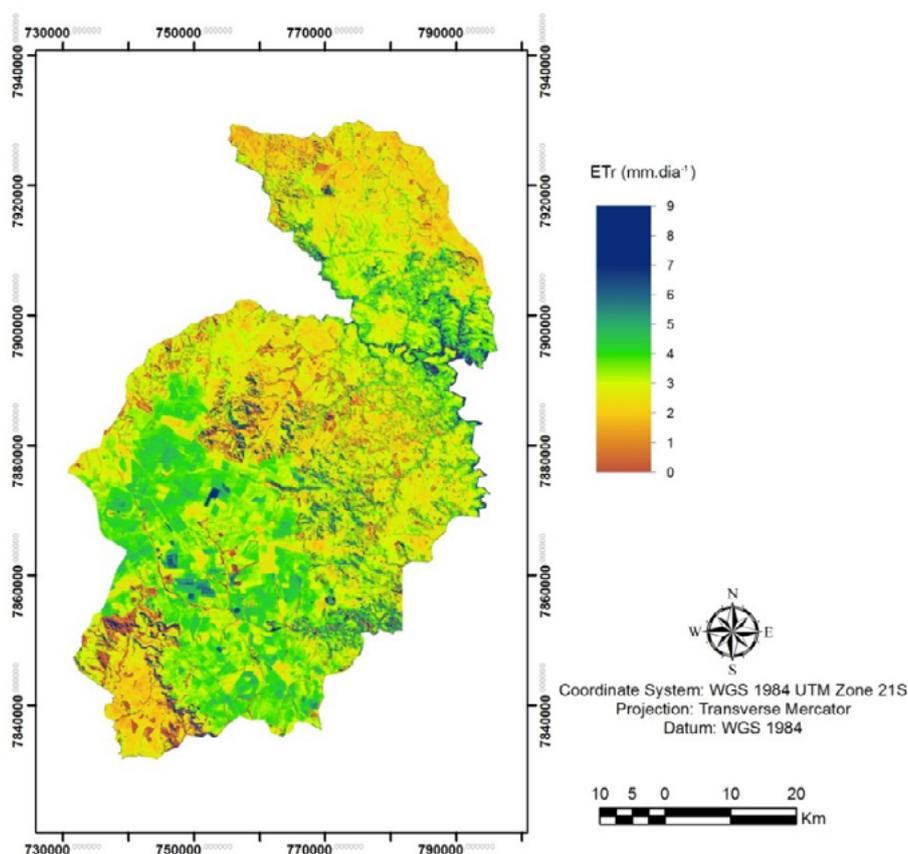


Figura 5. Evapotranspiração real diária (ETr) no município de São Gabriel do Oeste - MS para o dia juliano 167.

As áreas de agricultura apresentaram valores de evapotranspiração real diária (ETr) em média de $3,97 \text{ mm dia}^{-1}$, apresentadas em tons de verde claro. Destaca-se que esse cálculo, realizado no dia juliano 167 (16 de Junho de 2016), pode servir de base para o desenvolvimento de trabalhos que tenham o propósito de estimar a quantidade de irrigação a ser utilizada em lavouras agrícolas diariamente, ou em períodos críticos de severas estiagem. Destaca-se ainda, que estimativas de evapotranspiração real são variáveis presentes em algoritmos de balanço energético e de previsões de produtividade para culturas agrícolas, demonstrando assim a sua relevante importância.

5 - Conclusões

O algoritmo SEBAL estimou os valores de evapotranspiração real diária (ETr) para o município de São Gabriel do Oeste - MS de maneira satisfatória. O SEBAL alimentado por variáveis extraídas de dados das imagens do satélite Landsat 8, apresentou-se como uma ferramenta de baixo custo e eficiente na geração de informações relevantes, que além de servir para adequada gestão de recursos hídricos, pode contribuir para a diminuição dos riscos atrelados a produção agrícola.

6 - Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação Araucária/Parque Tecnológico Itaipu (FA/PTI) pelo apoio financeiro.

7 - Referências

- Allen, R. G.; Pereira, L. S.; Raes D.; Smith, M. **Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56**. p. 1-15, 1998.
- Allen, R. G.; Tasumi, M.; Trezza, R. **Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) - Advanced training and user's Manual**. p 1-98. Idaho, 2002.
- Allen, R. G.; Tasumi, M., Morse, A.; Trezza, R.; Wright, J. L.; Bastiaanssen, W.; Robison, C. W. Satellite- Based Energy Balance for Mapping Evapotranspiration with Internalized Calibration (METRIC... - Applications. **Journal of Hydrology**, v. 133, n. 4, p. 395-406, 2007.
- Bastiaanssen, W. G. M. SEBAL-based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 229, p. 87-100, 2000.
- Breunig, F. M.; Galvão, L. S.; Formaggio, A. R., Epiphany, J. C. N. Directional effects on NDVI and LAI retrievals from MODIS: A case study in Brazil with soybean, **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 13, n. 1, p. 34-42, 2011.
- Conab. Companhia nacional de abastecimento. **Séries históricas de produtividade de grãos**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em junho de 2016.
- Castillejo - González, I. L.; F. López-Granados; A. García-Ferrer; J. M. Peña-Barragán, M; Jurado-Expósito, M. S. Orden; M. González-Audicana. 2009. Object and pixel-based analysis for mapping crops and their agro-environmental associated measures using QuickBird imagery. **Computers and Electronics in Agriculture**, 68: 207-215.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Zoneamento agroecológico do Município de São Gabriel do Oeste, MS: Referencial para o Planejamento, Gestão e Monitoramento Territorial / Déa Sousa Assis [et al.]**. - 1 ed. rev. ampl. 60 p. - Rio de Janeiro, RJ: Embrapa, 2003.
- Guimarães, M. F.; Nogueira, J. M. A experiência norte-americana com o seguro agrícola: lições ao Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n. 1, p. 27-58, 2009.
- Huete, A.; Justice, C.; Leeuwen, W. V. **MODIS vegetation inde (mod13). Algorithm heorical basis document**. Versão 2. NASA Goddard Space Flight Center, Grenbelt Maryland. USA, p.129, 1999. Disponível em: <http://modis.gsfc.nasa.gov/data/atbd/atbd_mod13.pdf>. Acesso em: março de 2016.
- Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodrigues, E. P.; Gao, X.; Ferreira, L. G.; Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices, **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n. 1-2, nov. 2002.
- Jackson, R. D. Spectral indices in n-Space. **Remote Sensing of Environment**, v.13, p.409- 421, 1983.
- Machado, C. C. et al. Estimativa do balanço de energia utilizando imagens digitais TM-Landsat 5 e o algoritmo SEBAL no litoral sul de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, 2013.
- Motta, J. L. G.; Fontana, D. C.; Weber, E. Evolução temporal do NDVI/NOAA em áreas cobertas por pixels com proporções variáveis de soja. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 353-369, 2003.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). **Landsat Data Continuity Mission: Continuously Observing Your World**. 2014. Disponível em: <http://ldcm.gsfc.nasa.gov/mission_details.html>. Acesso em: 07 julho de 2016.
- Ponzoni, F. J. Comportamento espectral da vegetação. p. 157 - 199. In: Meneses. P. R.; Netto. J. S. M. **Sensoriamento remoto: refletância dos alvos naturais**. Brasília: Editora Universidade de Brasília/Embrapa Cerrados, 262 p., 2001.
- Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., **Proceedings...** Washington, D. C.: NASA, v. 1, p. 309-317, 1973.



O Pantanal Araguaiano

Paulo Roberto Martini
Valdete Duarte
Egídio Arai
Luaê Andere

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{martini, valdete}@dsr.inpe.br

Resumo. Rio Araguaia percorre um extenso pantanal no domínio da Ilha do Bananal, fronteira dos estados de Mato Grosso, Goiás e Tocantins. A estrutura tectônica que sustenta a feição tem fortes semelhanças com um aulacógeno gerado provavelmente pela Geossutura Tocantins-Araguaia. Esta estrutura faz parte da do extenso sistema de falhas que corta o país conhecido como Lineamento Trans-Brasileiro e que se estende desde o Mato Grosso do Sul, chega até o sul do Estado do Pará e enverga para a margem atlântica no Estado do Ceará. O estudo e a visualização do extenso Pantanal Araguaiano são apresentados neste artigo com base em imagens WFI-CBERS e TERRA-MODIS que permitem análises regionais de amplos territórios. Além de demonstrar a aptidão destas imagens para estudos geológicos e geomorfológicos, os resultados parciais apontam que o Pantanal Araguaiano pode ser o maior pantanal individual do Brasil. Imageamentos sazonais e medidas retificadas, ainda preliminares, são apresentadas.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, áreas úmidas, Araguaia, Pantanal.

Abstract. The Araguaia River runs through a wide swamp area within the domain of Bananal Island along the borders of Mato Grosso, Goiás and Tocantins states in Brazilian Midwest Region. The tectonic structure that supports such feature hardly resembles an aulacogen that was generated probably by a system of faults known locally as Tocantins-Araguaia fracture zone that is part of a country wide faulting zone named Trans-Braziliano Lineament .It can be drawn from the State of Mato Grosso do Sul to the Southern edge of Para State until the margin of Atlantic Ocean in the coast of Ceara. Analysis and visualization of the large Araguaiano Swamp is presented in this article based on WFI-CBERS and TERRA-MODIS images that are proving to allow regional approaches of very wide territories. Partial results demonstrate the deep aptitude of those images for applications in Geology and Geomorphology. Results are also indicating that Araguaiano Swamp can be the largest single swamp area in Brazil. Temporal images also allow to map scars of burning and surface waters both for dry and wet seasons.

Key-words: remote sensing, wetlands, Araguaia, Pantanal.

1. Introdução

O Rio Araguaia percorre uma extensa região pantanosa conhecida de uma forma generalizada como Ilha do Bananal. A região se desdobra na fronteira dos estados de Mato Grosso, Goiás e Tocantins, no chamado centro-oeste do Brasil (**Figura 1**). A Ilha do Bananal como entidade hidrográfica é contornada por rios como o Araguaia e o Cristalino onde o destaque é a estrutura tectônica que sustenta a feição. Ela apresenta fortes semelhanças com aulacógenos neste caso gerado provavelmente pela geossutura Tocantins-Araguaia. Esta estrutura faz parte do extenso sistema de falhas que corta o país conhecido como Lineamento Transbrasiliano e que se estende desde o Mato Grosso do Sul, chegando até o sul do Estado do Pará com uma provável correlação com zona de cisalhamento que avança para nordeste até a costa do Ceará. No trecho estudado um sistema de falhamentos deu origem a estrutura de afundamento que poderia ser um rifte não fosse o fato de que a feição pantaneira se acomodar no lineamento continental que pode se tratar de um limite de placa cuja evolução foi abortada criando-se neste caso o chamado aulacógeno.

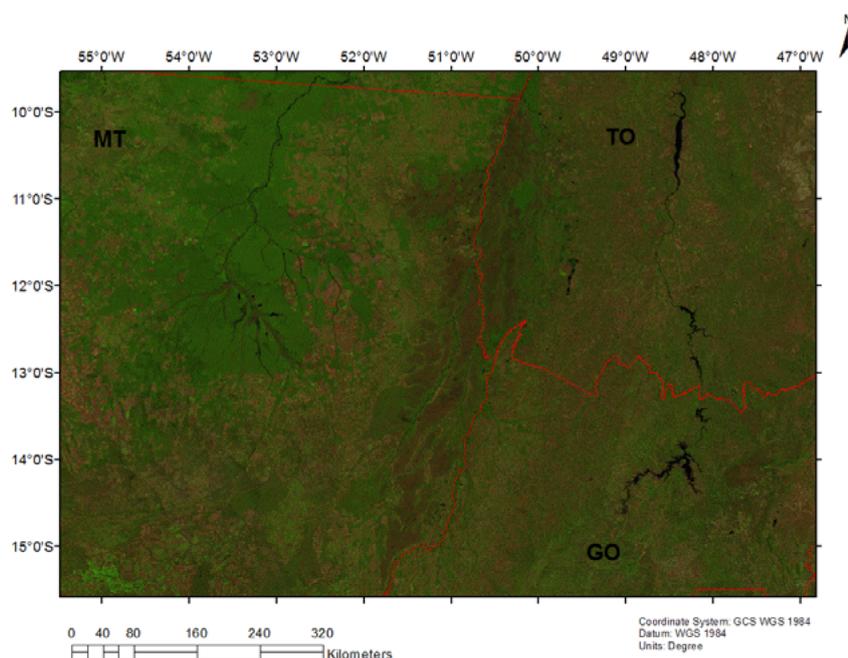


Figura 1. Pantanal Araguaiano ao centro da cena (tons escuros) que se dispõe ao longo da fronteira entre os estados de Goiás, Tocantins e Mato Grosso. Mosaico Terra-MOD09 de 18 de junho 2015.

O eixo central da mancha pantaneira mediu 661,23 quilômetros segundo os procedimentos abaixo descritos.

O estudo e a visualização do extenso Pantanal Araguaiano são apresentados neste artigo com base em imagens WFI-CBERS e TERRA-MODIS que permitem análises regionais de amplos territórios. Além de demonstrar a aptidão destas imagens para estudos geológicos e geomorfológicos, os resultados parciais apontam que o Pantanal Araguaiano pode ser o maior pantanal individual do Brasil. Maior talvez que quaisquer daqueles compartimentados como Paiaguá, Poconé e Cáceres, que compõem o Pantanal Matogrossense. Imageamentos sazonais e medidas retificadas ainda preliminares são apresentadas também. Os temas sazonais apresentados dizem respeito à distribuição das águas superficiais entre os períodos de cheias e vazantes. No período das vazantes (julho a setembro) foi possível também mapear cicatrizes de queimadas que assolam o pantanal estudado principalmente em sua face norte.

2. Materiais e Métodos

2.1. Imagens e Procedimentos

As imagens WFI-CBERS foram selecionadas a partir do Centro de Dados de Sensoriamento Remoto da Divisão de Geração de Imagens do INPE em Cachoeira Paulista se prestam apenas para análise temática pois não são corrigidas geometricamente diferentes dos produtos MODIS utilizados. Estes foram baixados do acervo, tornado público pelo Centro Espacial Goddard da NASA situado em Greenbelt no Estado de Maryland. As imagens MODIS não demandam correções, pois vem ortoretificadas enquanto que aquelas WFI precisam ser corrigidas para que as medidas tenham a melhor acurácia possível para elementos de imagem (pixel) da ordem de 250 metros.

O processamento aplicado aos produtos de reflectância de superfície MOD09 foi a reamostragem da banda 06 (infravermelho médio) com 500 metros de resolução espacial para 250 metros de acordo com as bandas 01 (vermelho) e 02 (infravermelho próximo) utilizando a ferramenta *Modis Reprojection Tool* – MRT, que une os *tails*, converte do formato *HDF* para *Geotiff*, onde definimos a projeção geográfica e o datum WGS 1984.

As imagens do Sensor WFI foram combinadas seguindo a composição das bandas 221 nas cores RGB. As imagens MODIS selecionadas do banco americano são compostas em RGB segundo as bandas SWIR, NIR e vermelha.

Foram selecionadas também algumas cenas de datas diferentes de forma e se conhecer algo mais a respeito do comportamento sazonal do Pantanal Araguaiano.

As cenas utilizadas neste trabalho são na tabela a seguir:

Tabela 1. Produtos CBERS e MODIS e as datas empregadas ao estudo.

PRODUTOS/ MÊSES	ABRIL	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO
WFI CBERS-2B-162/116	2004	2004/ 2009			
WFI CBERS-2B-161/108	2004	2004			
TERRA- MOD09A1Q1	2004/ 2009	2004/ 2009	2004	2004	2004

-O passo adiante foi a criação de banco de imagens reunindo-as em um mesmo ambiente digital de forma a editar matricialmente o conjunto de atributos espectrais, temporais e geométricos da área de estudo. Esta parte sensível do trabalho foi realizada por especialista em edição matricial orientada por fotos – intérpretes. Deve ser mencionado também que as ima-

gens usadas na edição das cicatrizes de queimadas foram antes submetidas ao crivo do MLME - Modelo Linear de Mistura Espectral e subsequente segmentação..

Dois pacotes de software foram utilizados: a ferramenta SPRING e a plataforma ENVI, Esta última foi usada apenas para criar os mosaicos. Todos os outros passos referentes ao processamento das imagens e á edição dos temas foram feitos com o suporte da versão 4.3 do SPRING.

Os itens que seguem dão conta tanto de resultados diretos obtidos pelas medidas referentes às águas e às queimadas, mas também trazem considerações geológicas e geomorfológicas. As medidas são de ordem hidrológica e ambiental (queimadas) e as considerações geológicas tratam de resultados indiretos obtidos para maior conhecimento do Pantanal Araguaiano como entidade tectônica, a partir da visão sinótica das cenas utilizadas.

3. Resultados

3.1. Indiretos

As considerações geológicas dão conta que as imagens sinóticas permitiram reconhecer de uma forma visual as extensas feições descritas na região e que os pioneiros nunca conseguiram mapeá-las de forma contínua por fotos-aéreas e por sobrevoos. Estes resultados indiretos dão conta do avanço do conhecimento geológico promovido pelas imagens frente ao trabalho dos pioneiros da Geologia da região estudada.

A constatação de que a região da Ilha do Bananal está controlada por um vale de origem tectônica foi originalmente promulgada pelo trabalho pioneiro do Geólogo Fernando Flavio Marques de Almeida. Segundo ele o denominado Geossinclíneo Paraguai, estava ocorrendo ao longo de uma imensa zona de fraturamento da crosta e que na falta de um termo adequado chamou de geossutura. Trabalhos posteriores sobre a feição, principalmente aqueles liderados pelos geólogos R. Fuck e J. Curto ambos da Universidade de Brasília foram sintetizados em artigo da Revista FAPESP número 236 de outubro de 2015. Nela os autores tratam o grande lineamento como “Fratura Mãe”. Estes geólogos expandiram aquela feição local para o continente inteiro tratando-o como Lineamento Transbrasiliano, uma feição bem mais abrangente em área e bem mais antiga no tempo geológico. Ela começaria ainda no Paraguai, se estendendo para o Cinturão de Dobramento Araguaia-Tocantins (direção norte) e também para nordeste seguindo a zona de cisalhamento que chega ao litoral do Ceará, Delgado e Pedreira (1995). Alguns autores como Cunha e outros (1989) correlacionaram esta zona de cisalhamento nordestina com feições crustais da África. Assim que a “Fratura-Mãe” poderia ser vista como uma estrutura contínua do passado geológico quando o Brasil e a África Equatorial estavam unidos no chamado Continente Gondwana, tempos da pré-deriva. Esta observação sinótica da grande cicatriz é mostrada com alguma clareza mas apenas localmente na imagem WFI da banda infravermelha (**Figura 2**) da Região do Bananal.

Ali o feixe de alinhamentos da Província Serrana perde a direção NE interrompido pelo vale de afundamento N-S criado por fraturamento e basculamento de blocos (aulacógeno) no interior da geossutura flexionada para norte.

A espessura dos sedimentos ali resguardados chega a quase 400 metros a exemplo de outras bacias sedimentares correlacionáveis no tempo (Taubaté, Resende) e sua base é descrita como de conglomerados mal selecionados, indicando a rapidez com que a estrutura geológica foi criada e a rispidez seca do clima na época. Os estudos realizados na Província Serrana por Ross (1991), vizinha ao aulacógeno, (borda esquerda da **Figura 2**) permitem inferir idades do Paleogeno Médio a Superior (33 a 55 milhões de anos atrás) para o início da deposição no

assoalho do aulacógeno. Trata-se de uma época de soerguimento generalizado da Plataforma Brasileira, geradora de bacias intra-cratônicas em todo o território. O aulacógeno uma vez colmatado por sedimentos até do Pleistoceno Inferior (1.8 milhões de anos atrás) dá berço ao Rio Araguaia, passando a funcionar como um grande charco sazonalmente alagado, um pantanal. Este, o Araguaiano, controlado tipicamente pela Geossutura Tocantins-Araguaia como queria Almeida (op.cit.) e como demonstram as imagens analisadas com mais ênfase na mesma **Figura 2** já citada. O Rio Araguaia começa a correr quando os últimos sedimentos do processo de colmatação são depositados ao final do Neogeno e o início do Pleistoceno. O Rio Araguaia teria então, como idade inicial, 1.8 milhões de anos.

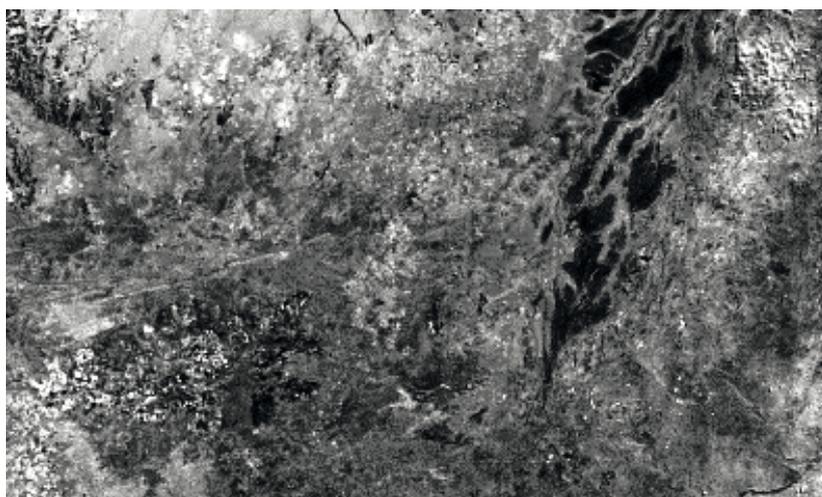


Figura 2. Imagem WFI da banda infravermelha mostrando parte da região pantaneira do Araguaia alongada na direção N-S e parte do Lineamento Transbrasiliano vindo de oeste e adotando a direção preferencial do aulacógeno. Norte para cima.

3.2. Resultados Diretos

Nesta parte serão apresentadas informações quantitativas tomadas sobre os produtos de satélites descritos anteriormente. Elas se referem às dimensões da área pantaneira estudada bem como à distribuição espacial das suas águas superficiais em termos sazonais. Nestes resultados está incluído o mapeamento das cicatrizes de queimadas feito em um ano crítico de forte vazante (2010).

3.2.1. Sobre as águas

O alagamento do Pantanal Araguaiano mostra significativas diferenças quando observado em épocas de cheia e de vazante como demonstram as **Figuras 3 e 4** tomadas nos meses de abril e de agosto. As diferenças aparecem principalmente na intensidade dos tons de cinza escuro que nesta faixa espectral se associam, segundo o entendimento dos autores deste trabalho, á áreas alagadas (**Figura 3**) ou encharcadas (**Figura 4**). Na imagem de abril, final da estação de cheias, ainda existe muita água dispersa e aflorante no pântano, dando os tons mais escuros. Na imagem de agosto a seguir, as águas não afloram predominando a assinatura do charco com pouca água aflorante.

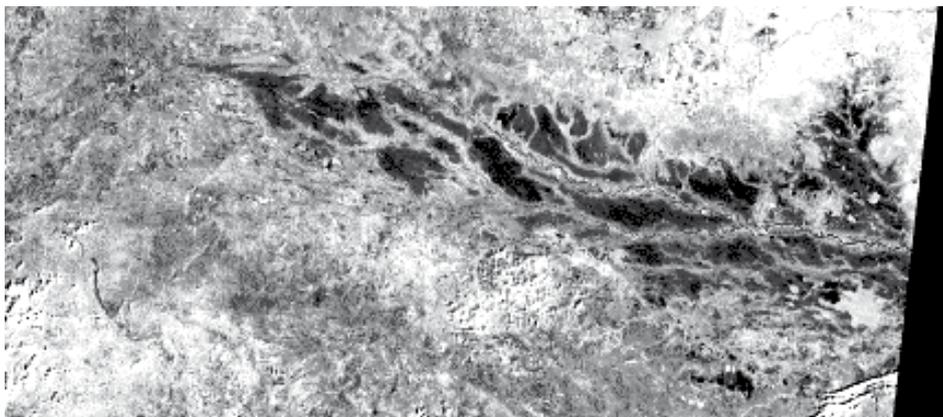


Figura 3. Imagem WFI da banda infravermelha mostrando trecho do pantanal estudado com a distribuição espacial dos alagamentos em meados do mês de abril de 2004 e muita água aflorante. Norte para a direita.

A imagem CBERS infravermelha a seguir é do meio da estação seca e é possível perceber a diferença visual da resposta espectral das áreas escuras na **Figura 3** anteriormente alagadas e agora mais claras e mais secas na **Figura 4**.

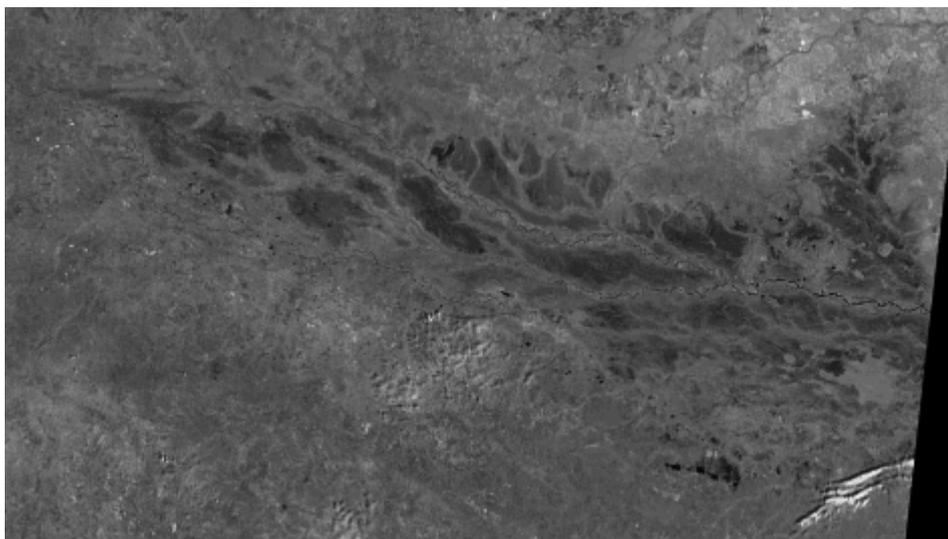


Figura 4. Imagem WFI da banda infravermelha mostrando trecho do pantanal estudado com a distribuição espacial dos encharcados e pouca água aflorante ao final do mês de agosto de 2009. Norte para a direita.

Os vetores editados da **Figura 1** deram para a área pantaneira do Rio Araguaia o valor de 69.642,12 quilômetros quadrados tendo seu eixo N-S medido 661,23 quilômetros e sua largura maior 195,58 quilômetros. A imagem é do Sensor MODIS ortorretificada, gravada em 18 de agosto 2009.

3.2.2. Sobre as cicatrizes de queimadas

O Pantanal Araguaiano sofre também períodos de grandes vazantes deixando seus terrenos

pouco encharcados ou mesmo secos quando suas águas deixam de aflorar e ficam submetidas apenas ao nível freático subterrâneo (**Figura 4**). Nesta hora as coberturas dos campos-cerrados se tornam sujeitas a queimadas intensas e amplas. O ano de 2010 foi extremamente seco e a Pantanal Araguaiano foi palco de uma drástica estação de queimadas. A **Figura 5** é uma composição do Sensor MODIS e foi gravada ao final do período de estiagem (setembro) do ano de 2010. Percebe-se que a metade sul (esquerda) está seca e a metade norte (direita) mostra cicatrizes generalizadas de queimadas. Além desta cena foi gravado outro conjunto referente aos meses de junho, julho e agosto daquele mesmo ano. Estas imagens foram processadas e editadas conforme os procedimentos descritos no item 2.

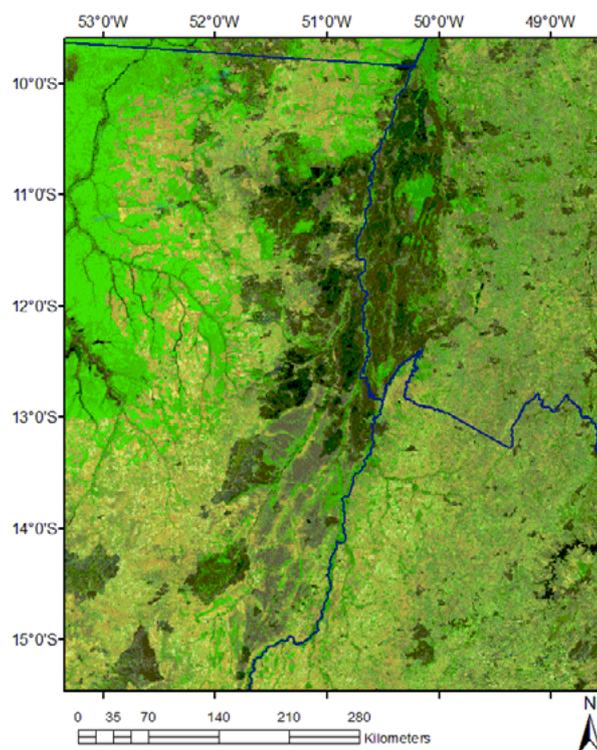


Figura 5. Composição do Sensor MODIS de setembro de 2010 com o Pantanal Araguaiano seco (esquerda inferior) e com as grandes cicatrizes de queimadas (centro superior).

A **Figura 6** mostra os totais das grandes extensões das cicatrizes de queimadas ocorridas nos meses de estiagem mais intensa do ano de 2010.

As medidas dos polígonos contendo as cicatrizes de áreas queimadas na estação de intensa estiagem do ano de 2010 estão apresentadas na **Tabela 2**.

Tabela 2. Áreas de cicatrizes de queimadas em quilômetros quadrados para a região do Pantanal do Araguaia.

Ano/2010	junho	julho	agosto	setembro	TOTAL
Queimadas	1895,98	3356,26	8802,38	24256,91	38311,53

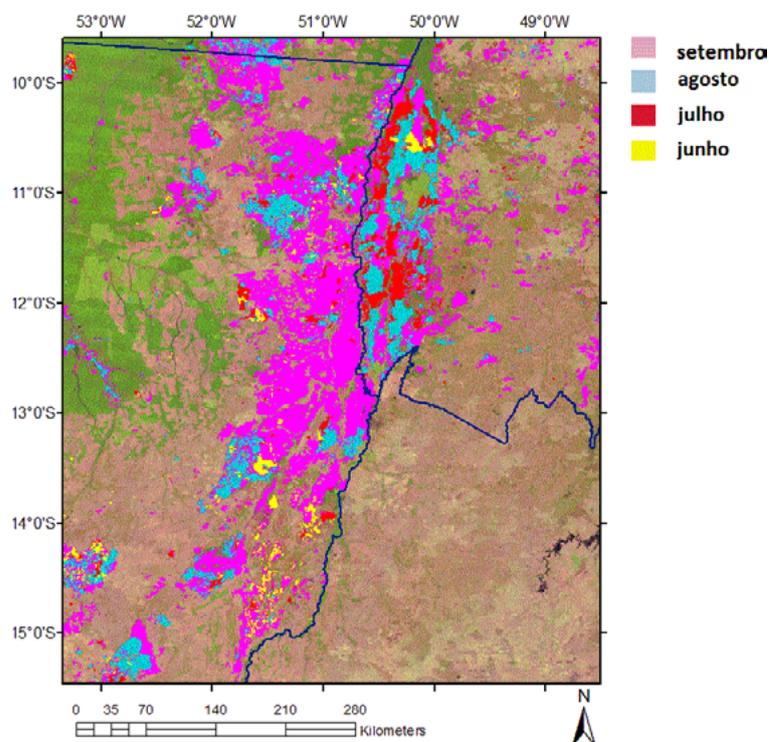


Figura 6. Imagem sintética MODIS sobreposta por mapa temático com a distribuição das cicatrizes de áreas queimadas ocorridas entre junho e setembro de 2010.

4. Conclusões.

Algumas conclusões podem ser antecipadas podendo ser divididas em duas partes. A primeira referente aos procedimentos e a segunda referente aos temas águas e queimadas.

4.1. Procedimentos

As imagens utilizadas se prestaram muito bem para os objetivos colocados no trabalho facilitando sobremaneira para as análises e as visualizações da grande unidade tectônica, o aulacógeno, seu condicionamento geológico e os lineamentos associados. A possível correlação destas estruturas com os tempos pré-deriva dentro do chamado Continente Gondwana também fica antecipada, merecendo estudos adicionais. A aptidão das imagens MODIS e WFI para estudos sinóticos sobre o meio físico sugerem que elas podem colaborar para uma revisão dos nossos mapas regionais de pequena escala (1:500.000 ou menores) pois estes mapas foram publicados ainda no século passado e clamam por atualizações. A escala utilizada neste trabalho foi de 1:3.000.000 aproximadamente mas pode-se chegar a 1:250.000 para resolução plena (1 pixel da imagem para um ponto da tela do computador) com a diferença que se observa em uma mesma cena uma área mínima de 800X800 quilômetros no caso do Sensor WFI e 2400X2400 no caso do Sensor MODIS. O mesmo pode ser afirmado com relação ao Sensor VIRSS do Satélite NPP-SUOMI, de idade mais recente (2011).

4.2. Idade e Dimensões.

A idade do Pantanal Araguaiano fica associada ao início da sedimentação no seu assoalho que está estabelecido como um aulacógeno pelo menos há 33 milhões de anos atrás. A sedimentação continuou por todo o Neogeno até o início do Pleistoceno (1.8 milhões de anos), uma história

portanto de 31 milhões de anos para a deposição dos cerca de 400 metros de material terroso. A colmatação findou dando berço ao Rio Araguaia podendo-se afirmar então que este grande rio começou a existir já no Pleistoceno Superior.

Conclusivamente ao final deve-se re-afirmar as dimensões do Pantanal Araguaiano extraídas trabalho:

-Eixo maior: 661,23 quilômetros

-Eixo menor: 195,58 quilômetros.

-Área de inundação máxima: 69.642,12 quilômetros quadrados.

As medidas das cicatrizes de áreas queimadas na estação de intensa estiagem do ano de 2010 foram as seguintes (quilômetros quadrados):

Junho: 1.895,98; Julho: 3.356,26; Agosto: 8.802,38 e Setembro: 24.256,90.

Total: 38.311,52 quilômetros quadrados

5. Bibliografia

Almeida, F.F.M. de. Geossinclíneo Paraguai. **I Semana de Debates Geológico. Escola de Geologia.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1965.

Cunha, R. P.; Martini, P. R.; Crepani, E. Resultados do projeto Gondwana: um exemplo de correlação geológica intercontinental utilizando imagens Landsat. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 3. (SBSR)., 1984, Rio de Janeiro. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1984. Printed, On-line. ISBN 978-85-17-00047-8. (INPE-4870-PRE/1481). Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQTRW/355KKUP>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

Delgado, I.M. Pedreira, A.J. (Coord.). (1995). Mapa Tectono-Geológico do Brasil. Escala 1:7.000.000. DN-PM-CPRM. Brasília.

Curto, J.B; Fuck, R. Pesquisas determinam a influência de grande falha na crosta do Brasil na formação das bacias sedimentares do Paraná e do Parnaíba. **Revista FAPESP.** Número 236, p.56, outubro de 2015.

Andere, L.; Anderson, L. O.; Duarte, V.; Arai, E.; Aragão, J. R. L.; Aragão, L. E. O. C. Dados multitemporais do sensor MODIS para o mapeamento de queimadas na Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 3534-3541. Internet. ISBN 978-85-17-0076-8. Disponível em: <<http://urlib.net/8JMKD3MGP6W34M/3JM4BQA>>. Acesso em: 13 ago. 2016.

Ross, Jurandir Luciano Sanchez. **Estudo e cartografia geomorfológica da Província Serrana-MT.** São Paulo, 1987. 323p. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)-Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas: Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo.



Caracterização física da microbacia do córrego do Caixão em Cuiabá/MT através do software ArcGIS

Paloma Dondo Tonello Pedro ¹
Fernando da Silva Sallo ¹
Camila Caroline Braun da Cruz ¹
Ana Rubia de Carvalho Bonilha Silva ¹
Amanda Finger ¹
Juliano Hendrigo Bordoni Manzeppi ²

¹ Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT
Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental
Av. Fernando Corrêa da Costa, 2367
78060-900 - Cuiabá – MT, Brasil

{palomadondo, fdss88, camilacarolinebraun, arbonilha, amandafinger.ufmt}@gmail.com

² Prefeitura Municipal de Lucas do Rio Verde
Secretaria de Infraestrutura e Obras
Av. América do Sul, 2.500 S
78455-000 – Lucas do Rio Verde – MT, Brasil
julianomanzeppi@gmail.com

Resumo. Com o avanço da tecnologia e o constante aperfeiçoamento da mesma, os sistemas de informações geográficas e os produtos do sensoriamento remoto orbital se tornaram hábeis ferramentas, principalmente para a aplicação em avaliação, manejo, gerenciamento e gestão de recursos hídricos. Diante do exposto, o presente trabalho visa a determinação da caracterização física da microbacia do córrego do Caixão em Cuiabá/MT, a partir do sensoriamento remoto, com utilização do software ArcGIS, por meio da metodologia do modelo numérico do terreno (MNT). A caracterização física fora realizada a partir da delimitação da microbacia do córrego do Caixão, sendo que nesta foram constatadas algumas falhas significativas, já que se trata de um estudo de micro análises. As falhas relatadas foram referentes à distorção obtida, proveniente da resolução espacial da imagem, e a incoerência na disposição dos cursos d'água em relação à realidade da região. Como resultados a microbacia apresentou tendência a forma alongada, em um formato irregular, visto que seu coeficiente de compactidade apresentou valor afastado da unidade, correspondente a 1,2566 e um fator de forma com valor baixo, sendo 0,6638. Isto pode ser comprovado ainda, pelo resultado do índice de circularidade, cujo valor fora de 0,6240. Portanto, pode-se afirmar que há pouca propensão à produção de enchentes na área.

Palavras-chave: geoprocessamento, bacia urbana, características fisiográficas.

Abstract. With the advancement of technology and the constant improvement of the same, the geographical information systems and the remote sensing products have become adept tools, mainly for use in evaluation, management, and water management. Given the above, this study aims to determine the physical characterization of watershed of Caixão's stream in Cuiabá/MT, from remote sensing, using ArcGIS software, using the methodology of the numerical terrain model (NTM). The physical characterization was carried out from the delimitation of watershed of the Caixão's stream, but was noted some significant failures, since it is a study of micro analysis. The reported failures related the distortion obtained from the spatial resolution of the image, and the inconsistency in disposal of water courses to the reality of the region. As a result the watershed tended to elongated shape in an irregular shape, as the compactness coefficient showed a value away from the unit, corresponding to 1.2566 and form factor with low value, about 0.6638. This can be proved also by the results of circularity index, whose value was 0.6240. Therefore, it can be said that there is little propensity to produce flooding in the area.

Key-words: geoprocessing, urban basin, physiographic features.

1. Introdução

Atualmente, com o rápido avanço da tecnologia e o constante aperfeiçoamento da mesma, os produtos do sensoriamento remoto orbital se tornaram uma ferramenta essencial para as mais variadas aplicações, especialmente aquelas relacionadas a avaliação, manejo, gerenciamento e gestão de recursos naturais, como água, solo e vegetação (Batista *et al.*, 1998). Além disso, na análise da área ambiental, se faz necessário um conhecimento multidisciplinar para a tomada de decisões. Desta forma, a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e a difusão de sistemas de informação geográfica (gis) trouxeram inúmeros benefícios, como resolução de problemas de tempo, mão-de-obra e da pouca precisão quando o volume de informações é grande (Pereira *et al.*, 1995).

Tendo em vista tais vantagens, estas ferramentas tornaram-se aliadas nos estudos ambientais, sobretudo em análises de bacias hidrográficas. Estudos referentes a bacias e microbacia hidrográficas se fazem necessários para diversos estudos e deve ser considerada como uma unidade de estudo, quando se deseja a preservação e análises de recursos hídricos, visto que todas as ações ocorridas nesta têm influência direta sobre a quantidade e qualidade da água. Portanto, constitui-se na mais adequada unidade de planejamento para o uso e exploração dos recursos naturais, e o meio mais eficiente de controle dos recursos hídricos que a integram (Tonello, 2005).

Diante do exposto, o presente estudo visa a análise da caracterização física da microbacia do córrego do Caixão em Cuiabá/MT, através do software ArcGIS. Esta microbacia abrange a região oeste da cidade de Cuiabá, englobando parte dos bairros Duque de Caxias e Quilombo, sendo afluente do Córrego Ribeirão do Lipa. Segundo Santos *et al.* (2011) a região possui crescente pressão imobiliária, verificada principalmente em relação ao anel viário da Avenida Miguel Sutil estar próxima de vias principais como as avenidas Senador Filinto Müller e Presidente Marques, ruas como a Estevão de Mendonça e a Marechal Deodoro, além da presença do parque Mãe Bonifácia.

2. Objetivo

Este trabalho teve por objetivo a caracterização física da microbacia do córrego do Caixão, na cidade de Cuiabá/MT, através da utilização do software ArcGIS.

3. Material e Métodos

O presente trabalho teve início com a revisão bibliográfica peculiar ao tema relacionado, para isso, foram utilizados livros, artigos e dissertações, por meio físico ou digital.

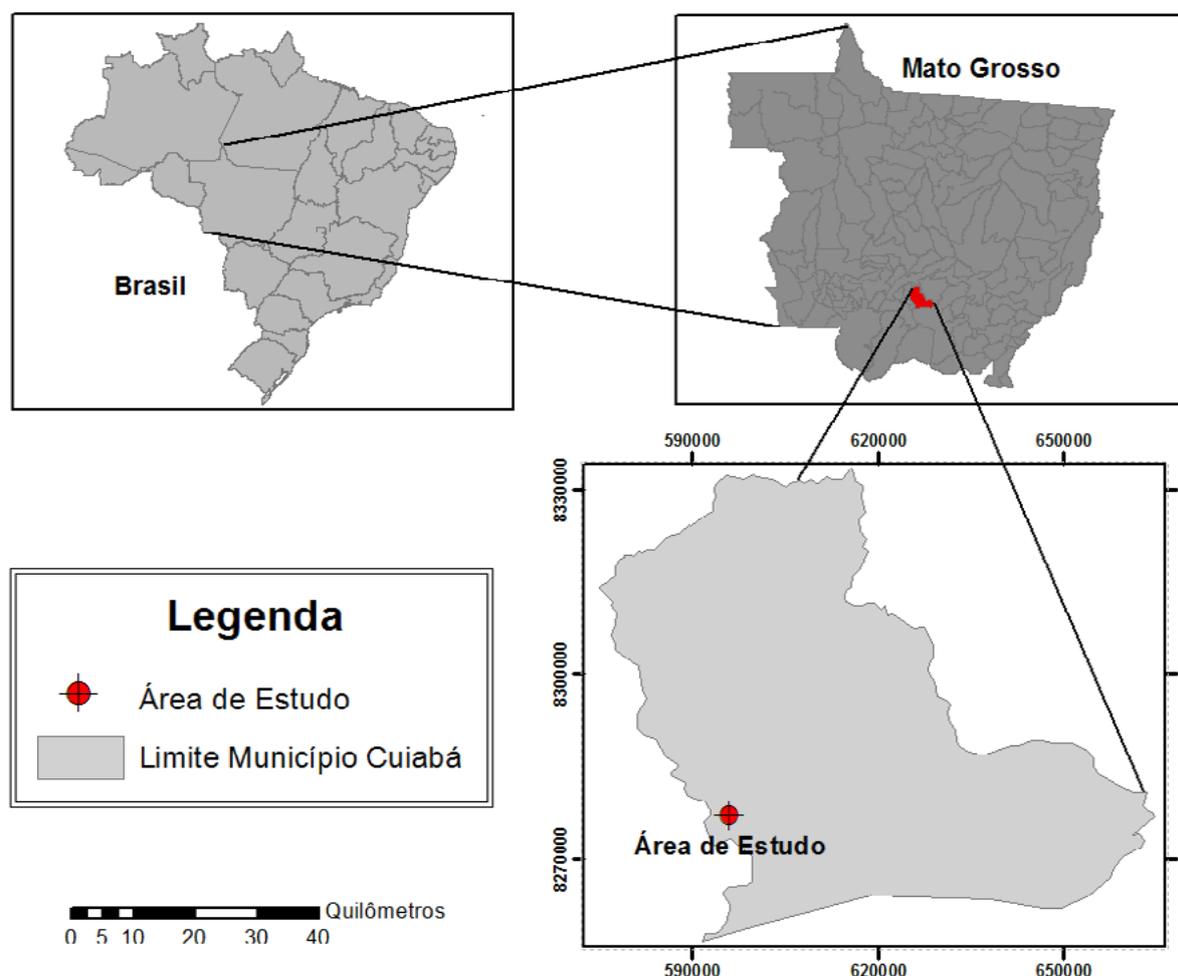


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

3.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo abordada no presente trabalho situa-se na cidade de Cuiabá/MT, englobando parte dos bairros Duque de Caxias e Quilombo, os quais compõem a área de afluição direta à microbacia do córrego do Caixão, objeto de estudo deste trabalho. A microbacia hidrográfica em questão é uma das afluentes da Bacia do Ribeirão do Lipa, sendo que esta desagua na margem esquerda do Rio Cuiabá.

A posição geográfica da microbacia é definida pelas coordenadas, latitude 595.000 – 597.000 e longitude 8.276.000 – 8.278.000, Map Datum WGS 84, fuso 21 L, com extensão de, aproximadamente 2,2233 km², entre altitudes de 165 a 215 m, conforme cotas de níveis disponibilizadas na Base Geral de Cuiabá.

3.2. Plataforma de trabalho e base de dados

A estação de trabalho utilizada para o processamento dos dados foi um microcomputador com HD de 750 GB, memória RAM 12 GM e processador Intel Core I7 – 3610 QM, 2.3 GHz.

A base de dados digitais foi obtida diretamente através de arquivos disponibilizados pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA) e Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Os softwares utilizados para delimitação da microbacia foram o ArcGIS, versão 10.2.2 para Desktop e Google Earth Pro, versão 7.1.5.1557.

3.3. Delimitação da área de estudo

A delimitação da área foi realizada de acordo com o modelo numérico do terreno (MNT), que consiste em um arquivo digital representativo da variação real contínua do relevo de um terreno. Para isto, utilizou-se do arquivo digital Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) de aproximadamente 90 m de resolução espacial, retirado a partir do TOPODATA (INPE), banco de dados geomorfométricos do Brasil.

Após inserido o arquivo digital no ArcGIS e com as devidas transformações do sistema de coordenadas, iniciou-se o processo de delimitação da microbacia, a partir das seguintes ferramentas:

- a) ArcToolbox
 - a.1) Spatial Analyst Tools
 - a.1.1) Hydrology
 - a.1.1.1) Flow Directon
 - a.1.1.2) Sink
 - a.1.1.3) Fill
 - a.1.1.4) Flow Direction
 - a.1.1.5) Flow Accumulation
 - a.1.1.6) Stream Order
 - a.1.1.7) Stream to Feature
 - a.1.1.8) Watershed
 - a.1.2) Conditional
 - a.1.2.1) Con (“Value” 2)
- b) Catalog
 - b.1) New Shapefile (Exutório)

A shapefile correspondente ao exutório foi inserida no exutório da microbacia, a fim de delimitar a área de afluência.

3.4. Caracterização Física

As primeiras análises para a caracterização da microbacia se deram a partir do cálculo da: (I) área (A), definida como a área plana; (II) perímetro (P); (III) comprimento axial (L), definido como o curso de água mais longo desde a desembocadura até a cabeceira mais distante da bacia (Villela e Mattos, 1975); (IV) comprimento total dos cursos de água (L_T), definido como o somatório de todos os cursos de água, sejam eles efêmeros, intermitentes ou perenes (Viessmann *et al.* 1977 apud Inácio *et al.* 2011); (V) comprimento de um talvegue (L_v), definido como a linha formada pela intersecção das duas superfícies formadoras das vertentes de um vale (Viessmann *et al.* 1977 apud Inácio *et al.* 2011). Além disso, verificou-se o padrão de drenagem, que refere-se ao arranjo espacial dos cursos fluviais (Christofolletti, 1980, p. 103).

Por meio destes parâmetros foi possível calcular os coeficientes e determinar as características físicas da bacia, que foram estabelecidas através das equações 1, 2, 3 e 4 descritas por Cardoso *et al.* (2006), o coeficiente de compacidade (Kc), o fator de forma (F), índice de circularidade (IC) e a densidade de drenagem (Dd) respectivamente.

$$Kc = 0,28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde:

Kc = coeficiente de compacidade;

P = perímetro da microbacia hidrográfica (km);

A = área de drenagem da microbacia hidrográfica (km²).

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Onde:

F = fator de forma;

A = área de drenagem da microbacia hidrográfica (km²);

L = comprimento axial da microbacia hidrográfica (km).

$$IC = \frac{12,57 \cdot A}{P^2}$$

Onde:

IC = índice de circularidade;

A = área de drenagem da microbacia hidrográfica (km²);

P = perímetro da microabacia hidrográfica (km).

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$

Onde:

Dd = densidade de drenagem (km km⁻¹);

Lt = comprimento total de todos os canais (km);

A = área de drenagem da microbacia hidrográfica (km²).

4. Resultados e Discussão

A microbacia do córrego do Caixão, delimitada através do software ArcGIS apresentou uma área de 2,2233 km² e perímetro correspondente a 6,69210 km.

É importante ressaltar que, devido a utilização de modelos digitais de superfície, neste caso, o SRTM, cuja resolução espacial consiste em aproximadamente 90 m, houve uma distorção considerável na rede de drenagem e conseqüentemente no local do exutório. Esta diferença pode ser constatada na **Figura 2**.

Esta distorção deve ser considerada, visto que pode interferir em estudos mais complexos e minuciosos da região da microbacia, já que neste caso, podem ser englobadas áreas que não correspondem de fato à região de estudo.

Além disso, a rede de drenagem obtida no ArcGIS apresentou inconsistência com a realidade em relação a disposição da rede hidrográfica. A **Figura 3** ilustra a relação entre o resultado obtido através dos cálculos no software ArcGIS, na qual foram gerados pequenos cursos d'água inexistentes na região, e a disposição dos cursos d'água, conforme adaptação de Santos *et al.* (2011), sendo que, para delimitação da área este autor utilizou cartografia urbana com vãos de 1983 e 1988, e ainda, levantamento aerofotogramétrico em junho de 2005, propiciando uma precisão mais acurada.

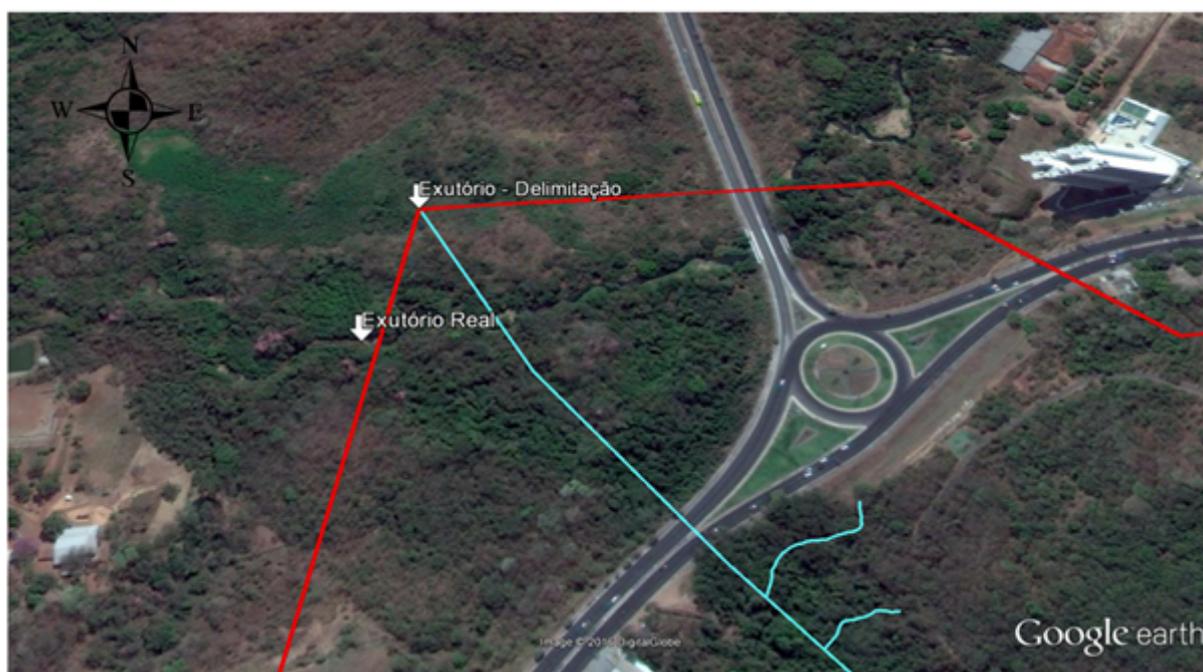


Figura 2. Distorção entre o exutório calculado pelo MNT e o exutório real.

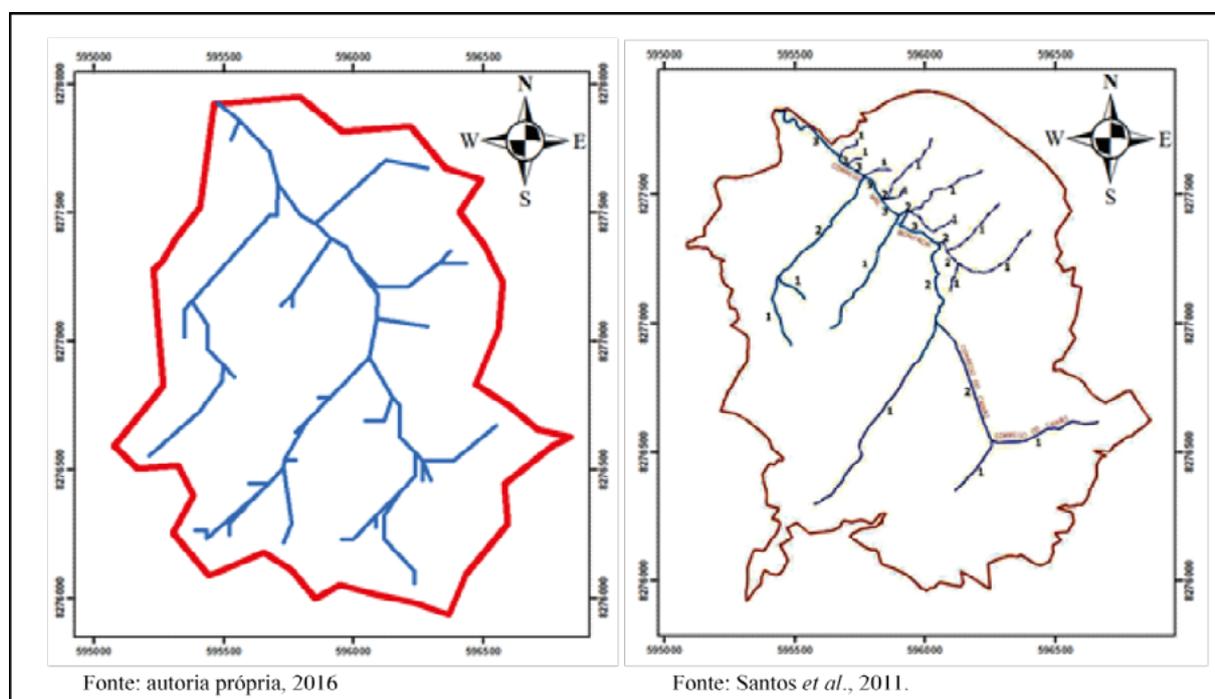


Figura 5. Relação entre o resultado obtido pelo ArcGIS e ordenamento segundo Santos *et al.* (2011).

Os arquivos produzidos no ArcGIS foram exportados no formato compatível com o Google Earth. No Google Earth, a partir de percepção visual, foram realizadas correções manuais na rede de drenagem, a fim de considerar os pequenos cursos d'água. Esta correção foi realizada tendo por base a imagem Landsat disponibilizada pelo Google Earth, dos anos de 2014 e 2015.

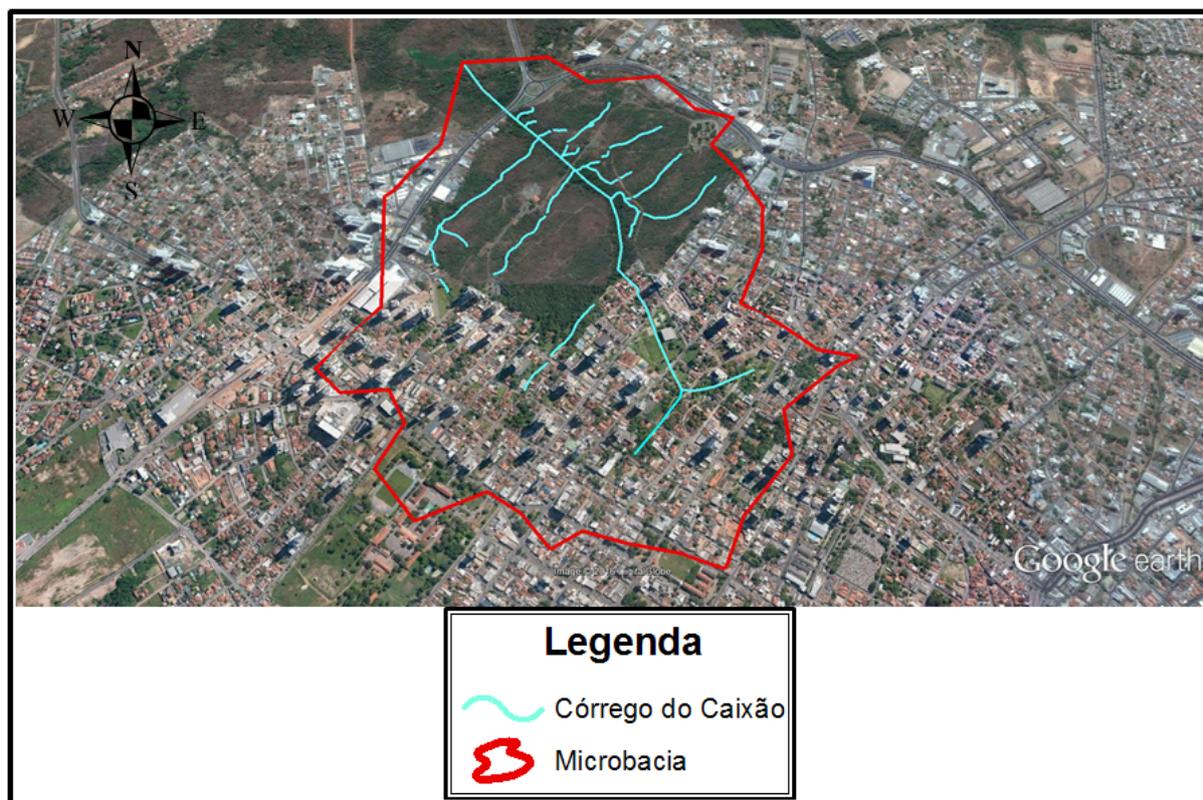


Figura 4. Delimitação da microbacia do córrego do Caixão.

Em relação às características físicas, estas foram apresentadas na **Tabela 1**.

Tabela 1. Análises físicas da microbacia do córrego do Caixão.

Características físicas	Microbacia do Córrego do Caixão
Área (km ²)	2,2233
Perímetro (km)	6,6921
Comprimento axial (km)	1,8300
Comprimento total dos cursos d'água	6,2417
Comprimento do igarapé principal (km)	1,6790
Coefficiente de compacidade (Kc)	1,2566
Fator de forma (F)	0,6638
Índice de circularidade (Ic)	0,6240
Densidade de drenagem (Dd) (km km ⁻²)	2,8805
Altitude maior (m)	215,00
Altitude menor (m)	165,00
Altitude média (m)	190,00
Padrão de drenagem	Dendrítica

A microbacia do córrego do Caixão possui formato irregular, com tendência a forma alongada, visto que seu coeficiente de compacidade apresenta valor afastado da unidade, correspondente a 1,2566 e um fator de forma com valor baixo, sendo 0,6638. Isto pode ser comprovado ainda, pelo resultado do índice de circularidade, cujo valor fora de 0,6240. Portanto, segundo Villela e Mattos (1975), pode-se afirmar que por ser a bacia de estudo alongada há menor concentração do deflúvio, e pelas características físicas possui baixo risco de enchentes nas

condições normais de precipitação.

De acordo com Beltrame (1994) a densidade de drenagem pode variar baixa ($< 0,50$), mediana ($0,50$ a $2,00$), alta ($2,01$ a $3,50$) e muito alta ($> 3,50$). Tendo em vista o valor obtido na análise da microbacia, correspondente a $2,88$, esta possui uma capacidade alta de drenagem. Este resultado associado à forma da bacia aponta para um baixo risco de enchentes.

A altitude na microbacia variou entre 165 m a 215 m, tendo por altitude média 190 m. Segundo Castro e Lopes (2001), a altitude média influencia na quantidade de radiação que a microbacia recebe, afetando portanto, na evapotranspiração, na temperatura e na precipitação.

5. Conclusões

A caracterização física da microbacia do córrego do Caixão através da utilização do software ArcGIS com o processamento adotado apresentou incoerência em relação à disposição dos cursos d'água com a realidade da região. Outro sim se constatou falha significativa quanto à distorção da rede de drenagem, justificada pela resolução espacial de aproximadamente 90 m de precisão da imagem gratuita disponível.

Quanto à característica física da microbacia do córrego do caixão, em relação aos resultados obtidos de forma e densidade de drenagem pode-se afirmar que há pouca propensão à produção de enchentes na área. Ainda que não tenha sido feito o detalhamento do uso do solo na área, a presença do Parque Mãe Bonifácia abrangendo boa parte da área de estudos atenua os riscos de enchentes haja vista o papel de redução e retardo no escoamento superficial que as áreas de mata e parques propiciam.

6. Referências

Batista, G. T.; Almeida, S. E. Índice de vegetação versus precipitação na Amazônia. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Santos-SP. Setembro, 1998. Anais. São José dos Campos, INPE. Disponível em: http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2004/07.20.14.26/doc/2_72o.pdf. Acesso em: 26 jun. 2016.

Beltrame, A. da V. Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994.

Castro, P.; Lopes, J. D. S. Recuperação e conservação de nascentes. Viçosa, MG: CPT, 2001. 84p.

Christofolletti, A. Geomorfologia. São Paulo: Edigard Blucher, 1980.

Inácio, A. da S.; Cavalcante, L. B.; Nicácio, R. M. Utilização de dados de sensoriamento remoto para a obtenção das características físicas da bacia hidrográfica do rio Ipanema. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió/AL, 2011. Disponível em: <http://goo.gl/K3oCSz>. Acesso em: 26 jun. 2016.

Pereira, R. S.; Madruga, P. R. de A.; Hasenack, H. Geoprocessamento aplicado ao planejamento de uso de recursos naturais. Santa Maria: UFSM-CCR-FATEC, 1995. 40p.

Tonello, K. C. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. Viçosa: UFV, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n5/a19v30n5.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2016.

Santos, A. B. F.; Santiago, A.; Ramos, L. L. C.; Marchetto, M.; Gomes, L. A.; Latorraca, T. J. F. Estudo da microbacia urbana do córrego do Caixão Cuiabá-MT. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Maceió – AL, 2011.

Viessmann; Knapp; Harbaugh. Introduction to hydrology, 2ª edição, New York, Harper and Row, 704 p.

Villela, S. M. & Mattos, A. Hidrologia aplicada. Editora Mc Graw Hill, São Paulo, 1975.



Papel das macrófitas aquáticas na sucessão ecológica em sistemas fluvio-lacustres do Pantanal: Lago Uberaba

Edward L. Lo¹
Aguinaldo Silva²
Ivan Bergier³
Michael M. McGlue¹
Beatriz Lima de Paula Silva²
Ana Paula Souza Silva³
Luciana E. Pereira²
Hudson de Azevedo Macedo⁴
Mario Luis Assine⁴
Edson Rodrigo dos Santos da Silva²

¹ Department of Earth and Environmental Sciences, University of Kentucky—UK
101 Slone Research Bldg.
Lexington, KY 40506-0053, USA
{edward.lo, michael.mcglue}@uky.edu

²Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul—UFMS-CPAN
Corumbá, MS, Brasil
{aguinald_silva, beatrizlpaula, edson_r_silva}@yahoo.com.br,
l.escalante.pereira@gmail.com

³Laboratório de Conversão de Biomassa, Embrapa Pantanal
Corumbá, MS, Brasil
ivan.bergier@embrapa.br
ana_psilva21@yahoo.com

⁴Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista
Av. 24A, 151, Bela Vista. Rio Claro - SP, Brasil
hud_azevedo@hotmail.com
assine@rc.unesp.br

Resumo. As macrófitas aquáticas são importantes componentes do ecossistema úmido que podem promover mudanças e a evolução de paisagens naturais. Os sistemas de informação geográficas ou SIGs auxiliam na identificação de áreas com mudança na cobertura vegetal em planícies inundáveis do Pantanal. O foco deste estudo foi determinar o papel das macrófitas aquáticas flutuantes nas margens do Lago Uberaba situado em um sistema fluvial. O mapeamento temático em imagens georreferenciadas do satélite Landsat no período seco revelou um decréscimo de 21,4% da área de água aberta do lago ao longo de 30 anos (-4,7 km²/ano). Entretanto, pouca correlação foi encontrada entre a área de água aberta do lago e a cota do rio Paraguai nesse período. A taxa de crescimento da cobertura de macrófitas no lago foi de 1,4 km²/ano. Os dados sugerem que o crescimento das macrófitas independe da quantidade de chuva e da vazão de água na região. As áreas classificadas como terrestres também tiveram aumento. Para explicar as observações satelitárias históricas, buscou-se inserir nesse contexto o processo de sucessão ecológica vegetal. Nesse processo, plantas r-estrategistas (predomínio aquático) dão lugar a plantas k-estrategistas (predomínio terrestre) em direção ao clímax. Estudos adicionais no Lago Uberaba e outros análogos serão necessários para melhor avaliar essa hipótese formulada para descrever a evolução de processos geomorfológicos dinâmicos na planície de inundação do Pantanal.

Palavras-chave: Pantanal, Lago Uberaba, *Eichhornia crassipes*, Landsat, Sucessão ecológica, Geomorfologia.

Abstract. Aquatic macrophytes are important components of wetland ecosystems that induce change and evolution of natural landscapes. Geographic Information Systems or GIS help identify areas with changing vegetation cover in the floodplains of the Pantanal. The focus of this study was to determine the role of floating macrophytes on the shores of Lake Uberaba situated within a fluvial system. Thematic mapping in Landsat geo-referenced images during the dry season revealed a decrease of 21.4% in the open water area of the lake over 30 years ($-4.7 \text{ km}^2/\text{year}$). However, weak correlation was found between the open water area of the lake and the height of the Paraguay River in that period. The growth rate of macrophyte coverage on the lake was $1.4 \text{ km}^2/\text{year}$. The data suggest that the growth of aquatic macrophytes does not rely on the amount of rainfall and water flow in the region. Areas classified as land also increased. To explain the historical imagery observations, we invoked vegetation ecological succession. In this process, *r*-strategist plants (predominantly aquatic) are gradually replaced by *k*-strategist plants (predominantly terrestrial) towards the climax phase. Additional studies on Lake Uberaba and similar lakes are needed to better assess this hypothesis formulated to describe the evolution of dynamic geomorphological processes in the Pantanal floodplain.

Keywords: Pantanal, Lake Uberaba, *Eichhornia crassipes*, Landsat, Ecological succession, Geomorphology.

1. Introdução

Os lagos de planícies fluviais são o segundo tipo de lago mais comum do mundo. Estes corpos d'água são normalmente rasos e efêmeros no tempo geológico (Cohen, 2003). São vários os fatores que podem influenciar suas características e longevidade. O assoreamento de sedimentos nos rios pode isolar e criar uma pequena bacia que enche de água e se torna um lago. O mesmo fenômeno pode preencher de sedimentos o lago recém-criado em poucos milhares de anos (Cohen et al., 2015). Nas regiões tropicais, lagos em planícies inundáveis continentais são pouco estudados.

O aguapé nativo *Eichhornia crassipes* é uma das espécies de macrófitas aquáticas mais abundantes em ilhas flutuantes (camalotes) da planície pantaneira (Castro et al., 2010). Essa espécie pode ser considerada pioneira em processos ecológicos de sucessão vegetal, fundamentais no desenvolvimento de paisagens geomorfológicas. A Síntese Ecosistêmica de Sistemas Aquáticos (*Riverine Ecosystem Synthesis* ou RES, em inglês) é um conceito científico que incorpora o processo de sucessão ecológica vegetal na evolução de ecossistemas dominados por rios (Thorp et al., 2006).

No Pantanal, a sucessão ecológica pode iniciar-se por processos avulsivos (Assine et al., 2015a,b) que repentinamente inundam vastas áreas de planícies, as quais podem ser ocupadas por macrófitas aquáticas, semi-aquáticas e terrestres. Há, porém, outras relações ainda mais complexas dependentes de fatores como, por exemplo, a conexão do canal principal do rio com a planície, a troca de nutrientes, e a quantidade de sedimentos exportada ou armazenada.

Nesse processo de sucessão originado por avulsões, a paisagem e a composição florística mudam ao longo do tempo, de uma vegetação composta predominantemente por espécies *r*-estrategistas (investem energia na reprodução, ciclo de vida curto), para outra vegetação mais terrestre (herbáceas e lenhosas) dominada por espécies *k*-estrategistas (investem energia na fixação de biomassa, ciclo de vida longo) (**Figura 1**). As plantas *r*-estrategistas se reproduzem mais rapidamente enquanto que as plantas *k*-estrategistas alocam recursos no crescimento e amadurecimento da planta, resultando em maior longevidade e tamanho dos indivíduos (MacArthur e Wilson, 1967 apud Gadgil e Solbrig, 1972).

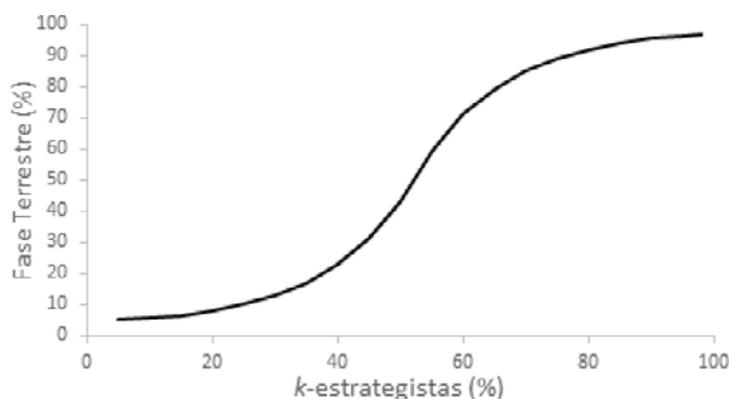


Figura 1. Dominância de plantas *k*-estrategista em relação a plantas *r*-estrategista ao longo do tempo em áreas lacustres de planícies aluviais em função do acúmulo de sedimentos e matéria orgânica. As plantas *k*-estrategistas têm maior chance de sucesso à medida que sedimentos e matéria orgânica acumulados favorecem a fase terrestre do pulso anual de inundação.

O uso de geotecnologias como o Sensoriamento Remoto e Sistemas de Processamento de Imagens e de Informações Geográficas (SIG) auxiliam no monitoramento e identificação das mudanças ambientais (e.g. Galo et al., 2002). Sensoriamento remoto é uma abordagem bastante difundida em estudos ambientais, sendo utilizado em várias linhas de pesquisa. Souza et al. (2011) utilizaram imagens do sensor *Thematic Mapper* do satélite Landsat-5 para mapear macrófitas aquáticas na sub-região do Pantanal do Rio Paraguai (Assine and Soares, 2004) ao longo de duas décadas. A pesquisa revelou uma relação positiva entre a cheia e a quantidade de macrófitas aquáticas, bem como identificou 70 km² de macrófitas aquáticas permanentes na planície de inundação do rio Paraguai. Essas áreas permanentes foram consideradas *hotspots* de conservação visando a manutenção da produção de biomassa na região para seu uso como energia sustentável (Souza et al., 2011). Foi realizada também a estimativa de biomassa de aguapés exportada pelo rio Paraguai e verificou-se que, de modo geral, a exportação é da ordem de 1% da produtividade primária líquida (Vianna et al., 2011; Bergier et al., 2012, Buller et al., 2013). Fora de seu habitat natural, e em condições favoráveis de crescimento e dispersão, *E. crassipes* pode vir a ser uma espécie danosa aos ecossistemas, à economia e à saúde humana (Villamagna e Murphy, 2010; Zhang et al., 2010), como no caso dos Everglades na Flórida.

Em termos hidrológicos e geomorfológicos, a dinâmica populacional e a extensão da cobertura de macrófitas aquáticas podem sinalizar a etapa de evolução do processo de sucessão ecológica de lagos marginais (meandros abandonados) e lagos em planícies inundáveis. De médio a longo prazo, o acúmulo sucessivo de resíduos senescentes de macrófitas aquáticas *r*-estrategistas após cada pulso anual de inundação pode levar ao recobrimento quase total do espelho d'água do lago, direcionando-o a um eventual assoreamento com o predomínio de macrófitas terrestres *k*-estrategistas.

O Lago Uberaba (**Figura 2**) está situado na franja do megaleque fluvial do Rio Paraguai, na fronteira entre o Brasil e a Bolívia, perto da Morraria Ínsua, no sul da região do Pantanal de Cáceres (Assine e Silva, 2009). Um megaleque fluvial é um grande ($\geq 10^3$ km²) sistema de rios distributários, em parte anastomosados, sujeito a vazão elevada e regime sazonal (Leier et al., 2005; Assine e Silva, 2009; Weissmann et al., 2010; Latrubesse, 2015). O Lago Uberaba é o único no Pantanal influenciado por muitos canais ativos, como o Corixo Grande e o recente Rio Canzi (Assine et al., 2015a,b), e está situado em local estratégico para estudos de megaleques fluviais. O lago está localizado à montante do Lago Gaíva, sendo os dois conectados pelo Canal Dom Pedro II. Há poucas informações disponíveis sobre a hidrossedimentologia e evolução

geológica do Lago Uberaba.

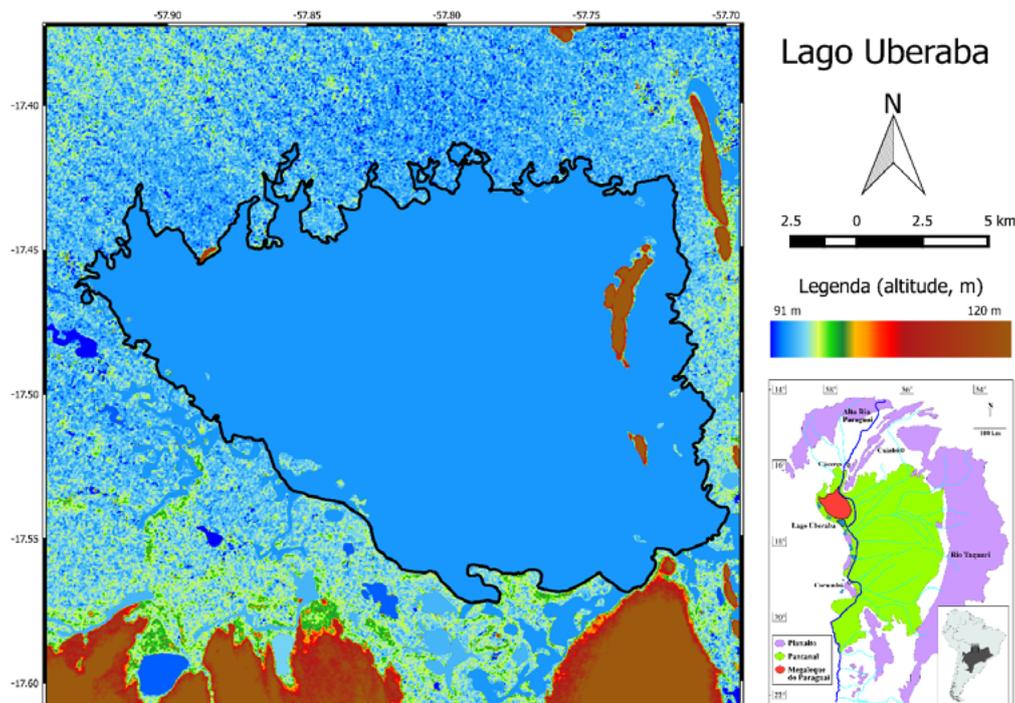


Figura 2. Mapa de elevação digital do terreno (SRTM, *Shuttle Radar Topographic Mission*, resolução espacial 30 m após atualização ao 1 arco segundo) no Lago Uberaba. A Sul e a Leste do lago encontram-se terrenos de altitude mais elevadas, peculiares no cenário da planície pantaneira. A Norte e a Oeste do lago há conexão com a planície de inundação da franja do megaléque fluvial.

2. Objetivo

O objetivo deste estudo é avaliar o fenômeno e o papel ‘hidrogeomorfológico’ de macrófitas aquáticas livres e flutuantes no sistema fluvio-lacustre do Lago Uberaba. Este tipo de análise tem importantes implicações para a ecologia, um conceito que relaciona ecologia e hidrologia na interpretação de processos geomorfológicos (Moraes, 2009).

3. Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida utilizando uma série histórica de 30 anos de imagens de satélite (1984-2015), sendo mapeada e quantificada a cobertura da lâmina d’água e de macrófitas flutuantes no lago. Para a análise multitemporal foram utilizadas imagens de satélite do programa Landsat, trabalhadas em ambiente SIG. O programa Landsat é uma série de satélites ambientais voltados para a observação e monitoramento terrestre, desenvolvido pelos EUA. O primeiro satélite da série foi lançado em meados do século XX, entre as décadas de 70 e 80.

Da série de satélites do programa, foram utilizadas imagens do Landsat-5, Landsat-7, e Landsat-8, o satélite mais recente da série. Do satélite Landsat-5 usou-se imagens dos anos de 1984 a 2011, ano em que o satélite deixou de imagear. As exceções são 1999 e 2002, imagens obtidas do satélite Landsat-7 devido a melhor qualidade das imagens. Para o período de 2013 a 2015 foram utilizadas imagens do Landsat-8, mas o ano de 2012 não foi analisado devido à indisponibilidade de imagens. Embora tenham sido analisadas imagens de tres satélites, comparações entre imagens podem ser feitas devido à semelhança na configuração das análises. Para

mapear a cobertura do lago anualmente, imagens do período menos chuvoso (menor nebulosidade), na estação seca no Pantanal entre 7 de julho e 19 de outubro, foram obtidas na página da USGS *Global Visualization Viewer* (GLOVIS, <http://glovis.usgs.gov/>).

O tratamento e processamento das imagens foram realizados nos SIGs SPRING versão 5.3 e QGIS versão 2.8, ambos softwares livres. Foram selecionadas imagens georreferenciadas e sem nuvens. Visando a geração do mapa de cobertura do solo, as imagens foram classificadas por segmentação (classificação supervisionada orientada a objeto) no SPRING para o mapeamento de três classes temáticas: água, macrófitas aquáticas e entorno (vegetação indefinida). Com a classificação foi possível estimar os valores de cobertura do solo de cada classe.

Dados do nível do rio Paraguai em Cáceres fornecidos pela Marinha Brasileira foram processados para obter uma série histórica dos picos anuais de cheia, similar à série histórica apresentada em Bergier e Resende (2010) que compararam a chuva de verão no Pantanal com o pico de cheia medido na estação de Ladário.

4. Resultados e Discussão

A **Figura 3** apresenta os resultados obtidos a partir da análise das imagens do Landsat e de dados de picos de cheia do rio Paraguai na estação fluviométrica de Cáceres.

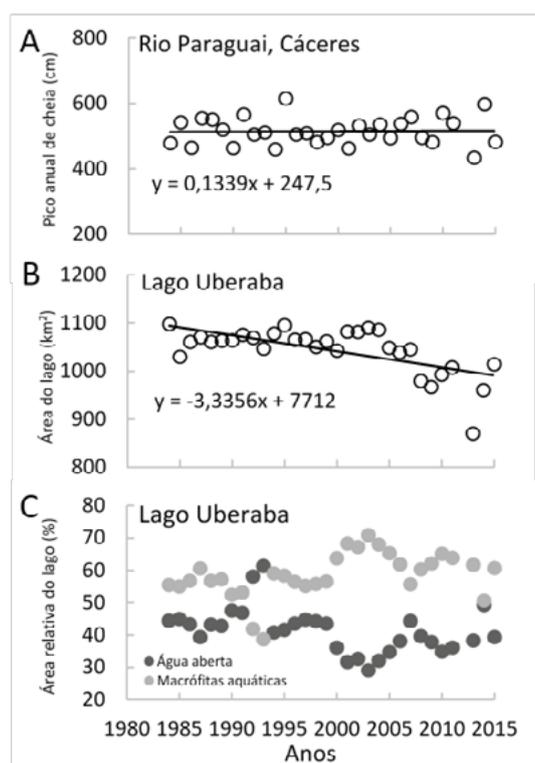


Figura 3. Comparação de variação de indicadores hidrológicos no intervalo de tempo 1984-2015: (A) nível do rio Paraguai em Cáceres-MT (nível do rio em cm) a montante do Lago Uberaba; (B) espelho d'água do Lago Uberaba; (C) áreas relativas de água aberta e de macrófitas aquáticas no Lago Uberaba.

O pico de cheia anual do Rio Paraguai em Cáceres variou de 434 a 615 cm, com ausência de tendência de aumento ou decréscimo (**Figura 3A**). O pico de cheia anual em Cáceres correlacionou-se fracamente com a área superficial total do lago ($r = 0,142$; $p = 0,445$). Por outro lado, a área total do lago reduziu-se anualmente em $3,33 \text{ km}^2 \text{ ano}^{-1}$ (**Figura 3B**). A área superficial

de água aberta variou entre 317 km² e 642 km², sendo a tendência linear de redução de 4,7 km² ano⁻¹, enquanto que a área superficial de macrófitas aquáticas variou de 405 km² a 772 km² com uma tendência linear de aumento de 1,4 km² ano⁻¹. As variações em termos relativos das áreas de macrófitas aquáticas e de água aberta são apresentadas na **Figura 3C**.

Durante missão de campo em setembro de 2015 foram identificados baceiros (nome dado aos bancos flutuantes de macrófitas aquáticas com predomínio de gramíneas da família das ciperáceas como *Scirpus sp.*, e eventualmente alguns aguapés) no norte do Lago Uberaba (17.5° S 57.8° O) (**Figura 4**). A maioria dos bancos de camalote formados predominantemente por aguapés foi vista próximo à maior ilha do lago (Morro do Pato), a nordeste (**Figura 2**). No meio do lago havia pequenos camalotes, menores que os baceiros verificados no lago e também em outros canais de rios. A análise de imagens do satélite Landsat revelou a presença de áreas influenciadas por sedimento em suspensão, fato constatado no campo.



Figura 4. Baceiros em diferentes estádios fenológicos na margem norte do Lago Uberaba (17.46° S 57.86° O) em 3 de setembro de 2015. A vegetação é dominada por ciperáceas e apresenta eventualmente aguapés. Foto: Edward Lo.

A **Figura 5** apresenta a comparação visual das áreas mapeadas de plantas aquáticas em agosto de 1985 e em outubro de 2011. Os estudos publicados sugerem que os aguapés tropicais (*Eichhornia sp.*) originários da América do Sul sejam capazes de contribuir com uma deposição orgânica de até 10 cm ano⁻¹ no estado da Flórida, EUA (Joyce, 1985 apud Anderson, 2014). Aguapés são macrófitas aquáticas, um tipo de vegetação flutuante com raízes livres em contato direto com a água (Pivari et al., 2008). No caso da Flórida, o fluxo do Rio Kissimmee foi reduzido e desviado para outros canais. Durante o período de fluxo reduzido, o aguapé invasor *E. crassipes* presente no rio provavelmente contribuiu com a maior parte do material orgânico (Anderson, 2014).

De modo geral, a área do espelho livre de água do Lago Uberaba sofreu redução de 21,4%, em grande medida devido ao avanço da cobertura de macrófitas aquáticas (**Figura 5**). Os resultados sugerem, portanto, que o avanço das macrófitas no lago deve independer da variabilidade da chuva e da descarga fluvial, considerando o nível do rio em Cáceres como um dado *proxy* de uma parte das entradas de água no lago. A **Figura 3C** sugere claramente uma tendência da área de macrófitas superar os 60% nos próximos anos ou décadas. Tendo em vista que a maior parte desse avanço é realizada por baceiros de ciperáceas, a redução verificada do espelho d'água pode representar um exemplo de processo de sucessão ecológica de vegetação r-estrategista para k-estrategista nesses ambientes hidrológicamente 'mutantes' em função dos processos

avulsivos (Assine et al., 2015a)

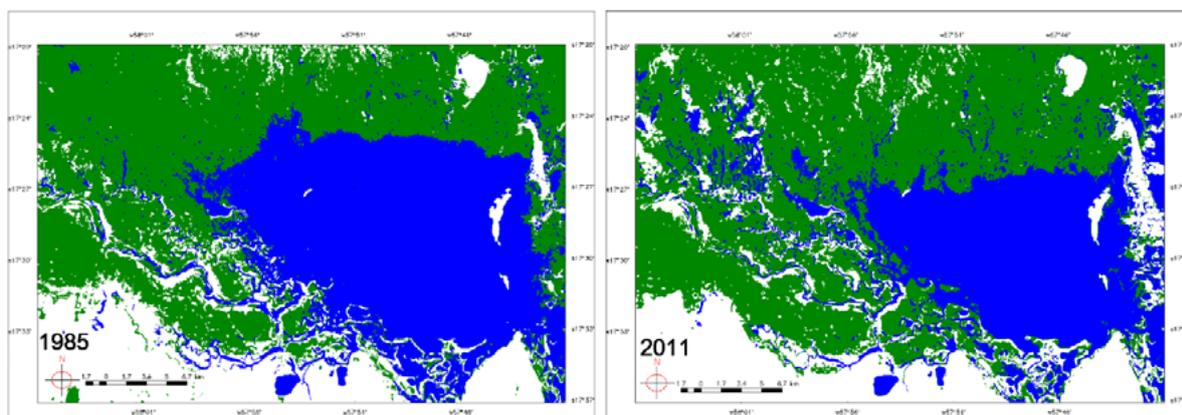


Figura 5. Macrófitas (verde) em 1985 e em 2011, e água (azul) no Lago Uberaba. Houve significativo avanço de macrófitas aquáticas na região norte do lago e o aumento das áreas de plantas aquáticas espectralmente classificadas como áreas terrestres ou entorno (em branco) em 2011.

A **Figura 6** apresenta um modelo teórico de sucessão ecológica em lagos de megaleques fluviais com processos avulsivos. Inicialmente, a colonização é feita por camalotes de aguapés, que incluem, além de *Eichhornia* sp., exemplares do gênero *Salvinia* sp. e outras espécies (Castro et al., 2010). Na medida em que estas plantas se desenvolvem, parte delas se desprendem e fluem livremente na forma de camalotes, e outras morrem no local (Castro et al., 2010). Espécies de ciperáceas também fazem parte do processo inicial de colonização. Essas plantas *r*-estrategistas, no entanto, tendem a formar baceiros, bancos maiores e mais agregados de plantas flutuantes capazes de crescer sobre si mesmas após morrerem. Nesse processo se dá a formação de histossolos (**Figura 7**, ver Pivari et al., 2008).

Tanto as plantas vivas como as senescentes de camalotes e baceiros têm papel relevante na retenção de sedimentos, aumentando a capacidade dos histossolos em sustentar espécies arbóreo-arbustivas (Pott e Silva, 2015). O desenvolvimento pleno de espécies arbóreo-arbustivas pode levar o sistema a um novo patamar do processo de sucessão em fase semi-terrestre ou plenamente terrestre. Nesse caso, o clímax sucessional dá origem a uma vegetação lenhosa e, portanto, a transformação de um ambiente preferencialmente aquático em outro preferencialmente terrestre (**Figura 6**), embora ainda influenciado pelo pulso anual de inundação. Este processo pode ser uma das vias de formação de ilhas e corredores de florestas verificados nas planícies de inundação. Em específico ao Lago Uberaba, sua porção norte é dominada por gramíneas aquáticas flutuantes da família *Cyperaceae*. A **Figura 5** sugere que esta região se encontra nas segunda e terceira fases da sucessão ecológica evidenciada na **Figura 6**. Já sua porção a sudoeste (**Figura 2**), apresenta áreas de vegetação terrestre que podem resultar de um processo ecológico sucessional aquático-terrestre de origem avulsiva.

Vale destacar que bacias hidrográficas, no contexto da RES, possuem Zonas de Processos Funcionais (*Functional Processes Zones*, FPZ em inglês). A caracterização de uma FPZ, considerando também o conceito de *River Continuum*, leva em conta propriedades específicas locais, desde as nascentes até a foz de uma bacia de drenagem, como, por exemplo, as taxas de vazão e sedimentação, o clima, a profundidade, as espécies presentes, entre outras (Vannote et al., 1980; Thorp et al., 2006). Em geral, FPZ dispõe de funções distintas e são regidas pela escala, de modo que os arredores do Lago Uberaba na franja do leque fluvial do Rio Paraguai caracterizam um tipo de FPZ que naturalmente deve se replicar em outros leques fluviais do

Pantanal e de outras zonas úmidas análogas. Considerando o modelo de sucessão ecológica aquático-terrestre (**Figura 6**), as FPZs podem evoluir para outras FPZs em função de processos avulsivos (Assine et al., 2015a).

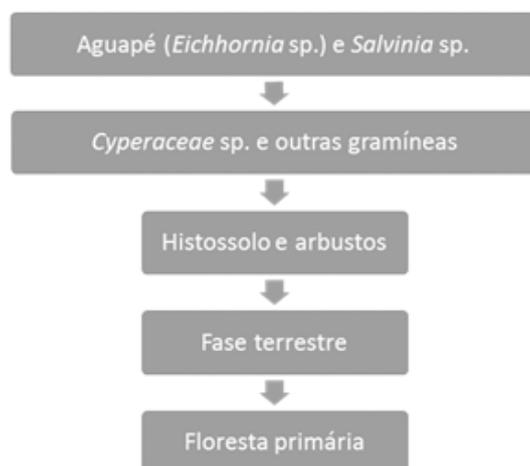


Figura 6. Modelo teórico de formação de áreas florestais terrestres em zonas úmidas, particularmente nas porções distais de leques fluviais.



Figura 7. Exemplo de histossolo coletado no rio Paraguai. Em grandes cheias anuais, quando baceiros se desprendem de meandros abandonados e lagos, é possível coletá-los na calha principal do Rio Paraguai. Os pantaneiros chamam de ‘batume’ os histossolos encontrados no rio. Foto: Ivan Bergier.

5. Conclusões

O papel das macrófitas aquáticas flutuantes na diminuição do espelho d’água no sistema fluvio-lacustre do Lago Uberaba foi verificado com o emprego de imagens históricas da série Landsat. Em aproximadamente três décadas, a área do lago diminuiu 21,4%. Com o tempo, e considerando a possibilidade de sucessão ecológica aquática-terrestre, o lago pode mudar radicalmente sua configuração, apresentando num futuro próximo mais áreas terrestres dominadas por vegetação lenhosa sobre histossolos, composta de plantas *k*-estrategistas. O aporte sedimentar e a ocupação vegetal do lago pode dar origem a novos processos avulsivos, o que pode conferir à paisagem do Pantanal um caráter continuamente mutante.

A hipótese de sucessão ecológica aquático-terrestre em sistemas fluviais distributários, descrita neste estudo, pode ajudar a melhor conceituar e entender os processos dinâmicos atuando em lagos tropicais de planícies de inundação em áreas úmidas. Novos estudos que corroborem, refutem ou melhorem esse modelo serão necessários para melhor compreender a evolução do ecossistema, com novas visitas a campo e estudos com imagens orbitais de melhor resolução espacial e espectral, ou mesmo com imagens SAR (*Synthetic Aperture Radar*).

Estudos de caráter multidisciplinar como este contribuem no esclarecimento de questões sobre a dinâmica de processos geomorfológicos na planície pantaneira. Os resultados e premissas aqui apresentadas ampliam o entendimento do papel de macrófitas aquáticas como ‘agentes geomorfológicos’ na bacia de drenagem de rios distributários, influenciando o nível trófico, a formação e a longevidade de lagos em planícies aluviais. Estudos de processos geo-ecológicos em várias escalas temporais, ligados às mudanças hidrológicas, devem contribuir também na ampliação do entendimento da evolução do Pantanal como sistema natural (McGlue et al., 2012).

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à ECOA pelo apoio logístico, por intermédio de Jocemir Antunes, e à Comissão Fulbright Brasil que, junto com a CAPES do Brasil, proporcionou recursos financeiros para este estudo em Corumbá, que envolve parceria entre pesquisadores norte-americanos e brasileiros. Este estudo teve suporte institucional da Embrapa-Pantanal, da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - Câmpus do Pantanal e da Unesp Rio Claro pelo Projeto Fapesp 2014/06889-2 (Mudanças paleo-hidrológicas, cronologia de eventos e dinâmica sedimentar no Quaternário da Bacia do Pantanal). À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq e também pela bolsa de pesquisador (PQ2) para Aguinaldo Silva. Os autores também agradecem ao 17º Batalhão de Fronteira – Corumbá.

7. Referências

- Anderson, D. H. Geomorphic Responses to Interim Hydrology Following Phase I of the Kissimmee River Restoration Project, Florida. **Restoration Ecology**, v. 22, p. 367-375, 2014.
- Assine, M. L.; Macedo, H. A.; Stevaux, J. C.; Bergier, I.; Padovani, C. R.; Silva, A. Avulsive Rivers in the Hydrology of the Pantanal Wetland. Em: I. BERGIER, M. L.; ASSINE, M. L. (Ed.). **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**, New York: Springer, p. 83-110, 2015a.
- Assine, M. L.; Merino, E.R.; Pupim, F. N.; Macedo, H. A.; Santos, M. G. M. The Quaternary alluvial systems tract of the Pantanal Basin, Brazil. **Brazilian Journal of Geology**, v. 45, n. 3, p. 475-489, 2015b.
- Assine, M. L.; Silva, A. Contrasting fluvial styles of the Paraguay River in the northwestern border of the Pantanal wetland, Brazil. **Geomorphology**, v. 113, p. 189-199, 2009.
- Assine, M. L.; Soares, P. C. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. **Quaternary International**, v. 114, n. 1, p. 23-34, 2004.
- Bergier, I.; Resende, E. K. Dinâmica de cheias no Pantanal do rio Paraguai de 1900 a 2009. Em: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 3., 2010, Cáceres. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2010. p. 35-43, Geopantanal 2010.
- Bergier, I.; Salis, S. M.; Miranda, C. H. B.; Ortega, E.; Luengo, C. A. Biofuel production from water hyacinth in the Pantanal wetland. **Ecohydrology Hydrobiology**, v. 12, p. 77-84, 2012.
- Buller, L. S.; Bergier, I.; Ortega, E.; Salis, S. M. Dynamic energy valuation of water hyacinth biomass in wetlands: an ecological approach. **Journal of Cleaner Production**, v. 54, p. 177-187, 2013.
- Castro, W. J. P.; Vianna, E. F.; Salis, S. M.; Galvani, F.; Lima, I. B. T. Composição Florística e Fauna

Associada das Ilhas Flutuantes Livres, Rio Paraguai, Corumbá, MS. Em: Simpósio Sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos do Pantanal, 5., 2010, Corumbá. **Anais...** Corumbá Embrapa, 2010. 4 p.

Cohen, A. S. **Paleolimnology: The History and Evolution of Lake Systems**. New York, Oxford University Press, 2003. 525 p.

Cohen, A. S.; McGlue, M. M.; Ellis, G. S.; Zani, H.; Swarzenski, P. W.; Assine, M. L.; Silva, A. Lake formation, characteristics, and evolution in retroarc deposystems: A synthesis of the modern Andean orogeny and its associated basins. Em: Decelles, P. G.; Ducca, M. N., Carrapa, B.; Kapp, P. A., eds. Geodynamics of a Cordilleran Orogenic System: The Central Andes of Argentina and Northern Chile: **Geological Society of America Memoir** 212, p. 309-335, 2015.

Gadgil, M.; Solbrig, O. T. The Concept of r- and k-Selection: Evidence from Wild Flowers and Some Theoretical Considerations. **The American Naturalist**, v. 106, p. 14-31, 1972.

Galo, M. L. B. T.; Velini, E. D.; Trindade, M. L. B.; Santos, S. C. A. Uso do Sensoriamento Remoto Orbital no Monitoramento da Dispersão de Macrófitas nos Reservatórios do Complexo Tietê. **Planta Daninha**, v. 20, p. 7-20, 2002.

Latrubesse, E. M. Large rivers, megafans and other Quaternary avulsive fluvial systems: A potential “who’s who” in the geological record. **Earth-Science Reviews**, v. 146, p. 1-30, 2015.

Leier, A. L.; Decelles, P. G.; Pelletier, J. D. Mountains, monsoons, and megafans. **Geology**, v. 33, p. 289-292, 2005.

McGlue, M. M.; Silva, A.; Zani, H.; Corradini, F. A.; Parolin, M.; Abel, E. J.; Cohen, A. S.; Assine, M. L.; Ellis, G. S.; Trees, M. A.; Kuerten, S.; Gradella, F. S.; Rasbold, G. G. Lacustrine records of Holocene flood pulse dynamics in the Upper Paraguay River watershed (Pantanal wetlands, Brazil). **Quaternary Research**, v. 78, p. 285-294, 2012.

Moraes, L. A. F. A visão integrada da ecologia para o manejo sustentável dos ecossistemas aquáticos. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 4, p. 676-687, 2009.

Pivari, M. O.; Pott, V. J.; Pott, A. Macrófitas aquáticas de ilhas flutuantes (baceiros) nas sub-regiões do Abobral e Miranda, Pantanal, MS, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 22, p. 563-571, 2008.

Pott, A.; Silva, J. S. V. Terrestrial and Aquatic Vegetation Diversity of the Pantanal Wetland. In: I. Bergier; Assine, M. L. (Ed.). **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**, New York: Springer, p. 111-131, 2015.

Souza, R. C. S.; Vianna, E. F.; Pellegrin, L. A.; Salis, S. M.; Costa, M.; Bergier, I. Localização de áreas permanentes de vegetação aquática na planície de inundação do Rio Paraguai e adjacências. Em: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2010, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. 2036 p.

Thorp, J. H.; Thoms, M. C.; Delong, M. D. The Riverine Ecosystem Synthesis: Biocomplexity in River Networks Across Space and Time. **River Research and Applications**, v. 22, p. 123-147, 2006.

Vannote, R. L.; Minshall, G. W.; Cummins, K. W.; Sedell, J. R.; Cushing, C. E. The River Continuum Concept. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 37, p. 130-137, 1980.

Vianna, E. F.; Souza, R. C. S.; Buller, L. S.; Salis, S. M.; Bergier, I. Avaliação de algoritmos de processamento em batelada de imagens videográficas para a estimativa de exportação fluvial de ilhas de biomassa flutuante pelo Pantanal. Em: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. 5171 p.

Villamagna, A. M.; Murphy, B. R. Ecological and socio-economic impacts of invasive water hyacinth (*Eichhornia crassipes*): a review. **Freshwater Biology**, v. 55, p. 282-298, 2010.

Weissmann, G. S.; Hartley, A. J.; Nichols, G. J.; Scuderi, L.A., Olson, M.; Buehler, H.; Banteah, R. Fluvial form in modern continental sedimentary basins: Distributive fluvial systems. **Geology**, v. 38, p. 39-42, 2010.

Zhang, Y.; Zhang, D.; Barrett, S. C. H. Genetic uniformity characterizes the invasive spread of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), a clonal aquatic plant. **Molecular Ecology**, v. 19, p. 1774-1786, 2010.



Análise dos processos erosivos nas sub-bacias dos Córregos dos Alpes e do Retiro - município de São Pedro - SP: avaliação de metodologias para determinação das áreas de contribuição

Monique de Paula Neves¹
Osni José Pejon¹

¹Escola de Engenharia de São Carlos
Universidade de São Paulo
Av. Trabalhador São-Carlense, 400 - Parque Arnold Schimidt
13566-590 - São Carlos - SP, Brasil
moniqueneves@usp.br
pejon@sc.usp.br

Resumo. A avaliação de processos erosivos deve ser desenvolvida com base na interação existente entre os fatores que condicionam a sua ocorrência, sejam estes, climáticos, geológicos, hidrológicos, entre outros. Uma das abordagens adotadas por diversos autores é análise hidrológica, visando à determinação de áreas de contribuição, a fim de estabelecer as zonas de acumulação de água no relevo e suas relações com os processos erosivos. Para elaboração de mapas de área de contribuição tem sido realizado o processamento automático de dados em SIG utilizando diferentes algoritmos, como o D8 e D-*Infinity*. Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo avaliar estes diferentes métodos de mapeamento a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), em escala 1:10.000. A área em estudo compreende as sub-bacias dos Córregos dos Alpes e do Retiro, localizadas no município de São Pedro - SP, que apresentam uma área aproximada de 7 km². A partir dos mapas de áreas de contribuição obtidos constatou-se que, o método D-*Infinity* define regiões de distribuição de fluxo com características mais similares a realidade da área. Além disso, ao elaborar a rede de drenagem de forma automática verificou-se que este método apresenta melhores resultados quando comparado com a rede de drenagem obtida pelas folhas topográficas do IGC. Em relação às feições erosivas, foi possível também melhor identificar as zonas de acumulação de água que influenciaram no surgimento dos processos erosivos.

Palavras-chave: SIG, processamento automático, modelo digital de elevação.

Abstract. The evaluation of erosive processes should be developed with a base in the existent interaction among the factors that affect its occurrence, such as, climate, geology, soils, hydrology, among others. One of the approaches adopted by several authors is hydrologic analysis, seeking to the determination of contribution areas, in order to establish the areas of accumulation of water in the relief and their relationship with the erosive processes. For elaboration of maps of contribution area is accomplished the automatic processing of data in GIS using different algorithms, like D8 and D-Infinity. Thus, the present work has for objectives to evaluate these mapping methods using the Digital Elevation Model (DEM), in scale 1:10.000. The area of study is the watershed of the Córrego Alpes and Retiro, located in the municipality of São Pedro, state of São Paulo, with an approximate area of 7 km². From the analysis of both maps of contribution areas was verified that the method D-Infinity defines areas of flow distribution with more similarities with the reality of the area. Furthermore, the drainage network automatically extracted with D-Infinity showed better agreement with the drainage network of the topographical map at 1:10.000 scale. Also with this method, it was possible to better identify the water accumulation areas that influenced the onset of gully erosion.

Key-words: GIS, automatic processing; digital elevation model.

1. Introdução

A dinâmica dos processos erosivos está diretamente relacionada com um conjunto de fatores que condicionam a sua ocorrência: condições climáticas, hidrológicas, geológicas, pedológicas e geomorfológicas. Para desenvolver uma avaliação adequada das erosões devem-se considerar as interações existentes entre estes fatores. Uma das abordagens adotadas por diversos autores é análise hidrológica, visando à determinação das áreas de contribuição e sua relação com o surgimento de feições erosivas. Segundo Ramos et al. (2003), os mapas de área de contribuição são fundamentais em diversos estudos, uma vez que indicam as zonas potenciais de saturação e possíveis áreas de instabilidade, nas diversas porções do relevo.

Para elaboração destes mapas tem sido utilizado o processamento automático em SIG (Sistema de Informação Geográfica). O SIG como uma das ferramentas de geoprocessamento tem beneficiado diversas pesquisas que visam à avaliação do meio físico. Segundo Sobreira (2004), a utilização do SIG possibilita o armazenamento, tratamento e análise de dados, favorecendo a elaboração de diferentes tipos de mapas e cartas, contribuindo significativamente para o desenvolvimento da cartografia geotécnica como um todo.

Desta forma, a partir de processamento automático de dados espaciais pode ser realizada a análise hidrológica, visando à delimitação automática de bacias hidrográficas, elaboração dos mapas de direção de fluxo e áreas de contribuição. Para isto, são utilizados diferentes algoritmos, conforme citado por Jesus (2009): D8 (*Deterministic Eight-Node*) proposto O'Callaghan e Mark (1984); Rho8 (*Random eight-node*) desenvolvido por Quinn et al. (1991); DEMON de Costa-Cabral e Burges (1994); e o *D-Infinity*, método mais recente proposto por Tarboton (1997).

Considerando estes métodos de mapeamento, Ramos et al. (2003), Tesfa et al. (2011), Oliveira et al. (2012), Bosquilia (2014), entre outros autores, realizaram suas pesquisas comparando os resultados obtidos por diferentes algoritmos. Ramos et al. (2003), verificaram que o método D8 apresenta resultados indesejáveis, por gerar áreas de contribuição mais concentradas nas vertentes, enquanto que o *D-Infinity* tende a determinar as direções de fluxo com maior exatidão, gerando conseqüentemente mapas de áreas de contribuição com maior confiabilidade, para aplicação em estudo de processos erosivos, modelos para previsão de áreas de instabilidade, determinação de zonas de saturação, entre outras formas de estudo.

Além disso, a eficiência destes métodos tem sido discutida em diversos trabalhos que visam a elaboração do índice topográfico, como Farinasso et al. (2006), Oliveira et al. (2013), e Lopes (2013). Farinasso et al. (2006) compararam a aplicação dos algoritmos D8 e *D-Infinity* para determinação do fator topográfico (LS), e segundo estes autores o método *D-Infinity* apresentou

resultados melhores para aplicação em estudos de predição de processos erosivos, que utilizam como base a Equação Universal de Perda do Solo (EUPS). Oliveira et al. (2013) também verificaram que o algoritmo *D-Infinity* é mais adequado para simulação da direção de fluxo em vertentes, apresentando conseqüentemente, uma análise mais adequada da distribuição espacial de processos erosivos.

2. Objetivo

O presente trabalho tem por objetivo comparar a aplicação dos métodos D8 e *D-Infinity* para elaboração dos mapas de área de contribuição para as sub-bacias hidrográficas dos Córregos Água dos Alpes e Córrego do Retiro, a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE), em escala 1:10.000.

3. Material e Métodos

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais: folhas topográficas do IGC (1:10.000); inventário de feições erosivas (GOMES, 2002; ARAÚJO, 2011); e os softwares ArcGIS® 10.3, TauDEM 5.0 e AutoCAD® Map.

3.1 Área de estudo

A área em estudo está inserida no município de São Pedro, localizado na região centro-oeste do estado de São Paulo e engloba as sub-bacias hidrográficas dos Córregos Água dos Alpes e Córrego do Retiro, pertencentes à Bacia do Córrego do Meio. As sub-bacias estão localizadas entre as coordenadas UTM 196000 - 200000mE e 7496000 - 7502000mN, na zona 23S e possuem uma área aproximada de 7km² (**Figura 1**).

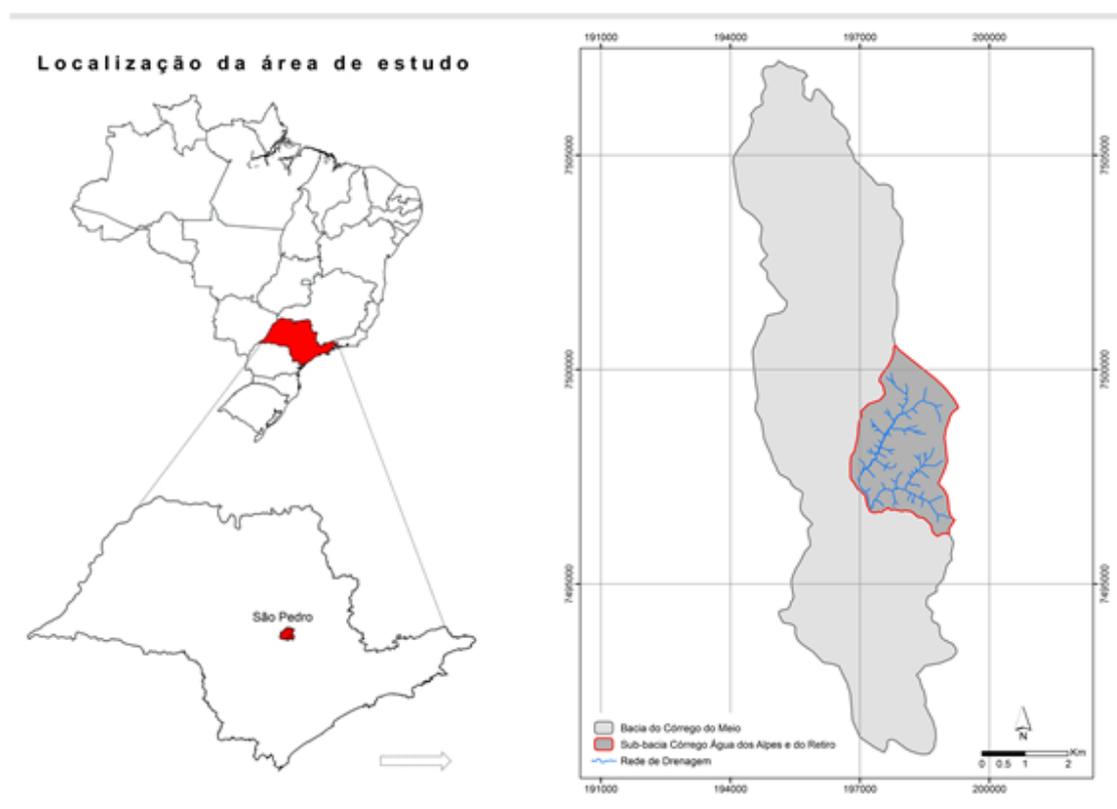


Figura 1. Mapa de localização da área em estudo.

Quanto as características gerais da área em estudo, o clima predominante segundo a classificação de Köppen é o CWa (clima sub-tropical úmido) com inverno seco e verão quente (ARAÚJO, 2011). No que tange as formações geológicas, predomina o afloramento de rochas sedimentares da Formação Pirambóia (PEJON, 1992), que se caracterizam pela presença de arenitos finos de cores vermelha, branca e amarela, com estratificações cruzadas. Quanto aos materiais inconsolidados, segundo Gomes (2002), há ocorrência de materiais transportados e residuais associados à Formação Pirambóia, com espessuras entre 2 e 10m, e sedimentos aluvionares. E de acordo com o IPT (1981), a geomorfologia da área está inserida na Depressão Periférica Paulista.

Em relação às feições erosivas, Gomes (2002) identificou a alta susceptibilidade da área à formação de erosões, desde sulco à voçoroca, em decorrência das características geológicas e do relevo. As erosões estão associadas principalmente aos materiais da Formação Pirambóia (solos transportados), e também aos terrenos inclinados (declividade superior a 10%), localizados próximos às redes de drenagem. O processo na área pode ainda ser acelerado, devido a práticas inadequadas decorrentes das atividades antrópicas.

3.2 Métodos

A **Figura 2** apresenta a sistemática de trabalho adotada. Apesar deste estudo ter sido realizado fora da área do Pantanal o procedimento metodológico apresentado pode ser aplicado a qualquer área para a definição do fluxo acumulado de água.

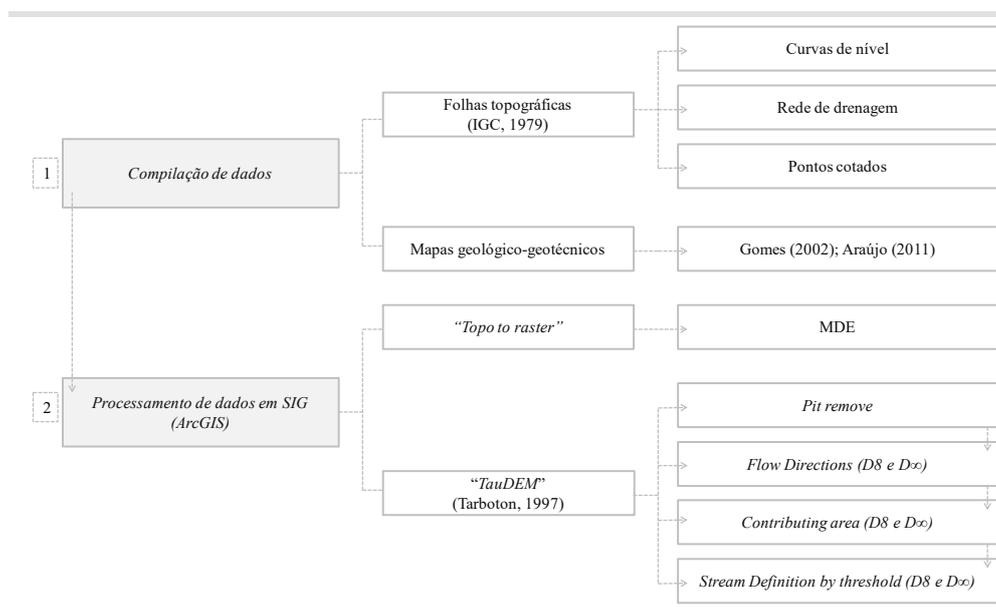


Figura 2. Etapas de trabalho.

Quanto as características gerais da área em estudo, o clima predominante segundo a classificação de Köppen é o CWa (clima sub-tropical úmido) com inverno seco e verão quente (ARAÚJO, 2011). No que tange as formações geológicas, predomina o afloramento de rochas sedimentares da Formação Pirambóia (PEJON, 1992), que se caracterizam pela presença de arenitos finos de cores vermelha, branca e amarela, com estratificações cruzadas. Quanto aos materiais inconsolidados, segundo Gomes (2002), há ocorrência de materiais transportados e residuais associados à Formação Pirambóia, com espessuras entre 2 e 10m, e sedimentos aluvionares. E de acordo com o IPT (1981), a geomorfologia da área está inserida na Depressão Periférica Paulista.

Em relação às feições erosivas, Gomes (2002) identificou a alta susceptibilidade da área à formação de erosões, desde sulco à voçoroca, em decorrência das características geológicas e do relevo. As erosões estão associadas principalmente aos materiais da Formação Pirambóia (solos transportados), e também aos terrenos inclinados (declividade superior a 10%), localizados próximos às redes de drenagem. O processo na área pode ainda ser acelerado, devido a práticas inadequadas decorrentes das atividades antrópicas.

3.2.1 Compilação de dados existentes

Esta etapa compreendeu o levantamento de informações existentes da área em estudo: dados bibliográficos, folhas topográficas e mapas geológico-geotécnicos. As folhas topográficas, na escala 1:10.000, foram obtidas do IGC (1979); e os mapas geológico-geotécnico de trabalhos já realizados na área em estudo, como: Gomes (2002) e Araújo (2011), elaborados em escala de detalhe. As curvas de nível, pontos cotados, rede de drenagem e mapas de inventário de feições erosivas, já haviam sido vetorizados, portanto nesta etapa realizou-se a adequação destes arquivos para a área em estudo. Todos os dados compilados nesta etapa foram organizados em um banco de dados georreferenciados.

3.2.2 Processamento em SIG

Para a elaboração dos produtos cartográficos obtidos nesta etapa foram utilizados os software ArcGIS® 10.3 e o TauDEM - *Terrain Analysis Using Digital Elevation Models* (Tarboton, 1997).

- *Modelo Digital de Elevação (MDE)*: a partir das curvas de nível (equidistância de 5m), pontos cotados e rede de drenagem, elaborou-se o MDE (Modelo Digital de Elevação). Para isto, foi utilizada a ferramenta “*3D Analyst Tools - Raster Interpolation - Topo to raster*”, que realiza a interpolação a partir das isolinhas de altimetria. Considerando a escala dos dados de entrada (1:10.000) e a representação adequada dos detalhes do terreno, o MDE foi elaborado com um pixel de 2m de resolução. Após a obtenção do MDE realizou-se um teste para avaliar sua precisão, inicialmente foi aplicado um filtro para corrigir os possíveis erros (*TauDEM Tools - Basic Grid Analysis - Pit Remove*), e em seguida foram geradas curvas de nível (*3D Analyst Tools - Raster Surface - Contour*) com a mesma equidistância das curvas obtidas pelas folhas topográficas.

- *Direção de Fluxo (Flow Direction)*: o mapa de direção de fluxo foi elaborado utilizando os algoritmos D8 e *D-Infinity*. No método D8, a direção do fluxo é definida a partir da diferença de cota existente entre oito pixels vizinhos, para isto, considerando uma célula central entre estes pixels, são definidos códigos, a fim de determinar a direção do fluxo de acordo com o pixel de menor cota (O’callaghan; Mark, 1984). No método *D-Infinity*, podem ser obtidas infinitas possibilidades de direção de fluxo, distribuídas proporcionalmente entre os pixels, para calcular estas direções considera-se a declividade existente entre as facetas triangulares (Tarboton, 1997). A **Figura 3** apresenta uma representação dos métodos utilizados.

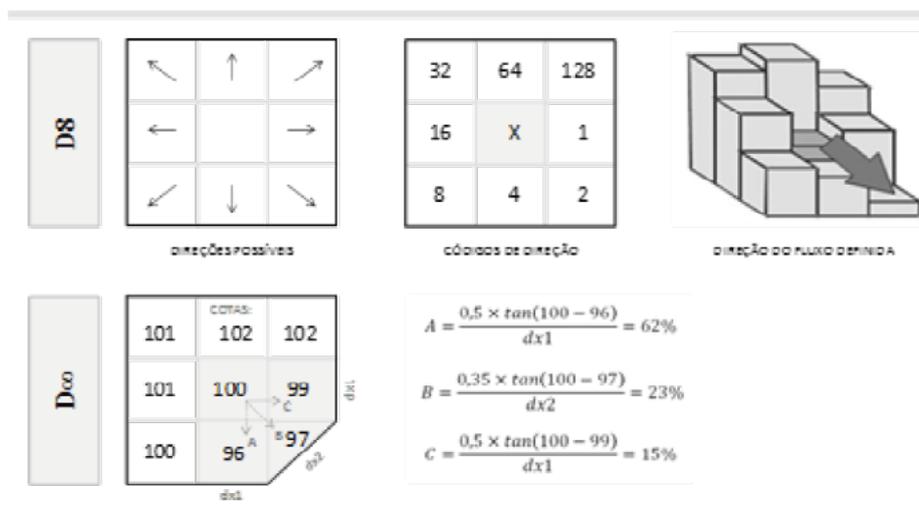


Figura 3. Métodos para determinar as direções de fluxo. Adaptado de Bosquilia et al. (2014).

- *Área de contribuição (Contributing area):* as áreas de contribuição são definidas a partir da direção de fluxo, considerando a quantidade de células que drenam para a jusante, desta maneira, podem-se determinar as áreas com acúmulo de água, até o exutório da bacia (BOSQUILIA, 2014). Os mapas de área de contribuição também foram elaborados utilizando os dois algoritmos (D8 e D-*Infinity*). A **Figura 4** apresenta um esquema para determinação destas áreas.

- *Delimitação das drenagens (Stream Definition by Threshold):* para delimitar as drenagens foram utilizados os mapas de área de contribuição obtidos pelos métodos D8 e D-*Infinity*. Para isto, foram estabelecidos os *threshold*, parâmetro que determina se um determinado número de pixels pode ser considerado um canal de drenagem, desta forma, para os pixels com valores menor que o *threshold*, atribui-se o valor 0, e para os maiores valor 1.

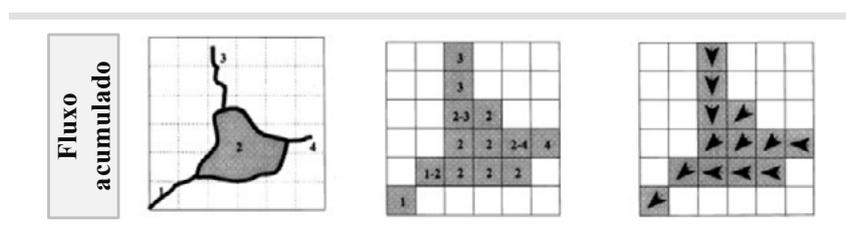


Figura 4. Representação do fluxo acumulado. Adaptado de Sobrinho et al. (2010).

4. Resultados e Discussão

Neste estudo foram obtidos os mapas de área de contribuição a partir dos diferentes métodos de interpolação, D8 e D-*Infinity*. Toda a análise hidrológica foi realizada com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) apresentado na **Figura 5**. Após a obtenção do MDE foram realizados os testes, a fim de verificar sua precisão, que mostraram-se satisfatórios, indicando que o modelo poderia ser utilizado como base para a realização das outras etapas deste trabalho.

A **Figura 6** apresenta o mapa de área de contribuição obtido pelo método D8 e a **Figura 7** o mapa obtido pelo D-*Infinity*. Destaca-se que os mapas foram apresentados em escala logarítmica, a fim de ressaltar os valores de área de contribuição, uma vez que os mesmos apresentam uma grande variabilidade em relação à distribuição dos dados.

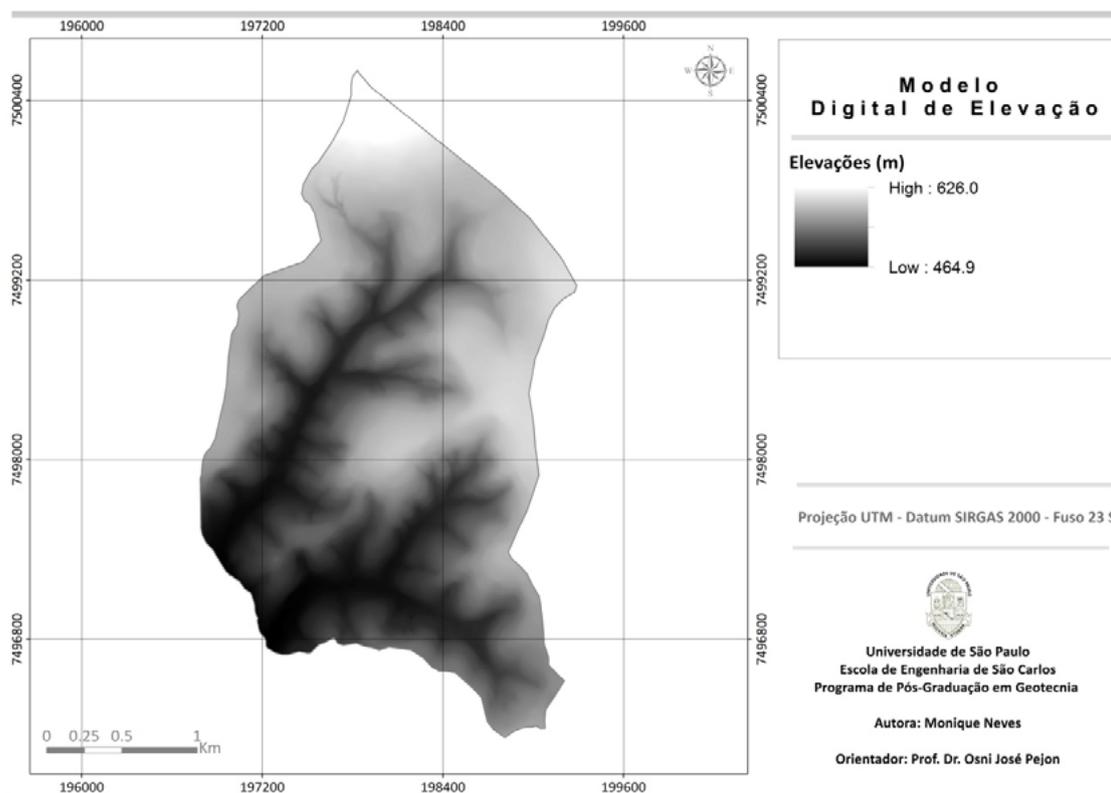


Figura 5. Modelo Digital de Elevação (MDE).

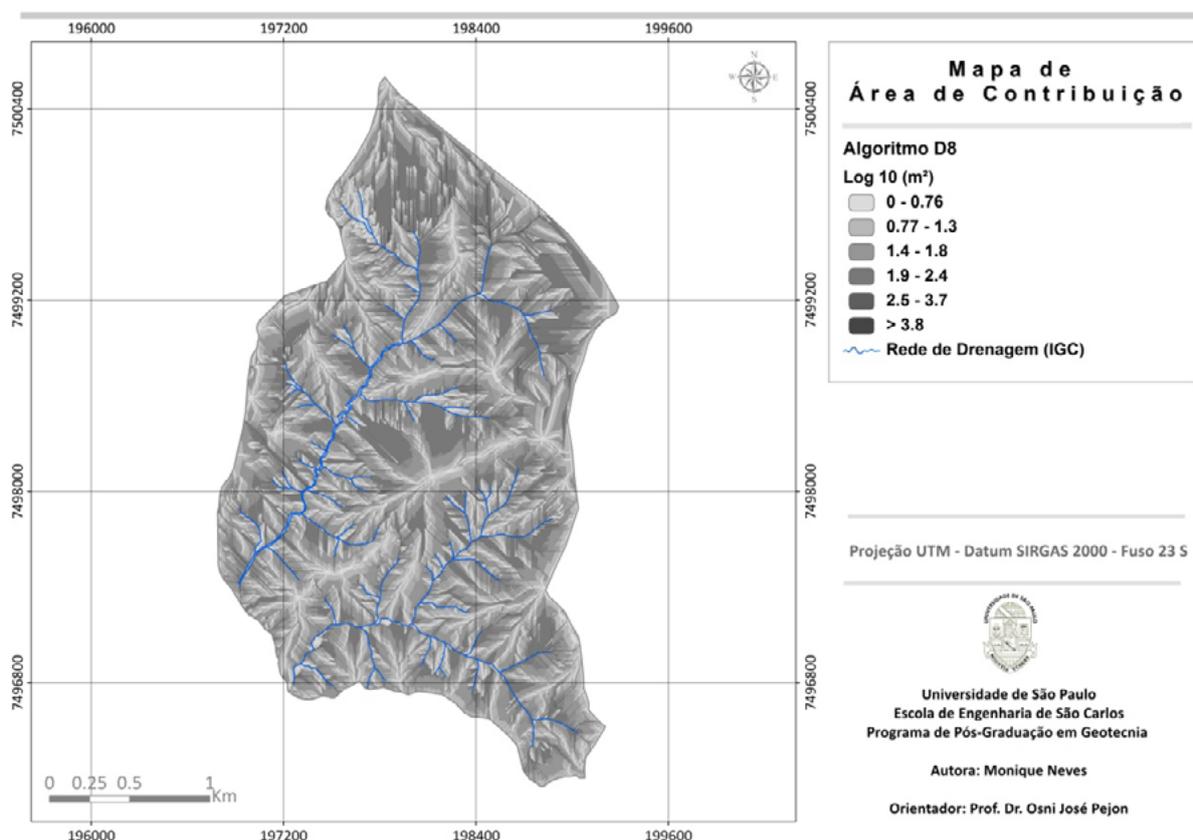


Figura 6. Área de contribuição obtida pelo método D8.

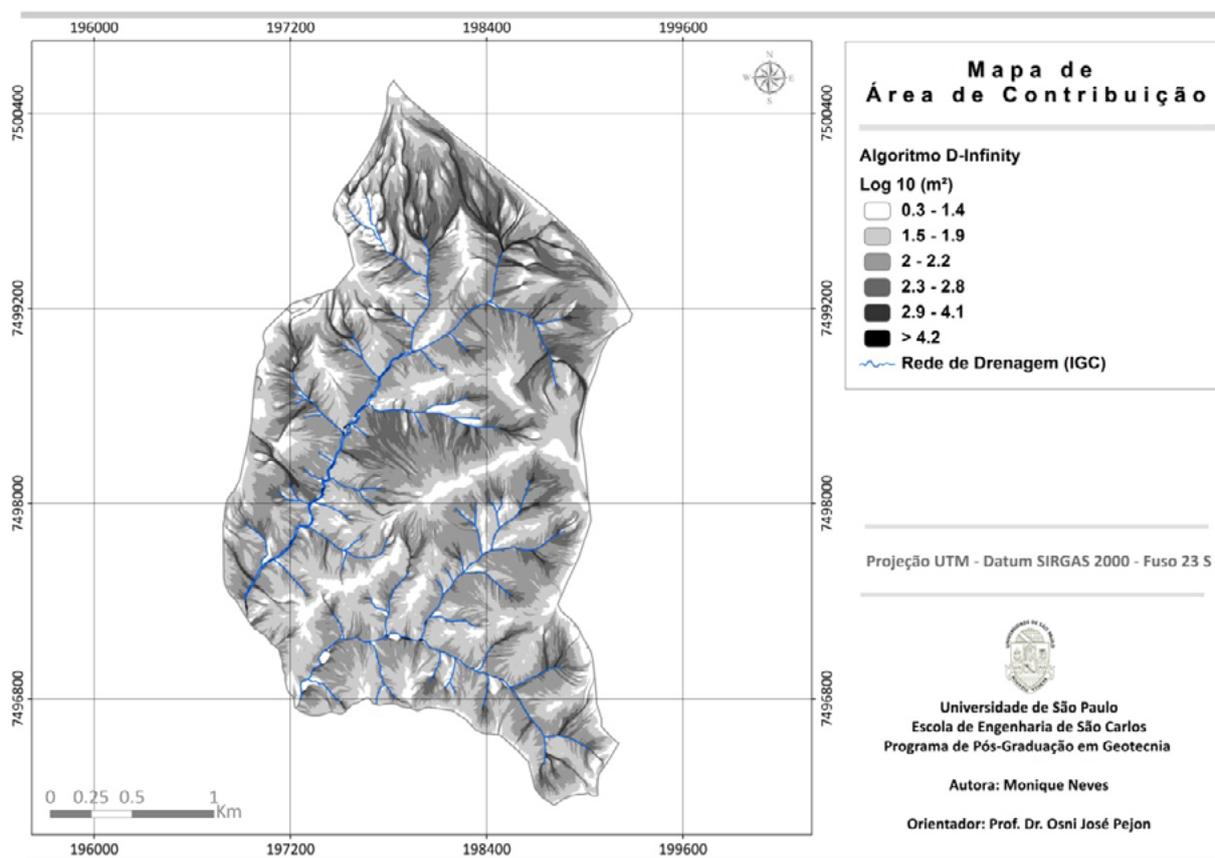


Figura 7. Área de contribuição obtida pelo método *D-Infinity*.

A **Figura 8** apresenta uma região da bacia com a rede de drenagem obtida pelos métodos D8 e *D-Infinity*, e também a rede de drenagem digitalizada a partir das folhas topográficas do IGC. Os *threshold* utilizados foram 1000 para o método D8, e 1250 para o *D-Infinity*. Ressalta-se que, para estabelecimento destes valores foram realizados testes, a fim de analisar aquele que mais se adequava a área em estudo.

Verifica-se que, visualmente, o método D8 tende a apresentar canais de drenagem mais retilíneos, diferente do método *D-Infinity*, que apresentou resultados mais fidedignos a rede de drenagem obtida pelas folhas topográficas.

A fim de analisar a relação entre as áreas de contribuição e as feições erosivas existentes na área em estudo, elaboraram-se os mapas da **Figura 9**, que mostram uma região da bacia com grande concentração de feições erosivas. Verifica-se que, o mapa obtido pelo método *D-Infinity* apresenta melhores resultados, uma vez que define regiões de distribuição de fluxo mais representativas da realidade, ou seja, estas zonas apresentam conformidade com as características da área, mostrando, inclusive, melhor concordância com a rede de drenagem obtida pelas folhas do IGC. Pode-se constatar também que estas áreas estão relacionadas com as erosões existentes, mostrando que zonas de acumulação de água, podem levar a ocorrência de processos erosivos.

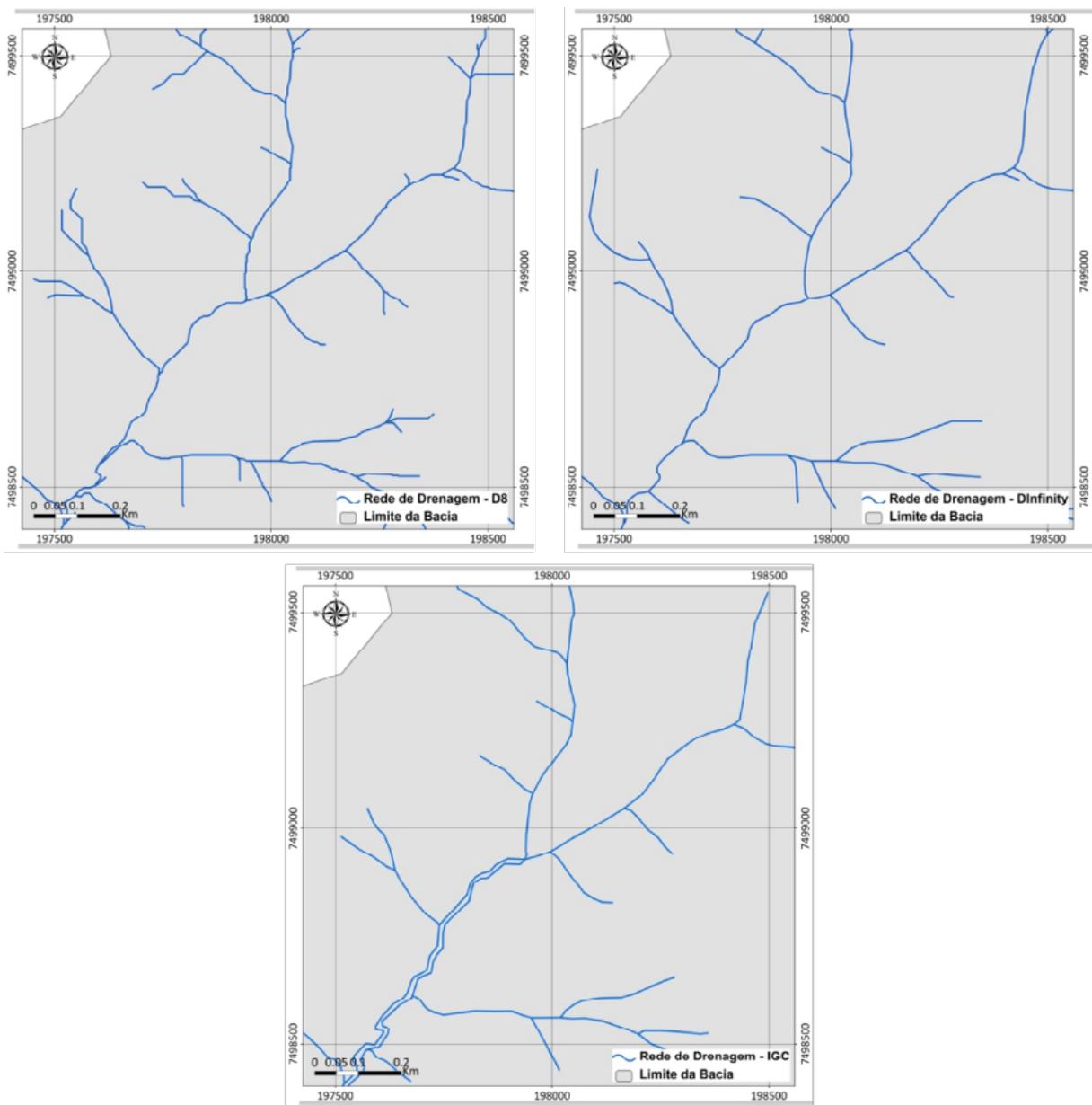


Figura 8. Redes de drenagem obtidas pelos métodos D8 e *D-Infinity*, e pelas folhas topográficas (IGC).

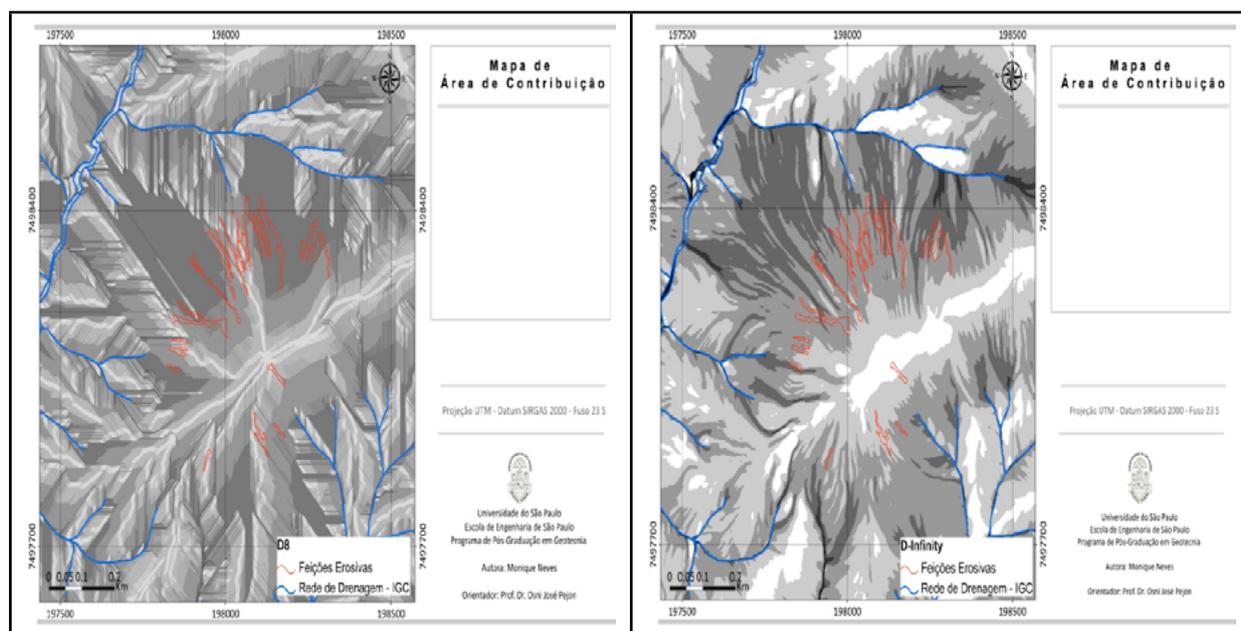


Figura 9. Mapas de área de contribuição e feições erosivas.

5. Conclusões

A área em estudo é altamente suscetível a ocorrência de processos erosivos, desta forma torna-se fundamental o desenvolvimento de estudos que indiquem as possíveis relações entre o surgimento de erosões e processos do meio físico, como condições hidrológicas, abordando especificamente as zonas de acumulação de água.

A partir da análise hidrológica desenvolvida neste trabalho, pode-se comparar as metodologias para obtenção dos mapas de área de contribuição. Como constatado por outros autores, verificou-se que o algoritmo desenvolvido por Tarboton (1997) apresenta melhores resultados, uma vez que permite uma análise mais consistente da área, em conformidade com as características do meio físico. A representatividade deste método também foi avaliada através da elaboração da rede de drenagem, que resultou em um mapa com características mais similares a rede drenagem digitalizada a partir das folhas topográficas. Desta forma, conclui-se que o método *D-Infinity* apresenta maior confiabilidade para aplicação em estudos, que visem à análise de processos erosivos.

Verifica-se ainda que a metodologia de trabalho adotada pode ser aplicada nas bacias hidrográficas localizadas na região do Pantanal, que apresentam susceptibilidade à ocorrência de erosão, como: Bacia do Rio Taquari (Abdon, 2004) e Bacia do Alto Taquari (Machado, 2010).

6. Agradecimentos

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela concessão da bolsa de mestrado.

7. Referências

Abdon, M. M. **Os impactos ambientais no meio físico - erosão e assoreamento na bacia hidrográfica do Rio Taquari, MS, em decorrência da pecuária.** 2004. 302 p. Tese (Engenharia ambiental). Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

Araújo, T. P. de. **Estudo do desencadeamento das erosões lineares concentradas em uma área do município de São Pedro/ SP.** 2011. 181p. Dissertação (Geotecnia) - Universidade de São Paulo, São Carlos. 2011.

- Bosquilia, R. W. D. **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de drenagens e nascentes**. 2014. 136p. Dissertação (Engenharia sistemas agrícolas). Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2014.
- Farinasso M.; Carvalho Junior, O. A.; Guimarães, R. F.; Gomes, R. A. T.; Ramos, V. M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS - Equação universal de perdas de solos utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba - PI-MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 2, p. 73-85, 2006.
- Gomes, D. M. **Mapeamento geológico-geotécnico para análise de feições erosivas concentradas na Bacia do Córrego Ribeirão do Meio, região de São Pedro/SP, na escala 1:20.000**. 2002. 242p. Dissertação (Geotecnia). Universidade de São Paulo, São Carlos. 2002.
- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo - 1:500.000**. USP/IPT: 1981.
- Jesus, N. **Avaliação do Modelo Digital de Elevação Aster para análise morfométrica de bacias hidrográficas**. 2009. 154p. Tese (Análise ambiental). Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2009.
- Lopes, F. C. A. **Avaliação da influência da distribuição espacial da espessura do solo e do nível freático na estabilidade de encosta**. 2013. 124p. Dissertação (Geografia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2013.
- Machado, D. O. **Erosividade das chuvas e erosão hídrica em bacia hidrográfica do Bioma Pantanal**. 2010. 53p. Dissertação (Recursos hídricos). Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2010.
- O'Callaghan, J. F.; Mark, D. M. The extraction of drainage network from digital elevation data. **Computer vision, graphics image process**, v. 28, p. 323-344, 1984.
- Oliveira, A. H.; Silva, M. A.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Klinke Neto, G.; Freitas, D. A. F. Development of Topographic Factor Modeling for Application in Soil Erosion Models. In: Soriano, M. C. H. (Org.). **Soil Processes and Current Trends in Quality Assessment**. Croatia: Intech, 2013, v. 1, cap. 4, p. 50-68.
- Oliveira, A. H.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Klinke Neto, G.; Silva, M. A.; Araújo, E. F. Consistência hidrológica de modelos digitais de elevação (MDE) para definição da rede de drenagem na sub-bacia do Horto Florestal Terra Dura, Eldorado do Sul, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1259-1267, 2012.
- Pejon, O. J. **Mapeamento geotécnico regional da folha de piracicaba – SP (Escala 1:100.000): estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos**. 1992. 224p. Tese (Geotecnia). Universidade de São Paulo, São Carlos. 1992.
- Ramos, V. M.; Guimarães, R. F.; Redivo, A. L.; Carvalho Junior, O. A.; Fernandese, N. F.; Gomes, R. A. T. Avaliação de metodologias de determinação do cálculo de áreas de contribuição. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 4, p. 41-49, 2003.
- Sobreira, F. G. Cartas geotécnicas em áreas sujeitas a escorregamentos. In: **Simpósio brasileiro de cartografia geotécnica e geoambiental**, 5, 2004, São Carlos, 2004, p. 151 - 153.
- Sobrinho, T. A.; Oliveira, P. T. S.; Rodrigues, D. B. B.; Ayres, F. M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Revista engenharia agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 46-57, 2010.
- Tarboton, D. G. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. **Water Resources Research**, v. 33, n. 2, p. 309-319, 1997.
- Tesfa, T. K.; Tarboton, D. G.; Watson, D. W.; Schreuders, K. A. T.; Baker, M. E., Wallace, R. M. Extraction of hydrological proximity measures from DEMs using parallel processing. **Environmental Modelling & Software**, v. 26, p. 1696-1709, 2011.



Registro iconográfico e documental dos sismos ocorridos entre 1955 e 2015 na bacia sedimentar do Pantanal e sua relação com as aplicações de geotecnologias vigentes da época

Gustavo Marques e Amorim ¹

Tiago Gomes da Silva ¹

Edna Maria Facincani ¹

Thamyres Lana Gehlen ¹

Danilo Cesar Silva Corrêa ¹

Camila Benites Lule ¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS

Campo Grande, MS – Brasil

{gustavo_m_amorim, edna_facincani, danilocesar.sc}@hotmail.com

{tiagogomes.mb, thamyresgehlen, camila10benites}@gmail.com

Resumo: A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul participa da Rede Sismográfica Integrada do Brasil (BRASIS) em conjunto ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP). Em períodos anteriores às instalações das primeiras estações sismográficas do Brasil os tremores de terra eram analisados a partir de relatos de pessoas que vivenciaram tal fenômeno e a medida que as geotecnologias se difundem nota-se que a qualidade e a quantidade dos registros melhora de forma substancial. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi identificar e descrever as ocorrências sísmicas descritas no período compreendido entre os anos de 1955 e 2015, usando como fonte o Jornal Correio do Estado/ Campo Grande - MS, região Centro Oeste do Brasil. A partir disto encontrou-se o registro de 8 eventos e se correlacionou a evolução das geotecnologias e o nível de detalhamento dos relatos localizados.

Palavras-chave: registros históricos, sismologia, Pantanal.

Abstract: The Federal University of Mato Grosso do Sul participates in the Seismograph Network Brazil's Integrated (BRASIS) in conjunction with the Institute of Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences (IAG) of the University of São Paulo (USP). In periods prior to installation of the first seismograph stations in Brazil earthquakes were analyzed from people's reports who experienced such a phenomenon and as geotechnologies diffuse, it is noted that the quality and quantity of records improves substantially. Thus, the objective of this study was to identify and describe the seismic events described in the period between the years 1955 and 2015, using as source the newspaper *Correio do Estado*, from Campo Grande - MS, Center West of Brazil. From this, it was found 8 events log, from which we could correlate the evolution of geotechnology and the level of detail of the localized reports.

Keywords: historical records, seismology, Pantanal.

1. Introdução

O Pantanal é uma bacia sedimentar de idade quaternária, tectonicamente ativa, posicionada na Bacia do Alto Paraguai, Região Centro Oeste do Brasil. Historicamente a Bacia Sedimentar do Pantanal é considerada uma das regiões sísmicas do Brasil (Branner, 1912).

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, está participando da Rede Sismográfica Integrada do Brasil (BRASIS) junto ao Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas (IAG) da Universidade de São Paulo (USP) (Sismográfica, 2004), visando compreender as atividades sísmicas na região do Pantanal, bordas das bacias sedimentares do Pantanal e Paraná, buscando relacionar a estrutura da litosfera com o registro de sismos ocorridos.

No entanto, em períodos anteriores às instalações das primeiras estações sismográficas do Brasil, ocorridas na década de 1990, os tremores de terra eram analisados principalmente mediante informações obtidas pela imprensa escrita e também considerando também os relatos de pessoas comuns que vivenciaram tal fenômeno. Neste aspecto, o maior sismo já registrado no Brasil ocorreu no norte de Mato Grosso em 1955, com magnitude 6.2 na escala Richter. Nesta época, a região era pouco povoada e o evento só fora confirmado alguns meses depois de sua ocorrência. Um fato marcante neste evento foi que o mesmo não foi registrado em nenhum equipamento no Brasil, assim deste modo, a sismicidade no Brasil, deve ser analisada e ter sua história resgatada, mesmo o país sendo considerado assísmico até pouco tempo atrás, devido ao não conhecimento de registros sísmicos destrutivos (Assumpção e Neto, 2000).

Os registros de eventos históricos são de suma importância na sismologia, uma vez, que a partir destes relatos se criam as isossistas. Estes tipos de mapas, não possuem circunferências concêntricas, uma vez que as ondas sísmicas atravessam embasamentos geológicos diferentes, que as construções são afetadas de forma diferente e que os relatos de testemunhas variam muito. Neste caso, o cruzamento e mapeamento destas informações resulta em uma representação gráfica, em torno do epicentro, de linhas curvas que unem os pontos onde um sismo atingiu a mesma intensidade (Barros *et al.*, 2009) (**Figura 1**).

A instalação de redes mais efetivas só se concretizou a partir da década de 1990, principalmente em função da carência de recursos tecnológicos globalizados, tais como GPS, redes telemétricas e redes de satélites. Deste modo, não haviam equipamentos e tecnologia suficientes para se quantificar e qualificar os abalos sísmicos ocorridos no território brasileiro, o que não permitia uma caracterização mais precisa dos eventos ocorridos no Brasil.

Os boletins das atividades sísmicas eram feitos a partir de relatos feitos por pessoas comuns que sentiam os tremores e que se dispuseram a ir até a redação do Jornal para dar os seus depoimentos. Nesses depoimentos constavam informações genéricas, tais como data, horário aproximado, localização e a intensidade local percebida pelos afetados pelo evento. Na atualidade, existe uma quantidade infundável de tecnologia disponível, no entanto esses registros

pretéritos em jornais são fontes essenciais na história de eventos ocorridos na região Centro Oeste e no Brasil e é neste contexto que mídia impressa, aqui representada pelo Jornal Correio do Estado, pode trazer informações relevantes sobre atividades sísmicas da região Centro Oeste do Brasil.

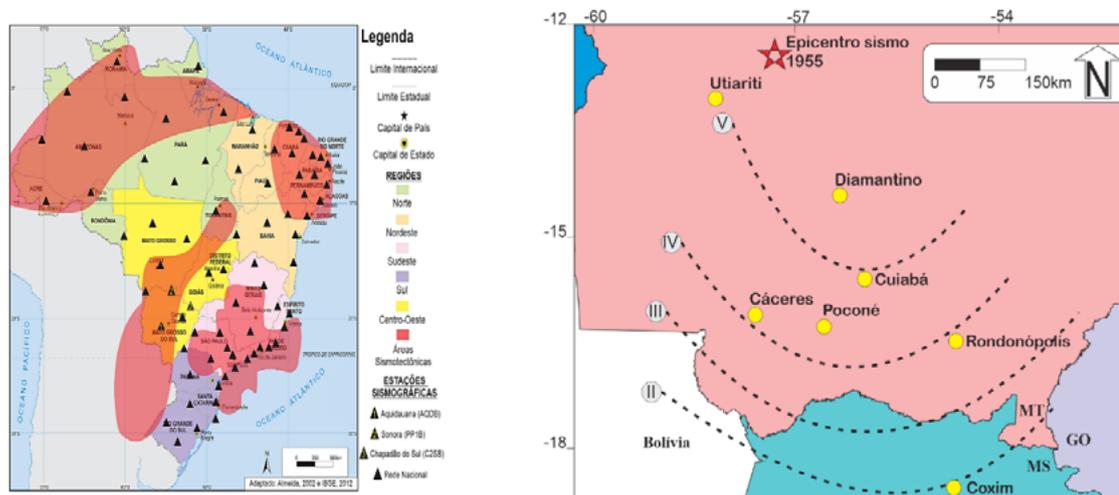


Figura 1. Mapa de áreas sísmogênicas do Brasil com localização das estações sísmográficas pertencentes a rede BRASIS e identificação das estações no estado de Mato Grosso do Sul e Mapa isosísmico para o tremor ocorrido no ano de 1995, modificado de (Barros *et al.*, 2009).

2. Objetivo

O objetivo geral desse trabalho foi identificar e descrever as ocorrências sísmicas descritas no período compreendido entre os anos de 1955 e 2015, usando como fonte o Jornal Correio do Estado/ Campo Grande - MS, região Centro Oeste do Brasil, buscando correlacionar a evolução das geotecnologias e o nível de detalhamento dos relatos localizados. De forma específica, se visa contribuir para o incremento de dados históricos para o Catalogo Sismológico Brasileiro, uma vez que o boletim sísmico brasileiro necessita de constantes correções dos dados já obtidos, principalmente aqueles anteriores às instalações de estações sísmográficas, uma vez que os valores quantificados eram obtidos através de relatos provenientes de todo tipo de mídia, em especial da mídia escrita. Quanto maior o número de informações, as revisões desses dados já obtidos podem ser melhoradas, devido às novas informações que podem ser incorporadas, principalmente no que diz respeito à análise temporal e espacial.

3. Material e Métodos

A Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, uma vez que participa da rede sísmográfica Integrada do Brasil (BRASIS), também tem como objetivo compreender as atividades sísmicas na região do Pantanal, para então relacionar a estrutura da litosfera com o registro dos sismos registrados. Associado a isto, torna-se necessário coletar mais informações a respeito dos eventos históricos ocorridos na região da bacia sedimentar do pantanal, sejam estes registros modernos ou pretéritos.

Inicialmente, foi realizada uma pesquisa nos arquivos públicos do “*Jornal o Correio do Estado*” sobre relatos de sismos ou eventos sísmicos. Após localizar as respectivas notícias foi utilizada uma chave de identificação, usando o modelo *Ano_Mês_Dia_Mídia_Nome*, como no exemplo 1955_05_01_J_Correio do Estado. Isto foi feito para posteriormente se comparar com as listas de eventos já registrados no boletim sísmico brasileiro.

A segunda etapa, compreendeu a transcrição do evento relatado e requereu que cada uma das notícias localizadas, possua um arquivo usando a chave de codificação mencionada anteriormente “*Ano_Mês_Dia_Mídia_Nome*”, para que então de acordo com as informações coletadas se localizasse o evento. Feito este catálogo, foram plotados os eventos localizados durante as pesquisas em um único mapa.

4. Resultados e Discussão

Embasado nos levantamentos atualmente feitos, encontrou-se o registro de 8 eventos no Jornal “Correio do Estado”: 03/02/1955 (Do Estado, 1955), 19/02/1957 (Do Estado, 1957), 14/02/1964 (Do Estado, 1964), 14/10/2006 (Do Estado, 2006), 04/05/2008 (Do Estado, 2008), 16/06/2009 (Do Estado, 2009), 19/06/2015 (Do Estado, 2015a) e 22/06/2015 (Do Estado, 2015b).

Os primeiros registros de eventos sísmicos feitos em mídia impressa evidenciavam um fator interessante nos relatos, a falta de tecnologia ou a incipiência da mesma na época, uma vez que não haviam equipamentos e sensores que captassem de maneira adequada os dados que se buscavam. Deste modo, além da precariedade dos dados, a forma de se realizar a pesquisa era muito precária e dependente da interação humana, o que se refletia na qualidade dos registros. Outro fator determinante era a tecnologia digital e computacional antes da década de 1960, que inexistia e contribuía para que houvesse uma difusão de informações confusas e desconstruídas sobre o que realmente seria um evento sísmico ou não. Isto se torna evidente nos registros encontrados para a década de 1950 (Do Estado, 1955), transcritos abaixo:

- (Do Estado, 1955): *A TERRA TREMEU EM CUIABÁ - Notícias procedentes da Capital do Estado informam que foi verificado ali, e nas regiões circunvizinhas, um tremor de terra, sem que tenham sido verificados prejuízos ou perda de vida. CUIABÁ ABALADA POR UM TREMOR DE TERRA. Também em outras localidades do Estado o fenômeno foi sentido. Cuiabá, 3 (ASA) – Um tremor de terra de pequenas proporções abalou esta capital, no último dia do mês passado, causando sérias apreensões à população. O fenômeno foi sentido com maior intensidade no lugar denominado São Gonçalo, onde famílias inteiras foram tomadas de sobressalto. Segundo o Observatório Meteorológico dirigido pelos padres jesuítas, o abalo sísmico verificou-se exatamente a 1,05 hora do dia 31 de janeiro último, repetindo-se as 8,30 horas do dia seguinte, quase imperceptível. Também na vila de Sore no interior do Estado, registrou-se um tremor de terra, que foi mais forte do que o verificado em Cuiabá. A população local permanece em calma;*
- (Do Estado, 1957): *Jornal “Correio do Estado”, ano III, dia 19 de fevereiro de 1957: Terremoto em Cuiabá: Cuiabá, 18 (Urgente - do Correspondente) - Acaba de ser registrado aqui um abalo sísmico, que durou 5 segundos. É a quarta vez que esse fenômeno é registrado nesta capital, nestes dez últimos anos.*

Segundo Tosto (Tosto *et al.*, 2014), disponibilidade tecnológica e aplicabilidade tecnológica são fatores distintos que não coexistem na década de 1950, passando a figurar como algo mais relevante e aplicável a partir da década de 1960. Deste modo, entre o surgimento do geoprocessamento, o desenvolvimento da grande área da ciência da computação e das consequentes aplicações possíveis, existe um lapso de tempo significativo. Isto é evidenciado pelo fato de análises espaciais serem empregadas muito antes do advento de computadores, como por exemplo, na década de 1950 que se começou a usar hardware e software para auxiliar na elaboração de mapeamentos, mas somente na década de 1960 o Departamento de Agricultura do Canadá desenvolveu o que se considera na atualidade o primeiro programa computacional para análises espaciais, o *Canada Geographic Information System* (CGIS).

No entanto, mesmo com o advento destas tecnologias, que na época já eram de difícil acesso, havia um outro fator muito importante, o custo, uma vez que os equipamentos e com-

putadores eram excessivamente caros, e requeriam uma mão de obra altamente especializada e onerosa, sem possibilidade de aquisição de soluções comerciais prontas para uso. Isto dificultava a popularização das informações produzidas pelos acadêmicos e apesar de haverem algumas iniciativas para tentar popularizar o conhecimento, mas raramente estes chegavam a população em geral. Isto fica evidenciado em relatos, tal como o abaixo transcrito:

- (Do Estado, 1964): Jornal “Correio do Estado”, ano XI, dia 14 de fevereiro de 1964: *Precisamente às 08h15min da manhã de ontem, registrou-se ligeiro abalo sísmico em Campo Grande, sendo o fenômeno sentido no Correio do Estado, verificaram a causa de estranha movimentação de sua cadeira que balançou ligeiramente, num lapso de 2 a 3 segundos. Poucos minutos depois o senhor Alcindo Gasparini telefonava para nossa redação, solicitando informações, se nós havíamos percebido algo estranho, o que veio a confirmar o que observamos, na União Brasileira Distribuidora de Tecidos, a avenida Calógeras 1050, o abalo foi sentido com maior intensidade no primeiro e terceiro pavimentos, chegando ao ponto de oito funcionários abandonarem o escritório. Da Rua Dom Aquino, nº683, edifício Seba, o senhor Nelson nos telefona a seguir, informando que várias pessoas ali residentes sentiram forte tontura enquanto se registrava o abalo.*

A informática, inicialmente, não trouxe muitos benefícios para as ferramentas derivadas das geotecnologias, uma vez que a capacidade de armazenamento e a velocidade de processamento eram muito baixas. Isso significava que a tecnologia não podia ser usada de forma indiscriminada e na década de 1970, os sistemas de hardware e software se tornam mais acessíveis e surgiram os primeiros sistemas comerciais de CAD (Computer Aided Design). Isto, de forma indireta, ajudou em muito no surgimento dos primeiros sistemas de cartografia automatizada, o que ainda não significava que os custos foram reduzidos (Gonçalves *et al.*, 2007; Oliveira, 2015).

Na década de 1980, os sistemas computacionais ganham a atenção mundial como solução automatizada de problemas cotidianos, e deste modo, toda e qualquer área que fizesse uso de sensores ou computadores teve um ganho exponencial na capacidade de processamento. Isto significou em um período de ganhos incrementais reais, onde o que antes era limitado pelo custo, passa a ser algo massificado e popularizado, resultando no surgimento de centros de estudos diversos e especializados (Schimiguel *et al.*, 2004; Oliveira, 2015).

Na sismologia, o avanço tecnológico chegou de uma forma mais sutil, pois no final da década de 1970, início da década de 1980, em função da grande massa de dados gerados, as mídias de gravação ou meios de armazenamento da informação sísmica não eram suficientes para gravar dados por longos períodos de tempo, pois resumiam-se a papel fotográfico, jato de tinta em papel, papel enfumaçado, papel termo sensível, microfimes, discos óticos, discos rígidos, fitas DAT e memórias diversas, as quais tinham uma capacidade muito reduzida de armazenar dados. A solução encontrada foi desenvolver algoritmos automáticos de detecção de sinais, o que tornou o sistema do sismógrafo, até um certo ponto autônomos, pois os equipamentos podiam identificar um terremoto em meio a diferentes formas de ruídos, gravando somente sinais de interesse. No entanto, apesar da grande economia de espaço nos dispositivos de armazenamento de dados, esta prática se mostrou relativamente falha, pois por vezes os sismógrafos falhavam em registrar eventos, perdendo sinais de interesse e informações valiosas (Chitas *et al.*, 2007).

Na década de 1990, o uso de sistemas de sensoriamento remoto, geotecnologias e o próprio geoprocessamento como ferramenta de apoio à tomada de decisão, deixam de ser algo oneroso e complexo, e se torna algo que extrapola o meio acadêmico e corporativo para alcançar o público em geral, que mostra grande interesse no assunto. Em função da grande demanda por aplicativos e ferramentas mais acessíveis e de uso simplificado, os usuários assumem o papel

de usuários especialistas e a difusão dos benefícios do uso de aplicações de geoprocessamento e geotecnologias se acentua de forma massiva no final da década de 1990 com o advento da Internet (Schimiguel *et al.*, 2004).

Na sismologia, os avanços na tecnologia de manufatura de equipamentos sismográficos permitem que se passe de equipamentos totalmente mecânicos e analógicos, para equipamentos totalmente eletrônicos e digitais. Isto muda em muito a forma de se registrar eventos sísmicos, uma vez que existem limitações mecânicas em sismógrafos mecânicos, que são prontamente superadas por registradores eletrônicos, significando que os novos equipamentos têm alta sensibilidade, ou seja, a capacidade de detectar eventos de baixíssima magnitude (microtremores) até eventos de grande magnitude, ocorridos do outro lado do planeta. Na atualidade os dispositivos de gravação têm capacidade de armazenar uma grande quantidade de dados, podendo gravar e transmitir dados continuamente (Assumpção *et al.*, 2009; Pirchiner *et al.*, 2011)2009; Pirchiner *et al.*, 2011.

Os avanços alcançados a longo de 50 anos de inovações tecnológicas, nos permite dizer que de modo geral, que houve uma melhora substancial no tempo de acesso a registros sísmicos, que houve uma popularização de geotecnologias com uma difusão maciça aos dados obtidos em tempo real. Isto fica evidenciado nos relatos encontrados a partir do ano de 2000:

- (Do Estado, 2006): *Tremor de Terra assusta moradores em Campo Grande. Moradores de um residencial de Campo Grande saíram por uma hora e meia fora de seus apartamentos no domingo à noite após sentir móveis trepidando e o bloco onde residem praticamente sacudido por volta das 22h30min.. Assustados, acionaram o corpo de bombeiros e só retornaram para os imóveis após ser constatado que não houve rachaduras ou qualquer comprometimento da estrutura do bloco afetado pelo tremor. Somente durante o dia de ontem foram entender o que havia ocorrido. Fatos semelhantes ocorreram em pelo menos cinco Estados brasileiros e foram fruto de um terremoto de 6.7 pontos na escala Richter, registrado na região Norte da Argentina, a uma profundidade superior a 500 km, o que fez com que a trepidação se alastrasse por vasta região. Em Campo Grande, o fenômeno foi percebido por pelo menos dez moradores de um bloco de cinco andares e 20 apartamentos, no Residencial América, na Vila Dorotéia. Os relatos são variados, desde cama saindo do lugar até painéis e chaves de porta caindo no chão no momento do fenômeno, que não chegou a durar um minuto.*
- (Do Estado, 2008): *UFMS INVESTIGA POSSÍVEL TREMOR DE TERRA: Três meses após uma série de rachaduras surgir em paredes e pisos de dezenas de casas no município de Aquidauana, situado a 148 quilômetros de Campo Grande, as possíveis causas estão sendo investigadas e intrigam os moradores que desconhecem as causas de rachaduras de até oito centímetros de largura, que atingiram imóveis situados nos bairros Alto, Serraria e Vila Eliane entre os dias 23 e 24 de janeiro, há a hipótese de que foram ocasionadas devido ao alto volume pluviométrico e fortes ventos, que sempre atingem a região nesta época do ano, há indícios que foi um tremor de terra, as causas estão sendo estudadas pelo Instituto de Geociências do Campus da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) em Aquidauana. Duas linhas de investigação estão sendo utilizadas nos trabalhos, ambas ligadas a fenômenos geológicos, abalo sísmico ou acomodação de camadas do terreno ou tectônicas. A maioria dos moradores descobriu algo diferente, a estrutura de suas casas estão abaladas devido a esse tremor de terra, desde o dia 24 de janeiro de 2008, eles relatam que antes de surgirem as rachaduras choveu muito na cidade, quem disse ter ouvido barulho das rachaduras aparecendo em sua casa aponta o horário das 23h40min do dia 23 como o mais provável para o fenômeno, seja ele relacionado a chuva, ventos fortes ou abalo sísmico, na época a maioria das casas foi vistoriada pela Defesa Civil, através do Corpo de Bombeiros, não há a informação do número de casas atingidas, porém duas residências tiveram a estrutura condenada pela Defesa Civil e os moradores tiveram que deixar suas casas para não correr risco de desabamento do imóvel, foi enviado um ofício da prefeitura de Aquidauana, ao departamento de Geociências da UFMS em 7 de fevereiro com a localidade dos imóveis atingidos pelo fenômeno.*

Os avanços tecnológicos ocorridos após o ano de 2000, em especial após o ano de 2007, quando entraram em operação global, links de altíssima velocidade, redes de telefonia 3G e aparelhos multi midiáticos, os relatos e notícias de modo geral se modificaram com relação ao nível de certeza. A área da sismologia também se beneficia com esta globalização, pois a informação recebida pela população em geral passa a ter informações um conteúdo muito mais denso e completo, dado o nível de difusão e popularização de geotecnologias, como pode ser evidenciado pelo relato abaixo:

- (Do Estado, 2009) *Tremor de 4,8 graus atinge norte de MS: Um terremoto de 4,8 graus na escala Richter atingiu ontem as regiões norte e central de Mato Grosso do Sul, abrangendo os municípios de Coxim, Rio Verde de Mato Grosso, Sonora, Pedro Gomes, São Gabriel do Oeste, Rio Negro e Campo Grande. Segundo o professor Lucas Vieira Barros, do departamento de sismologia da Universidade de Brasília (UnB), o epicentro ocorreu a 14 quilômetros de profundidade, a 245 quilômetros a noroeste de Campo Grande e 190 quilômetros a nordeste de Corumbá, no meio do Pantanal do Paiaguás. Ainda conforme o professor, foi um dos 20 maiores tremores já registrados no País, semelhante ao que ocorreu no norte de Minas Gerais, na comunidade de Caraíbas, no dia de dezembro de 2007, único tremor que chegou a provocar morte no Brasil. O mais grave no Brasil, em 1955, foi registrado no norte de Mato Grosso, de 6,2 graus. Próximo ao local onde ocorreu o terremoto de ontem, de acordo com professor Lucas Barros, foi registrado outro maior, de graus, no dia 12 de fevereiro de 1964, indicando que a região é suscetível a este tipo de fenômeno. Conforme técnicos do departamento de sismologia da UNB, a probabilidade de o tremor se repetir nos próximos dias é mínima. Instantes antes do abalo, segundo moradores de Rio Verde de Mato Grosso, ouviu-se um forte estrondo. Conforme o professor Lucas Barros, como foi um tremor raso (14 km), é natural que o tenha sido ouvido próximo à região do epicentro, pois o movimento das placas tectônicas realmente provoca um barulho forte (Figura 2).*

O atual nível de difusão de informações e o atual nível de avanço tecnológico com links de altíssima velocidade extremamente acessíveis, redes de telefonia 3G/4G e aparelhos multi midiáticos, os relatos e notícias de modo geral se consolidaram com relação ao nível de certeza e detalhamento, incluindo-se os “falsos positivos”, exemplificado pelos dois relatos transcritos abaixo:

- (Do Estado, 2015a) *Moradores da Capital relatam forte estrondo: “tremeu tudo”. Assunto predominou nas redes sociais na tarde desta sexta-feira. Um forte estrondo foi relatado por vários moradores de Campo Grande na tarde desta sexta-feira (19). Há relatos de barulho em várias regiões da cidade como no Taveirópolis, região da UFMS, mas foi mais forte na região oeste, nas proximidades da Base Aérea. Nas redes sociais – Facebook e WhatsApp – muitos questionaram o que seria. “Alguma coisa explodiu? Foi um trovão? Caiu um meteoro? ”, espantou-se um rapaz no Facebook. “Então foi grande, pois aqui no centro Cabreúva tremeu toda a porta”, comentou outro morador. Apesar do susto, o Centro Integrado de Operações de Segurança (Ciops) não registrou nenhuma ocorrência que justificasse o barulho. Ainda não há explicação sobre o que teria causado o barulho. Engenheiro descarta explosões em pedreiras. O eletrotécnico João Paulo Cintra relatou que sentiu o chão tremer: “Balançou todinho o telhado da oficina. O estrondo saiu de baixo para cima”, disse o homem. Algumas pessoas chegaram a suspeitar que o estrondo poderia ter ocorrido por conta de alguma obra. Assim como o aposentado Nedir, que afirmou sempre ouvir barulhos de explosões de pedreiras que tem na região. Mas, o engenheiro de minas, Rui Marimbondo, descartou esta hipótese. “É um fato confirmado, não teve, de forma nenhuma, detonação nas pedreiras”. Marimbondo ainda contou que suspeita é que podem ter acontecido pequenos abalos sísmicos. “Eu acho que pode ter acontecido algum tremor de terra”, enfatizou o engenheiro. A comerciante Maria Aparecida mora no conjunto União há mais de 23 anos e relatou que no momento em que atendia clientes também sentiu “tudo tremer”. Segundo ela, a estrutura do comércio tremeu e um barulho muito alto a assustou;*
- (Do Estado, 2015b) *Tremor foi causado por explosão atípica em pedreira Forte estrondo ouvido por moradores de Campo Grande na sexta-feira (19) foi causado por detonação de explosivos na pedreira da Votorantim, saída para Rochedo. O dado é do Departamento Na-*

cional de Produção Mineral (DNPM), do Ministério das Minas e Energia. Os sismógrafos da UFMS não registram tremores em Campo Grande. Aparelhos que detectam tremores de terra ficam em três municípios de MS. Suspeita de o acontecimento ter sido causado pela pedreira é descartada. O departamento de geociências da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) mantém sismógrafos – aparelhos que detectam os tremores de terra – em Sonora, Chapadão do Sul e Aquidauana. A leitura feita dos registros da última sexta-feira (19) não indica tremores em Campo Grande. Outra suspeita dos tremores e um forte estrondo seria explosões nas pedreiras que ficam na região oeste da capital sul-mato-grossense. Nos dois locais, os funcionários disseram que não fizeram detonação de explosivos. O engenheiro responsável por uma das pedreiras, Rui Maribondo, confirmou que não teve explosões nos últimos dias. Ele também se diz intrigado com o estrondo ocorrido na tarde de sexta-feira. “Foi um tremor ou um abalo sísmico”, afirmou o engenheiro. Segundo os geólogos, a região pantaneira tem atividade sísmica frequente. O terremoto mais intenso registrado no estado foi em 1964, nas redondezas de Miranda, distante 195 quilômetros da capital sul-mato-grossense. O tremor atingiu magnitude 5.4 na escala Richter que vai de zero a sete. Mas no estado, há registros de abalos sísmicos desde 1906. Foi em Corumbá, distante 415 km de Campo Grande, que registrou magnitude de 4.2. O último caso registrado foi em 2009, em Coxim, ao norte do estado, e atingiu 4.8 na escala Richter.

PREVISÃO DO TEMPO
 Campo Grande: 24°
 14h - Nublado 22°
 Noturno 22°
 São Miguel do Oeste: 24°
 1h 19°

CORREIO DO ESTADO
 Fundação em 7 de setembro de 1954
 Ano 54 | Nº 8726 | Terça-feira, 16 de junho de 2009 | Capital R\$ 1,30 | 1.821 milímetros | 2.367 colunas

FENÔMENO RARO
 Epicentro, a 14 quilômetros de profundidade, aconteceu a 245 quilômetros de Campo Grande, próximo a Rio Verde e a Coxim, no Pantanal. Não houve feridos

Terremoto de 4,8 graus atinge MS

13a | Correio do Estado | Terça-feira, 16 de junho de 2009 | CIDADES

1 Em Coxim, moradores de serras ter ouvido o forte estrondo antes da a terra tremor

2 No Pantanal do Paraguai, operários que estão construindo uma ponte ligando ao Pantanal do Mbaicóndia ficaram assustados com o estrondo, pois viram estruturas vibrarem

3 Uma reunião entre poderes Legislativo e Executivo foi suspensa. O tremor fez com que os participantes corresse para a rua

SISMO
 Segundo dados do Departamento de Sismologia da Universidade de Brasília, o epicentro ocorreu a 14 quilômetros de profundidade e no Pantanal do Paraguai

Tremor de 4,8 graus atinge norte de MS

Um terremoto de 4,8 graus na escala Richter atingiu com um epicentro próximo a cidade de Miranda, distante 195 quilômetros da capital sul-mato-grossense, na tarde de sexta-feira (19) no Pantanal do Paraguai, segundo dados do Departamento de Sismologia da Universidade de Brasília. O epicentro ocorreu a 14 quilômetros de profundidade e no Pantanal do Paraguai, segundo dados do Departamento de Sismologia da Universidade de Brasília. O epicentro ocorreu a 14 quilômetros de profundidade e no Pantanal do Paraguai, segundo dados do Departamento de Sismologia da Universidade de Brasília.

Municípios atingidos:

- Campo Grande
- Coxim
- Rio Verde
- São Gabriel do Oeste
- Sonora
- Pedro Gomes

Veículos
 No município de Sonora, moradores há relatos de carros que saltaram ao teto. Um deles foi o engenheiro Roberto Maribondo, 36 anos, que estava na estrada quando ocorreu o terremoto. Ele afirmou que não viu nada, mas ouviu um estrondo muito forte. Ele também se diz intrigado com o estrondo ocorrido na tarde de sexta-feira.

Figura 2. Capa e notícia do jornal Correio do estado, de 16 de Junho de 2009 (Do Estado, 2009).

5. Conclusões e Sugestões

Os registros de eventos sísmicos, encontrados no “Jornal Correio do Estado”, deixam claro a influência das geotecnologias nas áreas das ciências exatas e da terra, em especial na área da geofísica e da sismologia.

No período entre as décadas de 1920 e 1970, no Brasil, os registros eram de baixa qualidade e quantidade. Isto era um reflexo do padrão tecnológico e educacional vigente no país nesse período, o que gerava uma precariedade nos dados e na forma de se realizar a pesquisa. Isto tornava muito complexo e oneroso fazer informações de relevância científica se difundirem, tornando a qualidade e quantidade dos registros e relatos muito vaga e imprecisa.

No período compreendido entre a década de 1970 e os anos 2000, houve uma revolução digital e educacional no Brasil, o que gerou uma demanda muito grande por dados e informações acerca de todas as temáticas acadêmicas. Em função da quantidade de dados gerados houve uma difusão maciça das informações acerca das Geociências e Ciências da Terra. Neste mesmo período, a sismologia, assim como outras áreas do conhecimento, experimentou um crescimento exponencial na quantidade e qualidade das pesquisas. Neste sentido, ocorre que o conhecimento deixa de ser algo restrito ao ambiente acadêmico e corporativo para alcançar o público em geral. Em termos mais genéricos, as geotecnologias criam ferramentas mais acessíveis, dotadas de interfaces mais simples de se usar, permitindo que os usuários assumam o papel de especialistas, resultando na difusão de aplicações de geoprocessamento e geotecnologias.

No período entre os anos de 2000 e 2015, como ficou evidenciado nos relatos obtidos no jornal, as geotecnologias se tornam algo intrínseco, fazendo com que o foco passe a ser a qualidade da informação. Na sismologia, uma vez que houve uma melhora substancial no tempo de acesso a registros sísmicos (produto geotecnológico), que houve disponibilidade de links de internet de alta velocidade, redes de telefonia 3G/4G e aparelhos multi midiáticos, os relatos e notícias de modo geral se consolidaram com relação ao nível de certeza e detalhes, significando que as notícias em geral passam a incluir obrigatoriamente informações georeferenciadas. Após o ano de 2009, as geoinformações figuram como algo mais notório e difundido como foi percebido nos relatos de entrevistados, que passam a usar termos muito mais específicos, como “terremoto”, “tremor de terra”, “abalo sísmico”, “escala Richter”, entre outros.

A conclusão final neste trabalho, é que as geotecnologias tiveram e permanecem tendo papel fundamental na área de sismologia e que no estado de Mato Grosso do Sul. Elas foram de grande importância dentro da área da sismologia, permitindo que esta se difundisse de forma gradual e estável. Outro ponto importante é a necessidade de se realizar pesquisas mais elaboradas e específicas no acervo dos jornais de grande circulação, impressos ou televisivos, pois fica evidente que existem mais eventos que ainda não foram documentados.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul - FUNDECT, pela concessão da Bolsa de Desenvolvimento Científico Regional, concedida a Gustavo Marques e Amorim (TO 140/2014).

Os autores agradecem a Fundação de Universidade Federal do Estado de Mato Grosso do Sul, pelas concessões de Bolsa de Iniciação Científica a Thamyres Lana Gehlen, e aos alunos Camila Benites Lule (Iniciação Voluntário) e Danilo Cesar Silva Corrêa (Iniciação Voluntário).

7. Referências bibliográficas

- Assumpção, M.; Fernandes, C. M.; Facincani, E. M. O sismo do Pantanal de 15/06/2009 de magnitude 4, 8. 11 Congr. **Bras. Geofísica, Salvador, SBGf.[Links]**, 2009.
- Assumpção, M.; Neto, C. M. D. Sismicidade e estrutura interna da terra. **Teixeira, W.; Toledo, MCM; Fairchild, TR; Taioli, F. Decifrando a Terra**, v. 1, 2000.
- Barros, L. V. et al. The intraplate Porto dos Gaúchos seismic zone in the Amazon craton—Brazil. **Tectonophysics**, v. 469, n. 1, p. 37-47, 2009. ISSN 0040-1951.
- Branner, J. C. Earthquakes in Brazil. **Bulletin of the Seismological Society of America**, v. 2, n. 2, p. 105-117, 1912. ISSN 0037-1106.
- Chitas, P. et al. **Processamento de registros acelerométricos: procedimentos e comparação de métodos**: Lisboa-Portugal 2007.
- Do Estado, C. A Terra tremeu em Cuiabá. **Correio do Estado**, v. 1, n. 27, p. 1, 03/02/1955 1955.
- _____. **Terremoto em Cuiabá. do Estado, Correio**. Campo Grande: Correio do Estado. 833 1957.
- _____. Terremoto em Cuiabá. **Correio do Estado**, v. 1, n. 2651, p. 1, 03/02/1955 1964.
- _____. **Tremor de Terra assusta moradores em Campo Grande. Correio do Estado**. Campo Grande 2006.
- _____. **Tremor de Terra assusta moradores da capital. Correio do Estado**. Campo Grande: Correio do estado 2008.
- _____. **Tremor de 4,8 graus atinge norte de MS. Correio do Estado**. Campo Grande: Correio do Estado. 7: 2 p. 2009.
- _____. **Moradores da Capital relatam forte estrondo. Correio do Estado**. Campo Grande: Correio do Estado. 1: 2 p. 2015a.
- _____. **Tremor foi causado por explosão atípica em pedraira. Correio do Estado**. Campo Grande: Correio do Estado. 1: 1 p. 2015b.
- Gonçalves, A. R. et al. Analisando o uso de Imagens do “Google Earth” e de mapas no ensino de geografia. **Ar@cne-Revista electrónica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales. Barcelona: Universidad de Barcelona**, n. 97, 2007.
- Oliveira, É. H. D. **A utilização das geotecnologias no ensino de geografia**. 2015. 51 (Especialização). Diretoria De Pesquisa E Pós-Graduação.
- Especialização em educação: métodos e técnicas de ensino., Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira.
- Pirchiner, M. I. et al. The Brazilian Seismographic Integrated Systems (BRASIS): infrastructure and data management. **Annals of Geophysics**, v. 54, n. 1, p. 5, 2011. ISSN 1593-5213. Disponível em: < http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDPI/15712/art_PIRCHINER_The_BRAZILIAN_Seismographic_Integrated_Systems_BRASIS_infrastructure_2011.pdf?sequence=1 >.
- Schimiguel, J.; Baranauskas, M. C. C.; Medeiros, C. M. B. Investigando aspectos de interação em aplicações SIG na web voltadas ao domínio agrícola. **Anais do VI Simpósio sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC2004). Curitiba, PR**, 2004.
- Sismográfica, R. BLSP02: Projeto de Estudo Sismológico da Crosta e Manto Superior no Brasil. 2004.
- Tosto, S. G. et al. Geotecnologias e geoinformação: o produtor pergunta, a Embrapa responde. **Embrapa Monitoramento por Satélite-Livros técnicos (Infoteca-E)**, 2014.



Emprego das unidades de relevo no planejamento territorial da bacia do Rio Claro (SP), na escala 1:50.000

Darlan de Souza Marquezola ¹

Vagner de Souza Serikawa ¹

José Augusto de Lollo ²

Reinaldo Lorandi ¹

¹ Universidade Federal de São Carlos - UFSCar
Rodovia Washington Luís, km 235 - SP-310
13565-905 - São Carlos, SP - Brasil
{dz.marquezola, eng.urb.vagner, lorandir}@gmail.com

² Universidade Estadual Paulista - UNESP
Alameda Bahia, 550 Norte
15.385-000 – Ilha Solteira, SP - Brasil
lolloja@dec.feis.unesp.br

Resumo. Estudos do meio físico podem ser feitos por diversos métodos, sendo que a elaboração de um mapa de *Landforms* é um deles. A partir da individualização das áreas homologas é possível definir suas potencialidades e restrições, sendo uma ferramenta eficiente no ordenamento territorial. Para a montagem do banco de dados foram utilizadas cartas topográficas, mapa das formações geológicas de superfície, fotografias aéreas e imagens de satélite, envolvendo uma área de 251,91km². Para a delimitação das unidades do relevo (*landforms*) na bacia hidrográfica do Rio Claro (BHRC) foi utilizada a fotointerpretação, seguida da fotoanálise da relação entre essas formas e as condições dos perfis de solos presentes. Para tanto, foram analisadas fotografias aéreas do ano de 1963 na escala 1:60.000, adquiridas junto à Divisão de Cartografia do Ministério do Exército e os limites identificados foram posteriormente digitalizados, tendo-se como base cartográfica os mapas topográficos do IBGE na escala 1:50.000. A unidade do relevo mais expressiva, em termos de distribuição geográfica, é a B1, caracterizada por colinas médias côncavas (55,40% da área), classes de declividades entre 5 a 10% e acima de 10%, como também é nesta unidade que se encontram as mais expressivas feições erosivas da bacia (porção nordeste). Por outro lado, a unidade com menor expressão é a B2, identificada por vales pequenos e suaves (1,39% da área), classes de declividades menores que 5% e coincidentes, principalmente, com as mata ciliares, que proporcionam uma menor incidência de processos erosivos nesta unidade.

Palavras-chave: cartografia temática; recursos hídricos; processos erosivos

Abstract. The physical environment can be studied by various methods, one of which involves the creation of landform maps. By individualizing homologous areas, their potentialities and limitations can be defined, serving as an effective tool in land-use planning. A database was created using topographic maps, a map of surface geological formations, aerial photographs and satellite images of an area of 251.91 km². The landforms in the Claro River Basin (CRB) were demarcated by means of photo interpretation, followed by photo analysis of the relationship between these forms and the conditions of the soil horizons. To this end, an analysis was made of aerial photographs taken in 1963 on a 1: 60,000 scale, which were obtained from the Cartographic Section of Brazil's Ministry of Defense, and the identified boundaries were then digitized, based on topographic maps of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), on a 1: 50,000 scale. The most noteworthy landform, in terms of geographic distribution, is B1, which is characterized by medium concave hills (55.4% of the area) and slope classes ranging from 5 to 10% and above 10%, and also stands out for containing the most significant erosion in the basin (northeast portion). On the other hand, the least noteworthy landform is B2, represented by small gentle valleys (1.39% of the area) and slope classes smaller than 5% that coincide mainly with gallery forests, which reduce the incidence of erosive processes in this landform.

Keywords: thematic mapping; water resources; erosive processes

1. Introdução

A conjuntura atual do desenvolvimento, alcançado pelo homem, tem comprometido a configuração natural de elementos do meio físico. Tais consequências, são testemunhadas com maior intensidade na superfície terrestre, principalmente pela modificação da configuração natural do relevo, que de modo contínuo acarreta problemas de ordem ambiental.

Desta forma, estar munido de documentação cartográfica, dos locais intensamente modificados pela ação humana, é imprescindível para traçar planos de controle, de remediação e de intervenção, que visem minimizar as ações predatórias nos elementos do meio físico, como por exemplo, no relevo.

Com o desenvolvimento auferido pelos avanços tecnológicos nas últimas décadas, o registro da configuração espacial do relevo ganhou diversas ferramentas, que fazem parte das geotecnologias. Dentre elas, destaca-se o registro dessa informação por meio de imagens orbitais.

Sendo assim, a Técnica de Avaliação do Terreno, proposta por Lollo (1995) e também conhecida como *Landforms*, que diz respeito ao reconhecimento, interpretação e análise de feições do terreno, deve refletir as condições dos materiais da superfície terrestre.

Por outro lado, Zuquette e Gandolfi (2004) mencionam que, um conceito mais atualizado de feições de terreno trata-se da avaliação e interpretação da superfície da Terra e de feições pouco profundas, usando procedimentos que não envolvam escavações, técnicas geofísicas ou similares. Para esses autores o principal objetivo da Técnica de Avaliação do Terreno, é “permitir o melhor entendimento do modelo conceitual de terreno, de tal forma que diminuam os trabalhos de campo, as amostragens e ensaios laboratoriais e de campo”.

Em relação ao conceito de Feições de Terreno, Gregory (1978 *apud* Zuquette e Gandolfi, 2004, p.89) a define como “fruto das interações entre os materiais geológicos e os processos naturais ocorridos ao longo de um período de tempo”. Dentre essas feições, destacam-se aquelas decorrentes de processos erosivos em áreas de clima tropical.

Em relação ao relevo, os processos erosivos estão intimamente ligados a fatores como a declividade e o comprimento da rampa da encosta ou da vertente, que potencialmente influenciam na velocidade do escoamento superficial das águas que atingem determinadas unidades de relevo.

Para utilizar o mapa de *landforms*, para identificação de suscetibilidade a erosão na área de expansão urbana de Ilha Solteira-SP, Moretti et al. (2013), identificaram dois sistemas de terreno: um composto por duas unidades de terreno e um outro, composto por três unidades de terreno. Cada sistema foi posteriormente subdividido em elementos de terreno, permitindo, a

partir de análise de condições naturais, a indicação das condições potenciais de ocorrência do fenômeno, além de confirmar a susceptibilidade natural de áreas com processos erosivos instalados.

2. Objetivo

Baseando-se nas premissas anteriores, o presente estudo teve como objetivo identificar as áreas da bacia do Rio Claro (SP), que sob o ponto de vista do mapa de unidades do terreno (*landforms*), apresentam ou não unidades potencialmente favoráveis aos processos erosivos.

3. Material e Métodos

De acordo com informações disponibilizadas por Fehidro (2011), o território nacional foi dividido em Regiões Hidrográficas estabelecidas pela resolução 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, de 15 de outubro de 2003, que foi responsável pela definição da divisão hidrográfica nacional (Lorandi et al., 2014). Em nível federal, a bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu localiza-se na Região Hidrográfica do Paraná.

Num nível macro, a bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu, denominada Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 09 (UGRHI 09), está inserida na bacia hidrográfica do Rio Grande.

No Estado de São Paulo, a bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu, localiza-se na região nordeste do Estado. Uma das sub-bacias dessa UGRHI é a do Rio Claro, que está toda inserida no compartimento Médio Mogi Superior e está classificado como um curso d'água classe 2, sua drenagem apresenta padrão dendrítico com algum condicionamento estrutural. Além de apresentar altos valores de potencial hidrogeológico e de muito alta a média favorabilidade hidrogeológica, é um dos principais mananciais fornecedores de água para sua região.

A Bacia Hidrográfica do Rio Claro mostrada na **Figura 1**, que abrange uma área de 251,91 km², encontra-se inserida no município de Santa Rita do Passa Quatro - SP, que, segundo o censo de 2010 tem população total de 26.410 habitantes e densidade demográfica de 34,72 hab./km².

Quanto à vegetação, a bacia costumava ser recoberta por florestas estacionais semi decíduas e savanas, porém o processo de ocupação do interior paulista e o avanço irrestrito das fronteiras agrícolas foram os responsáveis pela devastação das áreas de vegetação nativa (Ávila et al., 1985).

Hoje em dia, a área que era florestada e apresentava também vegetação nativa, cedeu lugar a diferentes tipos de cultura, principalmente cana-de-açúcar. São identificadas também áreas de silvicultura, solo exposto, pequenas instalações rurais, e pastagens/campos.

Segundo Ross e Moroz (1997), a bacia do Rio Claro se encontra na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná. Quanto à morfoesculturas, a bacia divide-se entre o Planalto Ocidental Paulista, com os Patamares Estruturais de Ribeirão Preto, e a Depressão Periférica Paulista, representada pela Depressão de Mogi Guaçu.

A unidade morfoescultural dos Patamares Estruturais de Ribeirão Preto localiza-se na porção noroeste da Bacia Sedimentar do Paraná e é limitada a oeste e sudoeste pelo Planalto Residual de São Carlos, ao norte com o Planalto Centro Ocidental e a leste e sudeste pela Depressão Periférica Paulista.

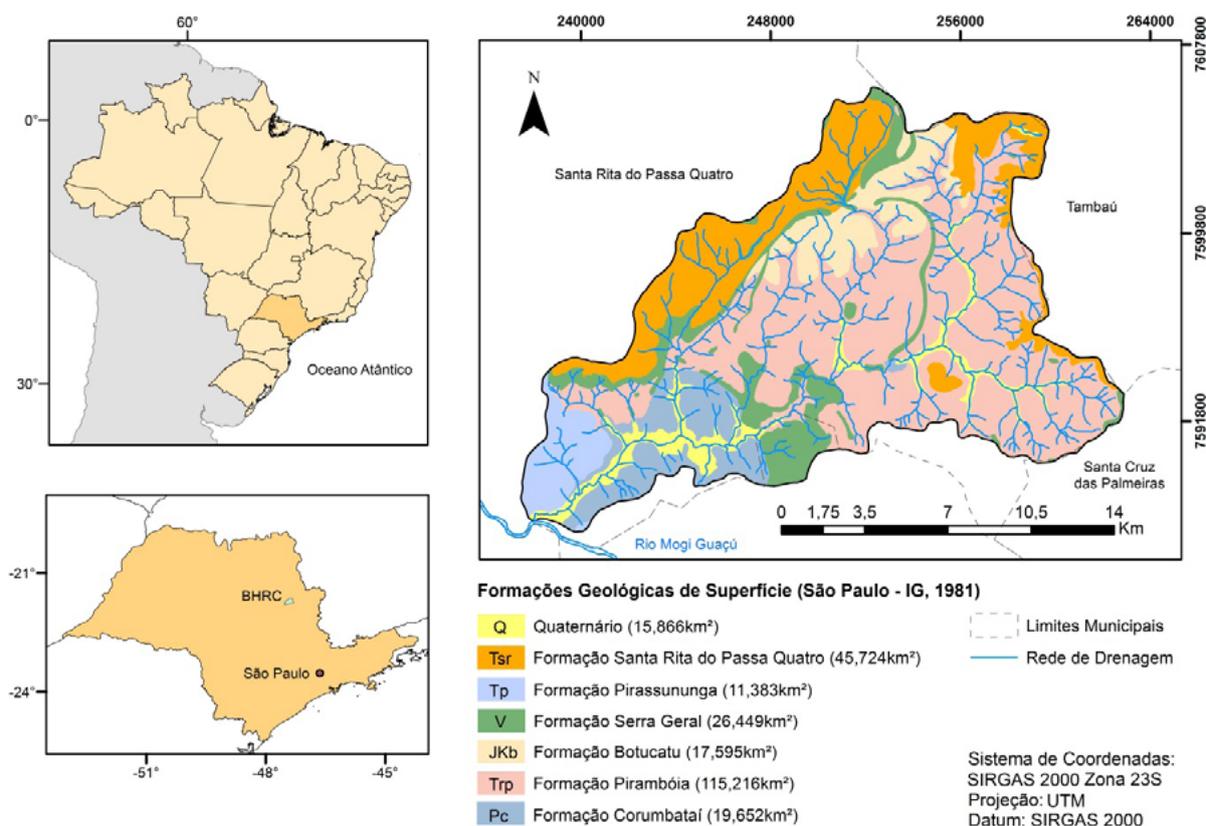


Figura 1. Posicionamento geográfico e formações geológicas de superfície da Bacia do Rio Claro (SP)

As formas de relevo são predominantemente denudacionais, e o modelado constitui-se basicamente por colinas amplas e baixas, com topos tabulares, os vales apresentam entalhamento médio com menos de 20 metros e a dimensão interfluvial varia de 750 metros até mais de 3.750 metros. As altimetrias desta unidade estão entre 500 e 700 metros e as declividades médias estão entre 2% e 10%.

Por outro lado, a unidade Depressão de Mogi Guaçu corresponde à porção centro-norte do Estado de São Paulo. As formas de relevo predominantes são denudacionais e o modelado é constituído por colinas de topos tabulares amplos, com vales entalhados de até 20 metros e dimensão interfluvial média de 1.750 a 3.750 metros. As altimetrias podem variar de 500 a 650 metros, e as declividades variam entre 5% e 10%. Sua litologia é quase toda constituída por arenitos finos, arcóseos, argilitos, siltitos, calcários e folhelhos.

De acordo com a metodologia proposta por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a área estudada apresenta o clima denominado 4a, ou seja, Clima Tropical Úmido-seco com 4 a 5 meses de seca. Clima caracterizado por apresentar uma redução dos níveis pluviométricos durante a estação de inverno, e entre os meses de maio e setembro forma-se um período de considerável estiagem. As chuvas concentram-se geralmente no verão prolongado (outubro a abril), sendo possível destacar o trimestre dezembro, janeiro e fevereiro como o mais úmido.

A área estudada apresenta as seguintes formações geológicas de superfície: Formação Pirambóia (Triássico); Formação Botucatu (Jura-Cretáceo); Intrusivas Básicas (Jura-Cretáceo); Formação Santa Rita do Passa Quatro (Terciário); Depósitos recentes do Quaternário (São Paulo-IG, 1981).

Os planos de informação utilizados no trabalho foram georreferenciados na zona 23S, ado-

tando o sistema geodésico de referência SIRGAS 2000 (IBGE, 2005) e projeção Universal Transversa de Mercator (UTM). Para o tratamento espacial dos dados foi utilizado o software ArcGIS® 10.2 (ESRI, 2013).

A delimitação da bacia do Rio Claro foi estabelecida pelas coordenadas extremas (UTM): 259533.00 m E, 7604055.00 m S (nascente do Córrego do Faveiro, tributário do Rio Claro) e 238041.00 m E, 7587540.00 m S (foz no Rio Mogi-Guaçu).

Para a montagem do banco de dados foram também utilizados os seguintes documentos cartográficos: mapa das formações geológicas de superfície (IG, 1981a, 1981b, 1984), fotografias aéreas e as imagens do satélite LANDSAT 8 de 22/05/2014 (composição colorida RGB das bandas 6, 5 e 4), resolução espacial de 30 metros, com a fusão da banda pancromática 8 de 15 metros (USGS, 2016), para elaboração do mapa de uso e cobertura do solo.

Para a delimitação dos *landforms* na área foi utilizada a sistemática de Lollo (1995). A técnica se baseia na fotointerpretação das unidades do relevo presentes na área, seguida da fotoanálise da relação entre essas formas e as características dos atributos dos materiais inconsolidados (Permeabilidade, Espessura e Textura). Para tanto, foram analisadas fotografias aéreas do ano de 1963 na escala 1:60.000 adquiridas junto à Divisão de Cartografia do Exército e os limites identificados foram posteriormente digitalizados, tendo-se como base cartográfica os mapas topográficos do IBGE (1972a, b, c), na escala 1:50.000.

4. Resultados e Discussão

Na BHRC foram encontrados dois sistemas de terreno, denominados A e B, o primeiro composto por duas unidades, A1 (Escarpas) e A2 (Colinas Médias Convexas); no segundo sistema quatro unidades de terreno foram identificadas, B1 (Colinas Médias Côncavas), B2 (Vales Pequenos Fechados), B3 (Vales Amplos Abertos) e B4 (Colinas Pequenas Convexas). A **Figura 2** mostra a distribuição espacial dessas unidades.

A descrição de cada um dos sistemas de terreno identificadas foram descritas conforme as seguintes características:

- Sistema A: Relevo movimentado composto por morrotes médios e pequenos alongados e alinhados, com topos angulosos associados a vales pequenos profundos e fechados com frequência alta a muito alta de canais. Nessas áreas, as declividades são quase sempre superiores a 15%, abrangendo áreas de escarpas, e o substrato rochoso é representado por intrusivas básicas (diabásios) e, excepcionalmente arenitos silicificados da Formação Botucatu.

- Sistema B: Relevo dissecado composto por colinas pequenas a médias, com vales pequenos e fechados, frequência de canais média a alta com padrão dendrítico evoluindo para retangular nas porções mais rebaixadas do relevo. As declividades são variadas, porém predominantemente médias a baixas (menores que 15%). O substrato rochoso é constituído pelos arenitos das Formações Botucatu e Pirambóia.

Quanto às declividades mencionadas anteriormente, estas foram definidas através de processamento automático de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) e de dados de cartas topográficas do IBGE da região utilizando-se o software (ArcGIS® 10.2), seguindo a metodologia adotada, neste trabalho, para definição dos sistemas de relevo.

Por outro lado, descrição de cada uma das unidades de terreno dispostas na bacia do Rio Claro, foram descritas conforme as seguintes características:

Os resultados de caracterização dos atributos das unidades de relevo, especificadas nas **Tabelas 1, 2 e 3**, demonstram os valores em porcentagem de cada atributo analisado, levando-se em consideração o predomínio em cada um dos polígonos definidos no mapa.

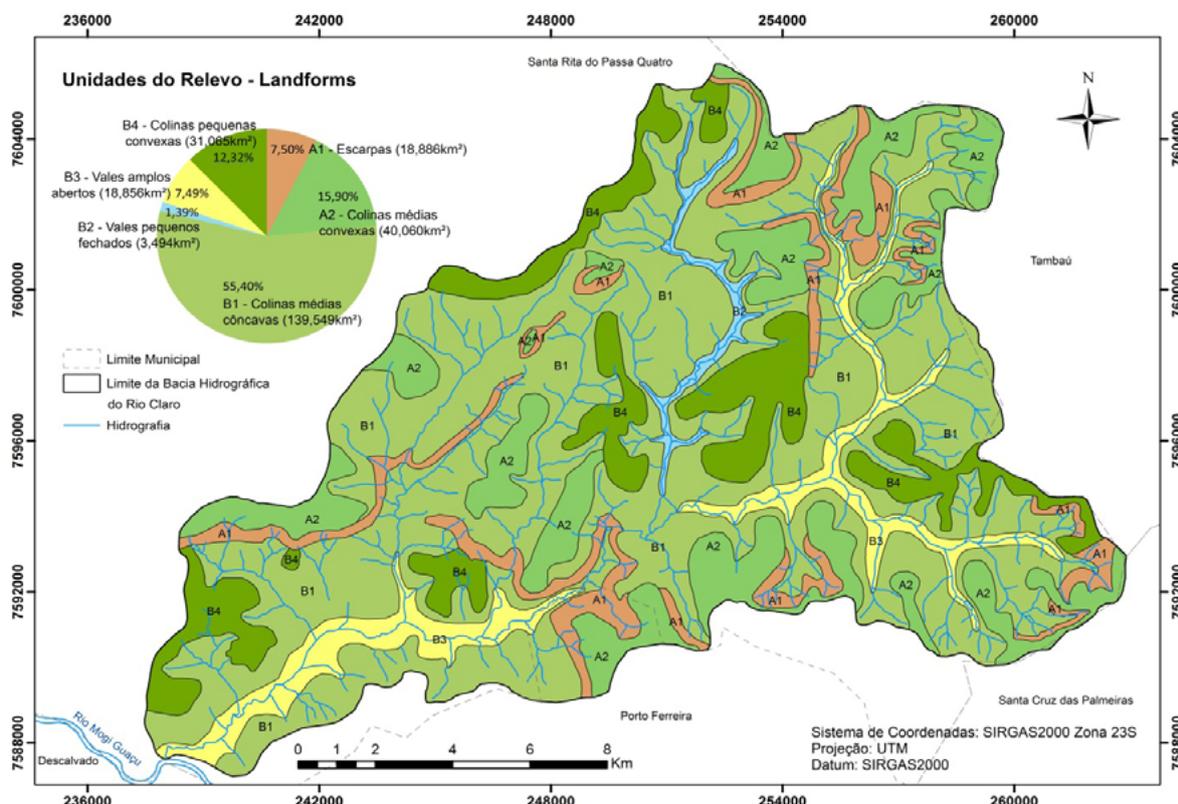


Figura 2. Unidades presentes nos sistemas A e B no Mapa de unidades do relevo

Unidade A1 - Escarpas: Representada por formas de relevo do tipo escarpas, caracterizadas por rampas ou degraus de grande inclinação, este *landform* possui predomínio de declividade variando entre 10 a 20%, e são definidos na sua maioria pela ruptura do terreno que o limita com as unidades definidas como colinas (**Tabela 1**).

Tabela 1. Características da Unidade de Terreno A1

Landform	Declividade	Materiais Inconsolidados								Uso e cobertura	
		Origem		Textura		Espessura		Permeabilidade			
Classe	Classe %	Classe %	Classe %	Classe %	Classe %	Classe (m)	%	Classe (cm/seg ⁻¹)	%	Classe %	
A1 - Escarpas	30 - 45 38	Residual 100	Argilosa 55	< 2 58	10 ⁻⁴ 55	Mata	34				
A1 - Escarpas	20 - 30 42	Residual 97	Arenosa 100	2 - 5 83	10 ⁻⁴ 83	Mata ciliar	40				
A1 - Escarpas	30 - 45 39	Residual 100	Arenosa 96	< 2 45	10 ⁻³ 62	Cana-de-açúcar	44				
A1 - Escarpas	10 - 20 50	Residual 100	Arenosa 100	> 10 94	10 ⁻³ 94	Mata ciliar	37				
A1 - Escarpas	20 - 30 36	Residual 100	Arenosa 100	5 - 10 90	10 ⁻⁴ 80	Mata ciliar	45				
A1 - Escarpas	10 - 20 59	Residual 100	Arenosa 63	> 10 63	10 ⁻³ 63	Cana-de-açúcar	39				
A1 - Escarpas	10 - 20 65	Residual 100	Arenosa 100	> 10 100	10 ⁻³ 100	Mata ciliar	30				
A1 - Escarpas	10 - 20 55	Residual 100	Arenosa 100	> 10 100	10 ⁻³ 100	Cana-de-açúcar	45				
A1 - Escarpas	10 - 20 40	Residual 100	Arenosa 100	> 10 93	10 ⁻³ 93	Cana-de-açúcar	36				
A1 - Escarpas	10 - 20 38	Residual 100	Arenosa 100	> 10 100	10 ⁻³ 80	Mata ciliar	40				
A1 - Escarpas	10 - 20 49	Residual 100	Arenosa 100	> 10 74	10 ⁻³ 72	Mata ciliar	22				
A1 - Escarpas	30 - 45 61	Residual 100	Arenosa 100	5 - 10 62	10 ⁻³ 62	Mata ciliar	43				
A1 - Escarpas	10 - 20 44	Residual 100	Arenosa 77	> 10 76	10 ⁻³ 77	Mata ciliar	30				

Unidade A2 - Colinas Médias Convexas: Compreende as áreas em que definem a maioria dos divisores de água da bacia, com relevo predominantemente convexo, onde encontram-se algumas nascentes, e com declividade dominante menor que 5% (**Tabela 2**).

Tabela 2. Características da Unidade de Terreno A2

Landform	Declividade		Materiais Inconsolidados								Uso e cobertura	
			Origem		Textura		Espessura		Permeabilidade			
Classe	Classe	%	Classe	%	Classe	%	Classe (m)	%	Classe (cm/seg ¹)	%	Classe	%
A2 - Colinas Médias Convexas	10 - 20	31	Residual	100	Arenosa	100	2 - 5	55	10 ⁻⁴	55	Mata ciliar	57
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	55	Residual	100	Arenosa	88	5 - 10	74	10 ⁻³	88	Solo exposto	37
A2 - Colinas Médias Convexas	10 - 20	33	Residual	100	Arenosa	100	< 2	39	10 ⁻³	39	Mata ciliar	57
A2 - Colinas Médias Convexas	10 - 20	36	Residual	100	Arenosa	88	> 10	88	10 ⁻³	88	Cana-de-açúcar	50
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	54	Residual	100	Arenosa	97	> 10	88	10 ⁻³	88	Cana-de-açúcar	56
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	67	Residual	100	Arenosa	100	> 10	100	10 ⁻²	100	Área urbana	65
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	44	Residual	100	Arenosa	100	> 10	89	10 ⁻²	89	Café	33
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	41	Residual	100	Arenosa	100	> 10	100	10 ⁻³	58	Mata ciliar	26
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	33	Residual	100	Arenosa	88	> 10	88	10 ⁻³	88	Cana-de-açúcar	42
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	59	Residual	93	Arenosa	100	> 10	93	10 ⁻²	97	Solo exposto	34
A2 - Colinas Médias Convexas	10 - 20	40	Residual	100	Arenosa	100	> 10	39	10 ⁻⁴	61	Cana-de-açúcar	60
A2 - Colinas Médias Convexas	< 5	40	Residual	98	Arenosa	100	> 10	88	10 ⁻³	86	Cana-de-açúcar	54
A2 - Colinas Médias Convexas	5 - 10	48	Residual	100	Arenosa	100	> 10	88	10 ⁻³	88	Solo exposto	37
A2 - Colinas Médias Convexas	5 - 10	47	Residual	100	Arenosa	100	> 10	83	10 ⁻³	83	Cana-de-açúcar	53
A2 - Colinas Médias Convexas	10 - 20	34	Residual	100	Argilosa	68	< 2	90	10 ⁻⁴	68	Cana-de-açúcar	68

Unidade B1 - Colinas Médias Côncavas: Representada pelas áreas com características superficiais côncavas, essa unidade possui vales arredondados, onde a declividade se fixa entre 5 a 10% (**Tabela 3**). Classifica-se a densidade de drenagem desta área como alta, espalhando-se por toda a extensão da área de estudo.

Unidade B2 - Vales Pequenos Fechados: As áreas correspondentes a este *landform* caracteriza-se pelo fato deste vale ser bem estreito e encaixado, com amplitude altimétrica alta e declividade predominante, menor que 5% e característica do vale considerada como angular (**Tabela 3**). A densidade de drenagem nessa área é alta, e sua localização se fixa na porção nordeste da bacia.

Unidade B3 - Vales Amplos Abertos: Neste *landform* os vales têm formato plano/tabular caracterizados por grande distância entre uma vertente e outra de cada lado da drenagem principal, com amplitude altimétrica baixa, além de declividades menores que 5% (**Tabela 3**). A densidade de drenagem nesse *landform* também é considerada alta, e sua localização se assenta sobre a parte sudoeste e leste da bacia.

Unidade B4 - Colinas Pequenas Convexas: São áreas de interflúvios arredondados com topos de mesma característica, onde a declividade predominante é menor que 5% e caracterizando-se assim também como divisor de água (**Tabela 3**). Nestas áreas a densidade de drenagem, conforme as características locais é considerada baixa, pois em alguns locais onde há o predomínio deste *landform* a presença de drenagem é ínfima.

Tabela 3. Características das Unidades de Terreno B1, B2, B3 e B4

Landform	Declividade		Materiais Inconsolidados								Uso e cobertura	
			Origem		Textura		Espessura		Permeabilidade			
Classe	Classe	%	Classe	%	Classe	%	Classe (m)	%	Classe (cm/seg ¹)	%	Classe	%
B1 - Colinas Médias Côncavas	5 - 10	35	Residual	93	Arenosa	90	> 10	66	10 ⁻³	62	Cana-de-açúcar	33
B2 - Vales Pequenos Fechados	< 5	63	Residual	91	Arenosa	91	> 10	79	10 ⁻³	61	Mata ciliar	35
B3 - Vales Amplos Abertos	< 5	90	Retrabalhado	77	Arenosa	83	2 - 5	79	10 ⁻²	75	Mata ciliar	35
B3 - Vales Amplos Abertos	< 5	76	Residual	51	Arenosa	94	< 2	53	10 ⁻²	49	Mata ciliar	36
B4 - Colinas Pequenas Convexas	5 - 10	51	Residual	100	Arenosa	100	> 10	95	10 ⁻²	95	Cana-de-açúcar	45
B4 - Colinas Pequenas Convexas	< 5	51	Retrabalhado	98	Arenosa	100	> 10	98	10 ⁻³	100	Cana-de-açúcar	53
B4 - Colinas Pequenas Convexas	< 5	43	Residual	100	Arenosa	100	> 10	68	10 ⁻³	68	Cana-de-açúcar	27
B4 - Colinas Pequenas Convexas	< 5	46	Residual	100	Arenosa	98	> 10	98	10 ⁻²	98	Cana-de-açúcar	40
B4 - Colinas Pequenas Convexas	< 5	43	Residual	100	Arenosa	100	2 - 5	100	10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁵	100	Cana-de-açúcar	54
B4 - Colinas Pequenas Convexas	< 5	43	Residual	100	Arenosa	92	> 10	92	10 ⁻³	92	Cana-de-açúcar	61
B4 - Colinas Pequenas Convexas	5 - 10	46	Residual	100	Arenosa	100	> 10	74	10 ⁻³	100	Cana-de-açúcar	59
B4 - Colinas Pequenas Convexas	5 - 10	48	Residual	100	Arenosa	100	5 - 10	94	10 ⁻³	94	Cana-de-açúcar	54

Em relação a susceptibilidade a que cada *landform* identificado na bacia está sujeito, quando levado em consideração o predomínio das maiores declividades da bacia, a Unidade A1 é a que mais possui suscetibilidade a processos erosivos em relação as demais, uma vez que esta unidade é formada basicamente por escarpas. Em áreas como essas, conforme relata Infanti e Fornasari (1998), a velocidade da água quando escorre pela superfície é potencializada.

Ao se levar em conta características de materiais inconsolidados presentes na bacia, no caso da textura, todas as unidades apresentam suscetibilidade à erosão, pois como mencionado por Mauro e Lollo (2004), a coesão entre materiais arenosos é menor. Quanto à espessura, que na bacia estão divididas em quatro classes (menor que 2, 2 a 5, 5 a 10, e maior que 10m), a Unidade A1 também apresenta maior suscetibilidade a erosão, pois tem predomínio de áreas com espessuras menores que 2m. A unidade A1 também é a mais suscetível à erosão quando se analisa a permeabilidade de cada um dos *landforms*, sendo fixada em 10^{-4}cm/s^{-1} , pois quando a permeabilidade é menor em relação a outras áreas, a possibilidade da água da chuva escorrer sobre a superfície é bem maior.

Cabe ressaltar, que o mais importante é que as unidades de terreno do Sistema B, apesar de ocorrerem em áreas de menores declividades se comparadas ao Sistema A, contém perfis de solos arenosos espessos e com baixa compactidade, sendo esse o principal atributo condicionante do processo erosivo na bacia. Na **Figura 3A**, é mostrada a disposição das unidades de terreno com as ocorrências mais expressivas de erosões, nas **Figuras 3B e 3C** são informadas as feições erosivas na unidade de terreno B1. Tais solos, formados por intemperismo das unidades arenosas, como Santa Rita do Passa Quatro, Pirambóia e Botucatu, em relevo mais suave, resultam encostas, que mesmo com perfil predominantemente côncavo (como a unidade de terreno B1) e declividades moderadas (5 a 10%, em geral), desenvolvem processos erosivos na base das encostas. Condições similares, porém em outras unidades geológicas, foram observadas por Mauro e Lollo (2004) na bacia do Córrego Prosa em Campo Grande-MS, e em Moretti et al. (2013) para a bacia do Córrego Caçula em Ilha Solteira-SP.

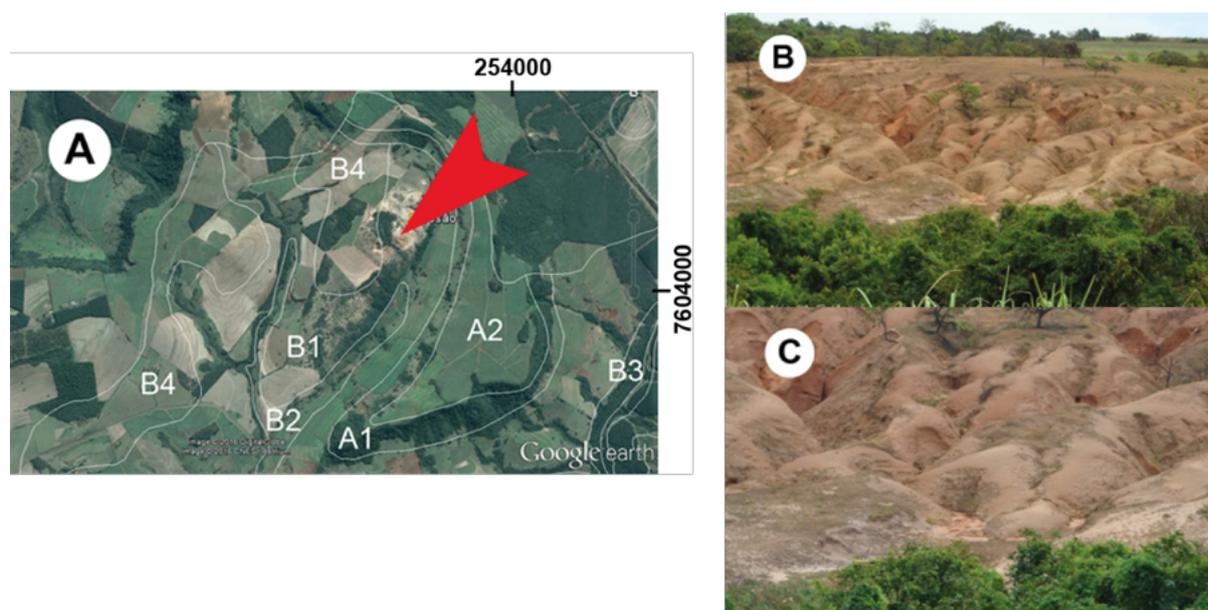


Figura 3. Exemplo de processos erosivos que ocorrem ao norte da bacia, na unidade B1

5. Conclusões e Sugestões

Verifica-se que, como indicações do formato do relevo de cada uma das unidades de terreno

(*landforms*) identificadas na bacia do Rio Claro, quando foram analisados os atributos neste estudo selecionados, as áreas com maior suscetibilidade à erosão se fixaram nas unidades de terreno (*landforms*) em que o formato do relevo é mais acidentado, como constatado na Unidade A1.

Apesar dos *landforms* onde o uso e cobertura do solo apresenta ocorrência de solo exposto, não podemos deixar de mencionar que, os *landforms* onde a presença do uso e cobertura do solo é a cana-de açúcar, também pode estar susceptível a processos erosivos, em função do tipo de manejo que a lavoura foi submetida, bem como a disposição no terreno dos carregadores e estradas distribuídos por áreas com esse tipo de produção agrícola.

Vale ressaltar que neste estudo, a relação feita entre os atributos selecionados (Tabelas 1, 2 e 3), e as características do relevo de cada um dos *landforms*, levou em consideração a ação da água da chuva como desencadeador do processo erosivo, pois tal processo pode ser desencadeado por outros elementos do meio físico, como o vento e as drenagens (córregos e rios), no caso de áreas em regiões de clima tropical.

A unidade do relevo mais expressiva, em termos de distribuição geográfica, é a B1, caracterizada por colinas médias côncavas (55,40% da área), classes de declividades entre 5 a 10% e acima de 10%, como também é nesta unidade que se encontram as mais expressivas feições erosivas da bacia (porção nordeste). Por outro lado, a unidade com menor expressão é a B2, identificada por vales pequenos e suaves (1,39% da área), classes de declividades menores que 5% e coincidentes, principalmente, com as mata ciliares, que proporcionam uma menor incidência de processos erosivos nesta unidade.

Este estudo, pode ser mais um instrumento delineador para o processo de planejamento territorial da bacia do Rio Claro, visando indicar processos corretos de ocupação do solo da bacia, frente as características dos *landforms* identificados, assim como norteador de medidas que possam agir corretamente, para evitar e remediar os processos erosivos nos locais identificados como mais susceptíveis à ação de erosão.

Assim, quando levada em consideração a aplicação da técnica de avaliação de terreno (*landforms*) nas terras do Pantanal e adjacências, visando o planejamento territorial e a mitigação de processos erosivos, esta metodologia tem potencial para ser aplicada em áreas com características similares do meio físico, descritas neste trabalho.

Pode-se mencionar, o caso de áreas na Depressão de Rondonópolis, como já havia demonstrado Miranda (2005), na Bacia do Ribeirão Ponte de Pedra. Pois a principal atividade comercial da região, além da pecuária de corte, contrasta-se com a produção em larga escala de grãos, cujos efeitos refletem em elementos do meio físico da própria unidade e da planície pantaneira.

Esta unidade de relevo faz parte do domínio morfoestrutural do Planalto dos Guimarães, com altitudes variando entre 250m a 500m, e chegando a 600m em topos de alguns morrotes (Morro do Naboreiro e da Mesa). Semelhante à região da Bacia do Rio Claro, ela apresenta disposição de escarpas, em seus limites de integração com os Planaltos dos Alcantilados (a leste e a norte), Taquari-Itiquira (ao Sul), e da Chapada dos Guimarães (a oeste) (BRASIL-PCBAP, 1997).

6. Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - Processo 2013/03699-5), e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq - Processo 443802/2014-9) pelos recursos financeiros que tornaram viável o desenvolvimento deste trabalho.

7. Referências

- Ávila, I.G.; Moretti, R.S.; Nagazawa, V.A.; Pedrosa, J.A.B.A.; Prandini, L.F. **Carta Geotécnica da Grande São Paulo**. São Paulo : IPT - Comunicação Técnica n. 1358, 13p., 1985.
- Brasil-Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai** – PCBAP/Projeto Pantanal, Programa Nacional do Meio Ambiente. Brasília: PNMA, 1997.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute). **ArcGIS for the desktop 10.2**. (2013).
- FEHIDRO **Plano da Bacia Hidrográfica**: 2008-2011. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi-Guaçu, CE-TESB - São Paulo: 2011. 170p.
- Florenzano, T.G. (org). **Geomorfologia: conceitos tecnologias atuais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. Carta topográfica: Quadrícula de Descalvado (SP). Escala 1:50.000. **SF-23-V-C-IV-4, 1972a**.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. Carta topográfica: Quadrícula de Santa Rita do Passa-Quatro (SP). Escala 1:50.000. **SF-23-V-C-V-1, 1972b**.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia E Estatística. Carta topográfica: Quadrícula de Piraçununga (SP). Escala 1:50.000. **SF-23-V-C-V-3, 1972c**.
- Infanti, J. N.; Fornasari, F. N. Processos de Dinâmica Superficial. In: **Geologia de Engenharia**, Oliveira, A. M. S. E Britos, S. N. A. São Paulo. ABGE. 1998. p. 131-152.
- Lollo, J.A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico**: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas. 1995. 267 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1995
- Lorandi, R; Lollo, J.A; Guerrero, J.V.R. Carta de unidades aquíferas aplicada ao Zoneamento (Geo)Ambiental- Estudo de Caso na Bacia do Rio Claro. **Anais...** 14 Congresso Nacional de Geotecnia. Covilhã, 2014.
- Mauro, J.R. Lollo, J.A. Uso da Técnica de Avaliação do Terreno para a elaboração de Carta de Susceptibilidade à Erosão na Bacia do Prosa-Campo Grande, MS. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos-RBRH**, v. 9, n. 3, p. 23-38, 2004. Disponível em: <<https://www.abrh.org.br/SGCv3/index.php?PUB=1&ID=31&SUMARIO=466>>. Acesso em 20 jun. 2016.
- Mendonça, F; Danni-Oliveira, I.M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de textos. São Paulo. 2007.
- Miranda, J. G. **Mapeamento geotécnico e estudo de susceptibilidade à erosão na bacia do Ribeirão Ponte de Pedra (MT), escala 1:100.000**. 2005. 278f. Tese (Doutorado) – EESC - Universidade de São Paulo, São Carlos. 2005. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-21062006-162918/pt-br.php>>. Acesso em: 07 ago. 2016.
- Moretti, R.V.; Vivanco, J.M.C.; Lollo, J.A. Mapa de *Landforms* para previsão preliminary de Suscetibilidade à Erosão para a area de expansão urbana de Ilha Solteira – SP. . In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu,. **Anais** São José dos Campos: INPE, 2013. P. 1106-1113. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/>>. Acesso em: 21 jun. 2016.
- Ross, J. L. S.; I. C. Moroz. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: FFLCH-USP/IPT/FAPESP. 1997.
- São Paulo - Instituto Geológico. **Mapa Geológico** – Folha Santa Rita do Passa-Quatro (SF-23-V-C-V-1). São Paulo, 1981. Escala 1:50.000.
- USGS - United States Geological Survey. Imagens **LandSat_8**. órbita/ponto 220/75. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 20/02/2016.
- Valeriano, M. M. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. 75 p. (Relatório de Pesquisa CNPq, Processo, 306021/2004-8 NV).
- Zuquette, L.V.; Gandolfi, N. **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.



Geotecnologias livres e gratuitas na elaboração de carta de distribuição espacial da perda de solos anual para a bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce, Dourados/MS.

João Lucas Alves da Silva¹
Vinícius de Oliveira Ribeiro¹
Leonardo Lima dos Santos¹

1 Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS
Rodovia Dourados-Ithaum KM 12 – Bairro Aeroporto - Caixa Postal 351
79804-970 - Dourados - MS, Brasil
jlalves@protonmail.com;
vinciusoribeiro@yahoo.com.br;
leo.limaengmabiental@gmail.com.

Resumo. A erosão hídrica é um processo natural que decorre da interação das chuvas e do solo, a qual é potencializada por fatores como o manejo inadequado deste solo e retirada da cobertura vegetal, o que causa a produção excessiva de sedimentos, gerando fenômenos como a eutrofização dos corpos d'água e também o assoreamento destes. A Equação Universal de Perda do Solo (USLE), permite estimar a erosão, sob variadas condições de uso e cobertura do solo, declividade, comprimento de rampa, tipos de solo e chuva, por meio da elaboração de mapas temáticos, representa importante instrumento de investigação sobre o processo erosivo. Quando aplicada por meio de geotecnologias livres e gratuitas, reduz drasticamente os gastos de execução do estudo. Este trabalho teve por objetivo mapear e analisar qualitativamente a susceptibilidade erosiva dos solos bacia hidrográfica do córrego Laranja Doce, localizada no município de Dourados – MS no ano de 2016, por meio da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo – USLE e das geotecnologias disponíveis de forma gratuita na rede. *Obteve-se perdas médias anuais de solo variando de 0 a 33 ton/ha.ano. A maior parte da área é classificada com erosão nula a moderada por possuir taxa erosiva menor que 15 ton/ha.ano. Observou-se que a distribuição espacial da erosão é influenciada principalmente pela cobertura vegetal do solo e das características do relevo demonstradas através dos fatores CP e LS respectivamente.*

Palavras-chave: Erosão, geotecnologias livres, QGIS.

Abstract. Erosion is a natural process that results from the interaction of rainfall and soil, which is enhanced by factors such as inadequate management of this soil and removal of vegetation cover, which causes excessive production of sediments, generating phenomena such as watercourses eutrophication and also the silting of these. The Universal Soil Loss Equation (USLE), allows to estimate erosion under varied conditions of use and land cover, slope, slope length, soil types and rain, through the elaboration of thematic maps, is an important research tool on the erosive process. When applied through free geotechnology, dramatically reduces the costs of running the study. This study aimed to map and qualitatively analyze the erosive susceptibility of the Laranja Doce watershed, located in the city of Dourados - MS in the year of 2016, through the application of USLE and geotechnology available for free on the internet. Were obtained soil average annual losses ranging 0-33 ton / ha year. Most of the area was classified as low to moderate erosion since it has an erosive rate lower than 15 ton / ha year. It was observed that the soil cover and relief features described by the CP and LS factors respectively mainly influence the spatial distribution of erosion.

Key-words: Erosion, free geotechnology, QGIS.

1. Introdução

A erosão hídrica é um processo natural que decorre da interação das chuvas e do solo. Esta interação é potencializada por fatores como o manejo inadequado desse solo e retirada da cobertura vegetal, o que causa a produção excessiva de sedimentos, gerando fenômenos como a eutrofização dos corpos d'água e também o assoreamento destes (Spatti Junior, 2011). Estes processos eliminam ou diminuem a vazão de fontes, modificam o comportamento de escoamento na calha dos canais fluviais e diminuem a vida útil de reservatórios.

Além de causar a liberação de partículas que irão obstruir os poros do solo, os impactos das gotas da chuva sobre o solo desprotegido ocasionam o adensamento natural do mesmo, acarretando no selamento de sua superfície e, por conseguinte, reduzindo a capacidade de infiltração da água (Silva et al., 1995).

A Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) (Wischmeier; Smith, 1978) é um modelo empírico para estimar a perda média anual de solo por erosão laminar que representa importante instrumento de investigação sobre o processo erosivo, uma vez que a partir das características e propriedades dos fatores ambientais responsáveis pelas perdas de solos, permite a compartimentação da paisagem em níveis de instabilidade, possibilitando ações mais efetivas de planejamento ambiental e otimização dos recursos naturais (Wischmeier; Smith, 1978).

SIG (sistemas de informações geográficas) têm facilitado à aplicação da USLE em diversas escalas, já que estes são particularmente úteis para tratar dados heterogêneos como cartas topográficas, cartas de solo, de cobertura vegetal, uso da terra, dados meteorológicos etc. Embora de naturezas e escalas diferentes, estas cartas complementadas com outras informações permitem estimar o valor quantitativo do solo erodido, por ano, causado pelo escoamento da água de chuva ao longo das vertentes.

Paranhos Filho et al. (2015) modelaram a USLE em ambiente SIG por meio de geotecnologias livres e gratuitas com a finalidade de analisar qualitativamente a susceptibilidade erosiva do solo em um município do estado de Mato Grosso do Sul. Concluíram que o uso do sistema de informações geográficas mostrou-se uma ferramenta de grande eficiência no que concerne à caracterização das áreas susceptíveis a erosão laminar, pois possibilitam rapidez e facilidade na aquisição, manipulação e integração de dados.

2. Objetivo

Mapear e analisar qualitativamente a susceptibilidade erosiva do solo da bacia hidrográfica do córrego Laranja Doce, localizada no município de Dourados, Estado de Mato Grosso do Sul, por meio da aplicação da Equação Universal de Perda do Solo – USLE e das geotecnologias

disponíveis de forma gratuita na rede.

3. Material e Métodos

3.1 Área de Estudo

A área de estudo refere-se à microbacia do Córrego Laranja Doce, a qual está delimitada pelas coordenadas de 21°55' a 22°16' de Latitude Sul a 54°28' a 54°52' de Longitude Oeste e estende-se por uma área de aproximadamente 715 km², com comprimento da bacia de 57,49 km, no sentido Nordeste - Sudoeste envolvendo dois municípios: Dourados e Douradina (Soares Filho, 2006).

A microbacia está inserida no sistema Paraná, sub-bacia do rio Ivinhema e bacia do Rio Brilhante. Cerca de 80% de sua área situa-se no município de Dourados e o restante no município de Douradina, ambos em Mato Grosso do Sul.

Dentre os principais córregos que banham o município, apenas o Laranja Doce corta a região norte da cidade, no sentido Oeste-Leste, apresentando o maior volume d'água entre todos e possuindo o maior comprimento no perímetro urbano. O córrego tem suas nascentes localizadas no Município de Dourados/MS e sua foz deságua no Rio Brilhante, tendo sua área de localização conforme ilustrado na **Figura 1**.

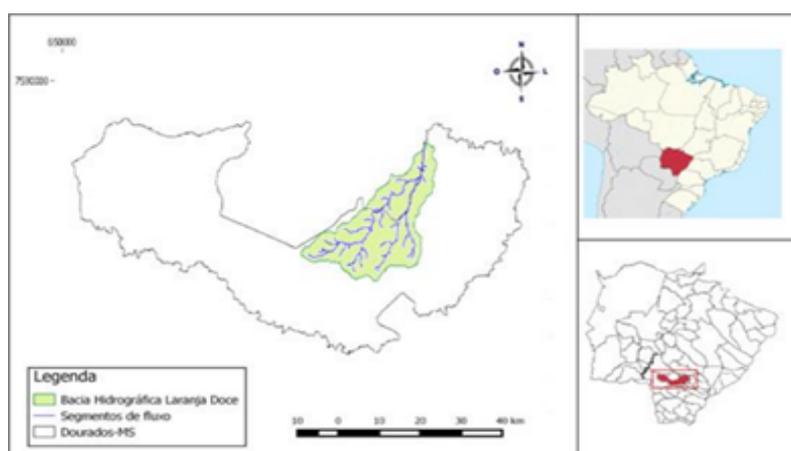


Figura 1. Área de localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce, em Dourados/MS, modificado (CORRÊA, 2015)

3.2 USLE

A Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) (WISCHMEIER; SMITH, 1978) é um modelo empírico para estimar a perda média anual de solo por erosão laminar, considerando seis fatores independentes:

$$A = R.K.(L.S).C.P \quad (\text{Equação 1})$$

Onde: A = perda média anual de solo por unidade de área (ton/ha. ano); R = erosividade da chuva; K = erodibilidade do solo; L = comprimento da vertente; S = declividade da vertente; C = uso e manejo do solo e P = práticas conservacionistas.

3.2 Aquisição de dados

Para a estimativa da erosão hídrica laminar foram utilizados o modelo digital de superfície (MDS) SRTM (Shuttle Radar Topograph Mission) (Usgs, 2000), que possui 30 m de resolução espacial e a imagem do satélite Landsat 8 datada do dia 17/06/2016 com 30 m de pixel, obtida através do website Earth Explorer (Earth Explorer, 2016). Também foram utilizados arquivos vetoriais (pontos, linhas e linhas fechadas), em formato shapefile (Esri, 1997), representativos das rodovias, limite político administrativo do Estado de Mato Grosso do Sul e do Município de Dourados, e da carta de solos (1:250.000) do Estado de Mato Grosso do Sul, os quais foram obtidos no Sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Ibge, 2016) e Instituto do Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (Imasul), respectivamente.

Em todas as etapas do trabalho foi utilizado o software livre e gratuito QGIS 2.8.8 (Qgis Development Team, 2015).

3.3 Processamento de Dados

A metodologia foi dividida em 5 etapas principais, sendo elas:

3.3.1 Obtenção do Fator Topográfico (LS)

Após inserção do SRTM (Usgs, 2000) no software QGIS 2.8.8 (Qgis Development Team, 2015), utilizou-se a ferramenta Slope, aspect, curvature do complemento SAGA GIS para obter-se o mapa correspondente ao ângulo de inclinação (θ). Posteriormente, com a ferramenta Calculadora Raster calculou-se o mapa do fator β por meio da equação (5). Utilizando-se a mesma ferramenta com a equação (4) obteve-se o fator λ - comprimento da declividade - foi obtido por meio da ferramenta r.watershed do complemento GRASS. Desta forma, foi possível utilizar a equação (3) para obtenção do fator L. O fator S foi calculado utilizando-se as equações (6) e (7) na ferramenta Calculadora Raster. Por último, foram multiplicados os mapas dos fatores L e S, e assim obteve-se o mapa do Fator Topográfico da bacia hidrográfica - LS.

$$LS = L \cdot S \quad (\text{Equação 2})$$

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^m \quad (\text{Equação 3})$$

$$m = \frac{\beta}{1 + \beta} \quad (\text{Equação 4})$$

$$\beta = \frac{\text{sen } \theta}{[3 \cdot (\text{sen } \theta)^{0,8} + 0,56]} \quad (\text{Equação 5})$$

$$S = 10,8 \cdot \text{sen } \theta + 0,03 \text{ se } \theta < 9\% \quad (\text{Equação 6})$$

$$S = 16,8 \cdot \text{sen } \theta - 0,50 \text{ se } \theta \geq 9\% \quad (\text{Equação 7})$$

Onde: λ - comprimento da declividade; m - é o expoente da variação comprimento-declividade; β - é o fator que varia com a declividade do terreno e θ - ângulo de inclinação McCool et al. (1989).

3.3.2 Obtenção do Mapa de Uso da Terra e Cobertura Vegetal

O mapa temático de uso da terra e cobertura vegetal foi gerado a partir da classificação supervisionada da imagem do satélite Landsat 8, do dia 17 de junho de 2016 (Earth Explorer, 2016) através do software livre e gratuito QGIS 2.8.8 (Qgis Development Team, 2015), utilizando o plugin Semi-automatic classification (SCP), um complemento que possibilita a classificação pixel a pixel semi-automática ou supervisionada de imagens. Com o SCP é possível criar áreas

amostrais de forma rápida, denominadas de ROIs (Regions of Interest), as quais são salvas em formato shapefile (Esri, 1997). Foram estabelecidas 4 classes de cobertura vegetal: vegetação densa (cerrado), solo exposto, áreas úmidas e vegetação de porte médio a baixa. Após a determinação das regiões de interesse, as assinaturas espectrais foram calculadas automaticamente, gerando-se o mapa temático da cobertura vegetal da bacia hidrográfica.

3.3.3 Obtenção do Mapa de Erosividade da Chuva - Fator (R)

O fator R da USLE foi obtido através da carta de erosividade da chuva do Estado de Mato Grosso do Sul (MS), desenvolvido por Oliveira et al. (2012) por meio de dados provenientes de três estações pluviográficas localizadas nos Municípios de Dourados, Coxim e Campo Grande, além de dados de precipitação disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas (HidroWeb) de 109 estações pluviométricas do Estado de Mato Grosso do Sul.

3.3.4 Obtenção do Mapa de Erodibilidade do Solo - Fator (K)

Para obtenção deste fator utilizou-se o Mapa de Solos de Mato Grosso do Sul, na escala 1:250.000, disponibilizado pelo Instituto do Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (IMASUL) em formato shapefile (Esri, 1997), o qual foi inserido no software QGIS 2.8.8 (Qgis Development Team, 2015) e recortado de acordo com o limite da bacia hidrográfica de estudo.

A nomenclatura da classificação dos solos foi atualizada de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013), sendo os valores de K atribuídos para cada classe de solo neste trabalho os adotados por Paranhos Filho (2000) (Tabela 1). Os valores de K foram inseridos na tabela de atributos de acordo com os respectivos grupos de solo e em seguida transformou-se o shapefile em formato raster, com 30 x 30 m, para ser posteriormente utilizado na equação da USLE.

Tabela 1. Fator K para cada classe de solo da bacia hidrográfica.

Símbolo	Classificação antiga	EMBRAPA, 2013	Fator K (ton.ha.h/ha. MJ mm)
HGP	Glei Pouco Húmico	Gleissolo Háptico	0,001
LR	Latossolo Roxo	Latossolo Vermelho	0,012

3.3.5 Obtenção do Mapa de Uso e Manejo e Práticas Conservacionistas – Fator (CP)

Os fatores C e P da USLE foram integrados, formando um só mapa. De acordo com Stein et al. (1987) é somente necessário que os fatores C e P sejam trabalhados separadamente se o objetivo do trabalho for definir maneiras mais adequadas de produção agrícola. Porém, se o enfoque é a perda de solo por erosão, as variáveis C e P estão inter-relacionadas de tal forma que devem ser analisadas em conjunto. Assim, observa-se que a distribuição dos fatores CP na área de estudo está diretamente relacionada à cobertura vegetal da bacia hidrográfica.

Desta forma, para cada classe de uso e cobertura vegetal determinou-se um valor de CP de acordo com aqueles sugeridos por Stein et al. (1987) e Oliveira (2012) (Tabela 2), e então gerou-se o mapa do Fator CP em formato raster, com pixel de 30 x 30 m, com o objetivo de ser cruzado com os outros fatores da USLE.

Classes	Fator CP
Vegetação Densa	0,0007
Solo Exposto	1
Vegetação de porte médio a baixo	0,25
Áreas úmidas	0

Tabela 2. Valores do Fator CP para cada classe de uso do solo (Stein et al.,1987 e Oliveira, 2012)

3.4 Integração dos Fatores da USLE

Finalizada as etapas de obtenção dos fatores componentes da USLE, utilizou-se a ferramenta “Calculadora Raster” do software livre e gratuito QGIS 2.8.8 (Qgis Development Team, 2015) para realizar a álgebra de mapas. A partir da integração dos fatores da equação foi gerado o mapa da estimativa de perda de solo por erosão hídrica laminar, ou seja, o fator A da USLE.

4. Resultados e Discussão

4.1 Fator LS

O mapa obtido para o Fator LS, o qual representa o Potencial Topográfico de Erosão Hídrica Laminar (Paranhos Filho, 2000), possui valores entre 0 e 0,65. Observa-se que há predominância de valores entre 0 e 0,30, com grande representatividade de valores próximos a zero (Figura 2). Desta forma, pode-se inferir que grande parte da área de estudo tem menores taxas de escoamento superficial, o que desfavorece a erosão hídrica laminar.

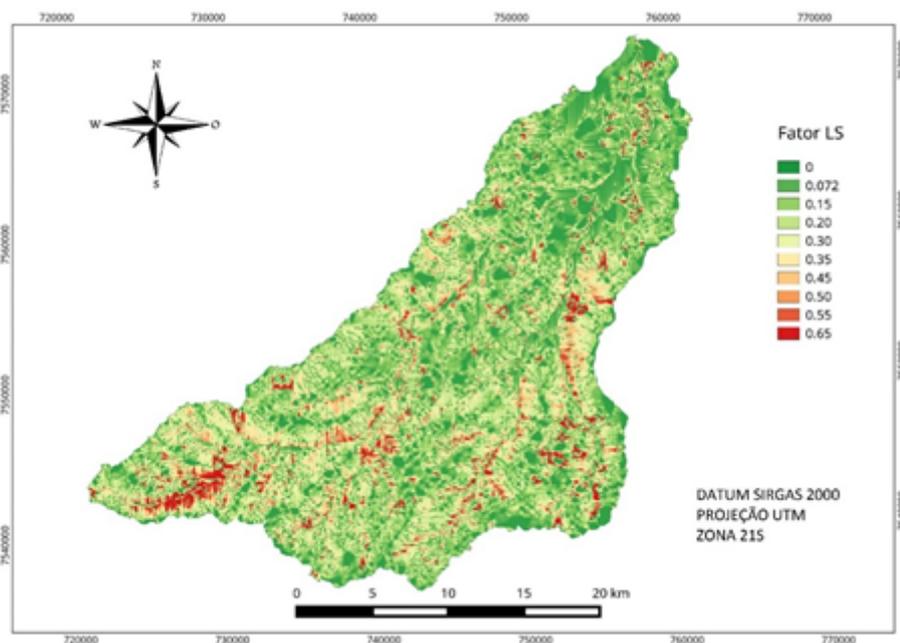


Figura 2. Carta do Fator topográfico da bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator LS.

4.2 Fator K

O mapa de solos da bacia hidrográfica já com os valores de K atribuídos de acordo com o proposto por Paranhos Filho (2000) está presente na Figura 3. Observa-se que quase a

totalidade da área da bacia hidrográfica é composta pela classe dos Latossolos Vermelhos, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2013). Os Latossolos são bastante férteis, e graças a isso, são largamente utilizados em atividades agropastoris.

Segundo Paranhos Filho (2000), apesar de apresentarem boa resistência à erosão, devido às boas características físicas, os Latossolos Vermelhos requerem tratos conservacionistas adequados conforme a inclinação do terreno e o tipo de uso. Uma pequena parcela dos solos da bacia é composta pela classe dos Gleissolos Háplicos, os quais apresentam baixa susceptibilidade a erosão, já que estão sujeitos a constantes inundações.

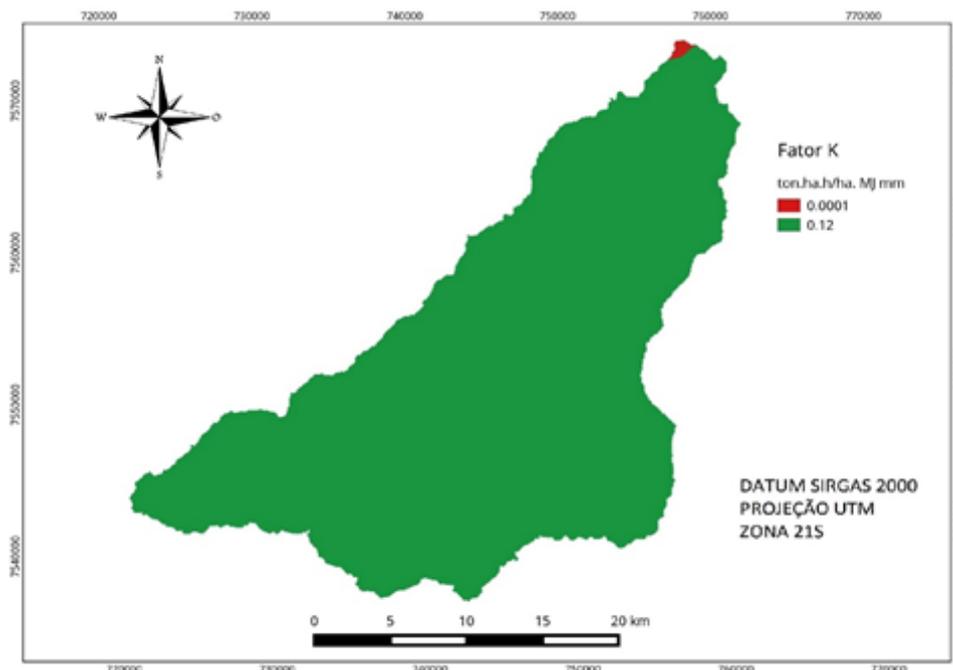


Figura 3. Fator K – Carta de erodibilidade dos solos da bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce.

4.3 Fator R

De acordo com o mapa do Fator R obtido (**Figura 4**), tem-se que os valores máximo e mínimo para a área de estudo são 8506.03 e 8701.72 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente. Toda a área possui erosividade classificada por Santos (2008) como alta, ou seja, $R > 7000$ MJ.mm/ha.h.ano, o que pode favorecer o aumento das taxas de erosão hídrica laminar. Estes valores podem ser explicados pela localização da bacia hidrográfica, na qual não raro ocorrem chuvas intensas em diversas épocas do ano.

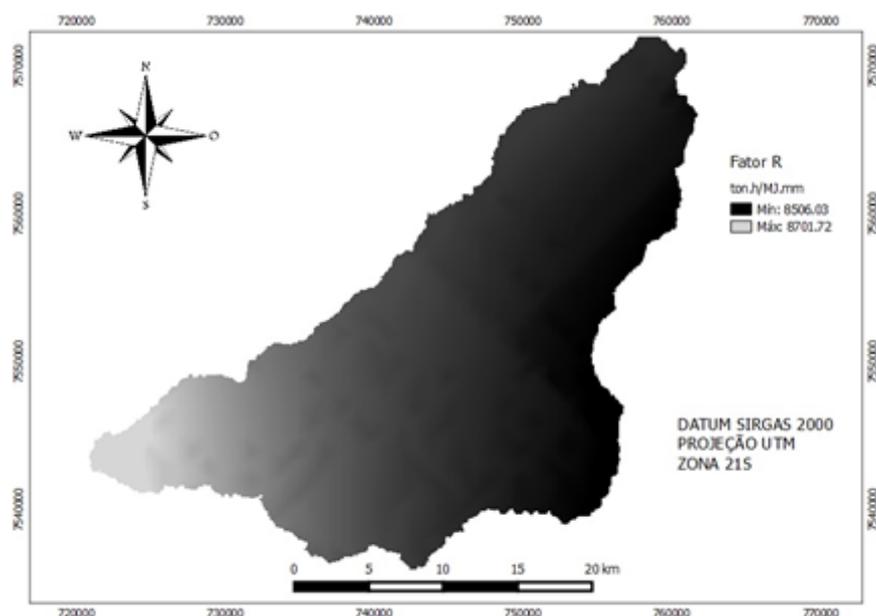


Figura 4. Carta da erosividade das chuvas da bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator R.

4.4 Cobertura Vegetal e Fator CP

Os mapas da cobertura vegetal e da integração deste com os valores de CP propostos por Stein *et al.* (1987) e Oliveira (2012) são apresentados nas Figuras 5 e 6 respectivamente. Observando-se os valores de CP e desconsiderando as áreas úmidas onde o valor é zero, temos que as regiões onde a vegetação se mostra mais densa apresentam menores valores do Fator CP. Isso se deve a capacidade da vegetação em proteger o solo contra os efeitos erosivos da chuva, seja pelo impedimento do impacto direto das gotas, evitando o efeito de salpicamento, ou mesmo diminuindo o escoamento superficial sob a superfície do solo (Valentin, 2008). Seguindo esta perspectiva, os maiores valores estão presentes nas áreas onde há pouca ou nenhuma vegetação, como por exemplo as regiões em que há solo exposto, nas quais existe grande susceptibilidade a erosão.

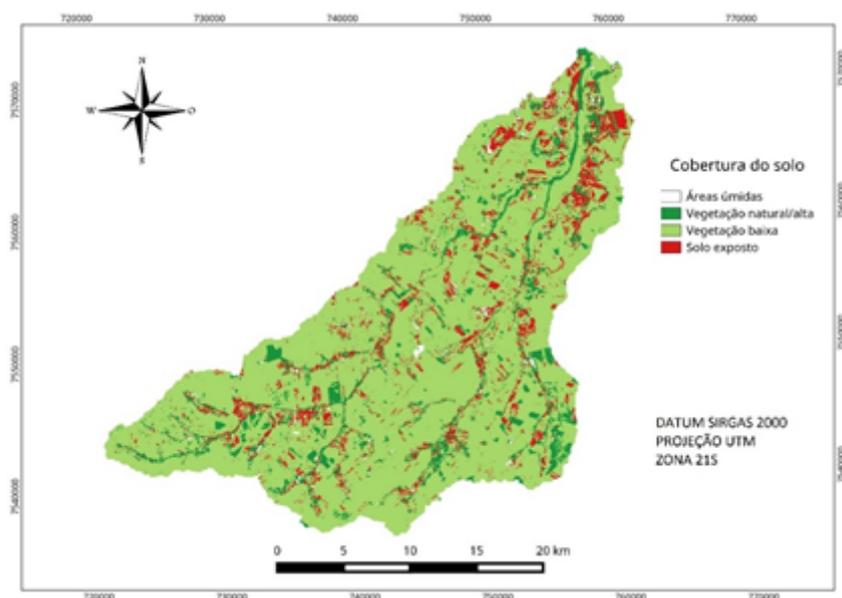


Figura 5. Carta de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce.

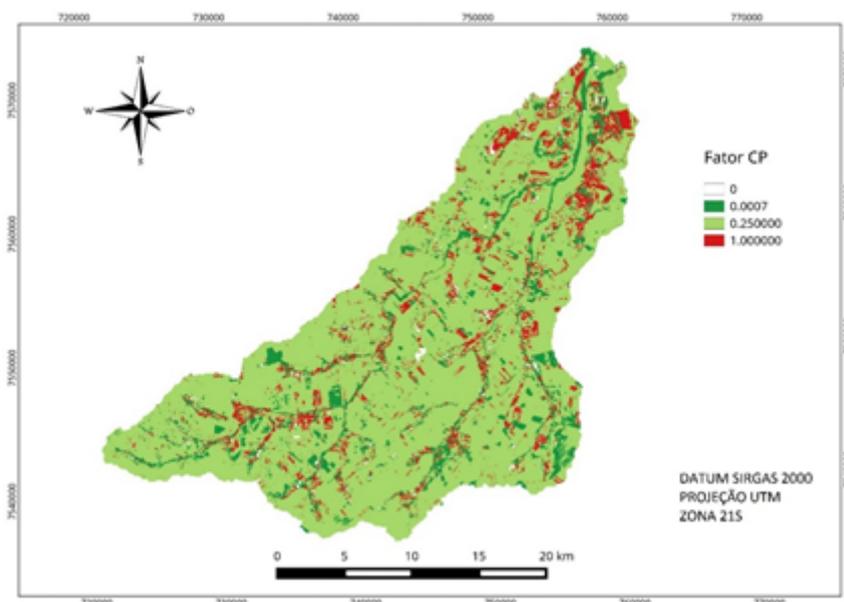


Figura 6. Carta de uso e cobertura do solo e práticas conservacionistas da bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce.

4.5 Fator A - erosão atual

A partir da álgebra de mapas obteve-se o mapa de perda do solo em toneladas por hectare ano – Fator A (Figura 7). Cabe ressaltar que como consequência das limitações de um modelo matemático como a USLE e dos métodos utilizados neste trabalho, os valores obtidos não devem ser observados sob a ótica quantitativa, mas sim para análises qualitativas quanto as áreas potencialmente erodíveis da bacia hidrográfica em estudo (Stein et al., 1987).

Os valores de perda de solos variam de 0 a 33 ton/ha.ano. Ao analisar o mapa do fator A juntamente com os mapas dos outros fatores, pode-se inferir que a distribuição dos valores de erosão média anual está associada principalmente à cobertura do solo (fator CP) e com a declividade (Fator LS), ocorrendo então menor representatividade dos demais fatores K e R. Em relação ao fator CP, tem-se a classe das áreas úmidas, a qual leva a zero, e grande parte das áreas de baixa declividade (Fator LS) também levam a baixos valores de perda de solos na região, com predominância de números menores que três. Destaca-se as regiões mais próximas aos corpos hídricos, ou seja, as matas ciliares, onde observa-se claramente a influência da vegetação natural na proteção do solo contra a erosão hídrica laminar.

Ainda com relação ao Fator CP, há várias áreas próximas aos cursos d'água onde há solo exposto (CP=1), conseqüentemente, são as que apresentam maiores valores de perda de solo, seguidas daquelas em que o Fator LS tende a maiores valores, o que contribui para maiores perdas de solo mesmo em regiões com cobertura vegetal considerável. Em contrapartida, nas regiões de vegetação densa (CP=0,0007) e onde não há grandes declividades as perdas de solo são menores que 3 ton/ha.ano. Toda a área de estudo não apresentou elevados valores de erosão hídrica laminar, já que as perdas de solo variam entre 0 e 33, o que de acordo com Carvalho (2008) representa um índice médio de perda de solos anual.

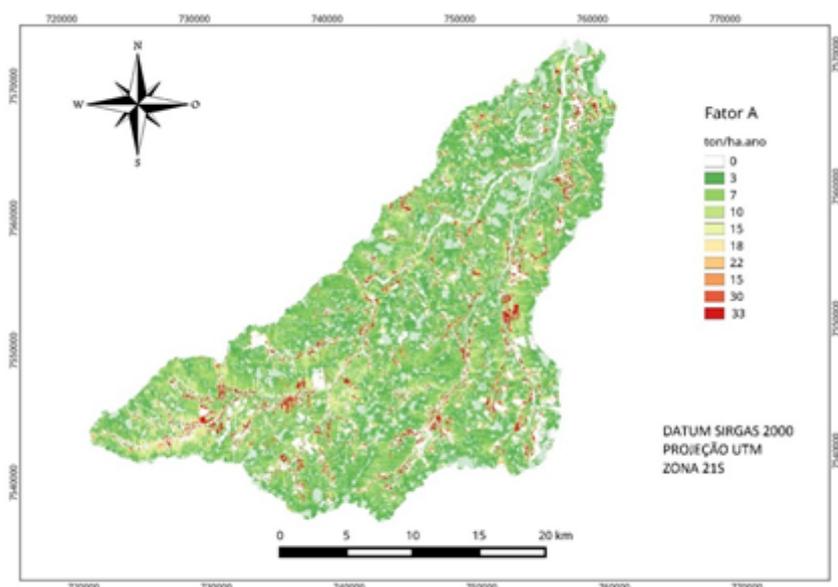


Figura 7. Carta da distribuição espacial da perda de solos anual na bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce – Fator A, 2016.

5. Conclusões e Sugestões

- Modelos matemáticos de previsão da erosão podem ser considerados ferramentas apropriadas para o estudo qualitativo dos parâmetros relacionados ao processo de erosão hídrica, auxiliando no direcionamento de decisões as quais dizem respeito ao uso do solo;
- Mesmo com limitações nos aspectos quantitativos quando utilizada para grandes áreas, a aplicação da USLE permite identificar as áreas onde há maiores perdas de solo provenientes da ocupação atual;
- O uso de dados SRTM para a obtenção do fator topográfico da USLE mostrou ser uma alternativa prática e viável, minimizando custos e tempo de execução dos trabalhos;
- O software livre e gratuito utilizado se mostrou satisfatório e adequado aos propósitos do trabalho, com destaque para a vantagem de que há acesso facilitado e download disponível gratuitamente a todos os usuários.
- Apesar do trabalho não ter sido desenvolvido no pantanal, a metodologia aqui apresentada pode ser aplicada em certas áreas de planalto em seu entorno.

6. Referências

- Carvalho, N.O. 2008. Hidrossedimentologia Prática. Rio de Janeiro: CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, 600 p.
- Corrêa, N. F. Obtenção de MDE corrigido para delimitação de bacia hidrográfica com auxílio de geotecnologias livres e gratuitas. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul. Dourados, 2015.
- Earth Explorer. Imagens Landsat 8. 2016. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>.
- Esri Inc. - ARC / INFO version 7.11. Environmental Systems Research Institute Inc. New York, 1997, 1 CD ROM.
- Ibge - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/.htm>>
- Oliveira, J.S. 2012. Avaliação de modelos de elevação na estimativa de perda de solos em ambiente SIG. Univer-

sidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Dissertação de Mestrado, 103p.

Oliveira, P.T.S.; Rodrigues, D.B.B.; Alves Sobrinho, T.; Carvalho, D.F. & Panachuki, E. 2012. Spatial variability of the rainfall erosive potential in the state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *Revista Engenharia Agrícola*, 32(1): 69-79.

Paranhos Filho, A. C.; Oliveira, E. F.; Miotto, C.L.. BARBOSA, A. F.; Aplicação da Equação Universal de Perda do Solo (USLE) em Softwares Livres e Gratuitos. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*. Vol. 38 - 1 / 2015 p. 170-179.

Paranhos Filho, A.C. 2000. Análise geo-ambiental multitemporal: o estudo de caso da região de Coxim e da Bacia do Taquarizinho (MS – Brasil). Universidade Federal do Paraná, Tese de Doutorado, 213p.

Qgis Development Team. QuantumGIS 2.8.8, 2015. Disponível em: <<http://www.qgis.org/en/site/>>.

Santos, C.N. 2008. El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul. Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

Silva, M. L. N.; Curi, N.; Marques, J. J. G. S. M. ; Lima, L. A. ; Ferreira, M. M. Resistência ao Salpico Provocado por Impacto de Gotas de Chuva Simulada em Latossolos e sua

Relação com Características Químicas e Mineralógicas. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 19, n.2, p. 176-182, 1995.

Spatti Junior, E. Avaliação Ambiental, Caracterização da Qualidade de Água e Transporte de Sedimentos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande (SP). *Disertação de Mestrado*. Rio Claro, 2011.

Stein, D.P.; Donzelli, P.; Gimenez, A.F.; Ponçano, W.L. & Lombardi Neto, F. 1987. Potencial de erosão laminar natural e antrópica na bacia do Peixe-Parapanema. In: *Simpósio Nacional De Controle De Erosão*, 4, Marília, 1987. *Anais*, Marília, p. 105-135.

Usgs, United States Geological Survey. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), Global Land Cover Facility, University of Maryland, College Park, Maryland, 2000.



Uso do sensoriamento remoto na análise de mudanças morfológicas no rio Correntes

Edson Rodrigo dos Santos da Silva¹
Aguinaldo Silva¹
Beatriz Lima de Paula Silva¹
Luciana Escalante Pereira¹
Edward L. Lo²
Tayrine Pinho de Lima Fonseca¹
Maxwell da Rosa Oliveira¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS
Unidade I, Av. Rio Branco, 1270 - Universitário
79304-902 - Corumbá, MS, Brasil
{edson_r_silva, aguinald_silva, beatrizlpaula}@yahoo.com.br
{l.escalante.pereira, max.oliveira2102}@gmail.com
Tayrine.fonseca@hotmail.com

²University of Kentucky - UK
101 Slone Research Bldg.
Lexington, KY 40506-0053, USA
edward.lo@uky.edu

Resumo: Os rios meândrantes apresentam uma série de características que os diferenciam dos canais retilíneos e anastomosados, como por exemplo, as rápidas mudanças de seu curso, resultado de ajustes contínuos dos fatores hidrossedimentológicos. O estudo dessas mudanças possibilita, dentre outros resultados, conceber conhecimento sobre possíveis mudanças futuras, gerando informações para o planejamento e ordenamento territorial. Neste sentido, o presente trabalho objetiva identificar as mudanças morfológicas ocorridas no baixo rio Correntes entre os anos de 1984 e 2016, bem como gerar informações sobre sua bacia hidrográfica, atualmente escassas. Para tanto, fora utilizado sensoriamento remoto para análise temporal da migração dos meandros, pesquisa bibliográfica e trabalho de campo. O canal fluvial apresentou alta mobilidade, através da migração lateral e a jusante, exibindo uma tendência ao retilineamento do canal, constatada pela diminuição da sinuosidade entre 1984 e 2016. Essa tendência reflete o ajuste do canal em relação aos fatores hidrossedimentológicos, visto que a instalação de barramento para aproveitamento hidrelétrico a montante da região reteve sedimentos e potencializou a velocidade da corrente, aumentando a erosão e, conseqüentemente, a migração de meandros.

Palavras-chave: geotecnologias, dinâmica fluvial, rio Correntes, Pantanal.

Abstract: Meandering rivers have a number of features that differentiate them from rectilinear and anastomosing channels, such as the rapid change of course, which is the result of continuous adjustments of hydrosedimentological factors. Studying these changes informs of possible future changes, and generates data valuable for planning and land use. The present study aims to identify the morphological changes in the lower Correntes River between 1984 and 2016, and generate information that is currently scarce about the watershed. A temporal analysis of migrating meanders using remote sensing, literature search, and field work were conducted. The river was found to be highly mobile, with lateral and downstream migration, exhibiting a tendency rectilinear, channels as seen by the decreased sinuosity between 1984 and 2016. This trend reflects channel adjustment in relation to hydrosedimentological factors, since the hydroelectric dam upstream retained sediment and enhanced flow velocity, thereby increasing erosion and, consequently, the migration of meanders.

Key-word: geotechnology, fluvial dynamic, Correntes river, Pantanal.

1. Introdução

Os canais fluviais são descritos, com certa frequência, em retilíneos, anastomosados e meândricos. Conforme Leopold et al. (1957), os canais retilíneos são raros, localizados em trechos curtos de canais ou em linhas de falhas tectônicas, enquanto que os canais anastomosados caracterizam-se por apresentar grande carga de fundo que, junto às descargas fluviais, possibilita a formação de diversos canais que se separam e se juntam ao longo do canal fluvial.

A origem do termo meandro, conforme Christofolletti (1981) advém do caso do rio Maiandros, na Turquia; este termo define um tipo de canal fluvial caracterizado por curvas sinuosas, amplas, e semelhantes. Os canais fluviais constituem-se como um sistema aberto, buscando um estado de estabilidade a partir do esforço contínuo de escavação na margem côncava e deposição na margem convexa, Langbein et. al (1966). Os rios meandantes são comuns nas áreas úmidas cobertas por vegetação ciliar e em áreas planas. Para Guerra et al. (2009), os rios meandantes podem ser diferenciados dos outros padrões de canais pelo índice de sinuosidade que deve ser igual ou superior a 1,5.

A dinâmica dos canais meandantes é realizada a partir do processo de migração lateral e a jusante, sendo capaz de ampliar e renovar a planície fluvial seja através da expansão das curvas ou corte de meandros. Entretanto, o desenvolvimento dos meandros depende de diversos fatores, como camadas sedimentares móveis, gradientes topográficos moderadamente baixos, fluxos contínuos e regulares, cargas de fundo e em suspensão relativamente equivalentes, idem (2009).

Entretanto, conforme salienta Coelho et al. (2014), intervenções de grande porte podem causar o rompimento do equilíbrio longitudinal do rio, forçando-o a ajustes, gerando novas modificações no canal fluvial. Neste sentido, construções de barragem para aproveitamento energético alteram consideravelmente o sistema fluvial. Coelho (2008) cita algumas das alterações geomorfológicas sofridas pelos canais fluviais a jusante de barragens, como entalhe no leito do rio, com conseqüente descida do nível de base local; processo de erosão nas margens; alteração nos sedimentos de fundo e das margens, etc.

Neste contexto, o presente trabalho objetiva identificar as mudanças morfológicas ocorridas no baixo rio Correntes entre os anos de 1984 e 2016 a partir da utilização de técnicas sensoriamento remoto e trabalho de campo, gerando informações acerca da morfologia da bacia e dos processos atuantes. Dessa forma, ao identificar as mudanças passadas, podemos presumir mudanças futuras, gerando informações para o planejamento territorial e novas pesquisas em Geomorfologia Fluvial.

2. Objetivos

Identificar as mudanças morfológicas ocorridas no baixo rio Correntes, entre os anos de 1984 e 2016 e gerar informações sobre as características do rio, analisando possíveis alterações na morfologia do canal a partir da construção da UHE Ponte de Pedra.

3. Material e Métodos

De acordo com SEMA (2005), a nascente do rio Correntes localiza-se entre a serra da Saudade e de Maracaju, a uma altitude de 750 metros, percorrendo aproximadamente 245 km até sua foz na confluência com o rio Piquiri, à altitude de 154 metros. Sua bacia hidrográfica localiza-se entre os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, possuindo uma área de aproximadamente 5.410 Km², sendo 3.279 Km² em MS e 2.131 Km² em MT (**Figura 1**). Engloba ainda quatro municípios, os sul-mato-grossenses Sonora e Pedro Gomes, e os mato-grossenses Itiquira e Alto Araguaia. Contudo, apenas o município de Sonora possui seu núcleo urbano na área da bacia, o que representa uma população de 17.019 habitantes, conforme IBGE (2014).

No planalto, o rio Correntes corre encaixado entre rochas das Formações Marília, Botucatu, Furnas, Coberturas Detritico-Laterítica e Aluviões Holocênicos. Destacam-se três feições geomorfológicas, o planalto de Taquari-Itiquira, as Chapadas e, em alguns pontos, planícies fluviais que atingem até dois quilômetros de largura. Entre os solos, destacam-se as ordens de Latossolos e Neossolos com textura variante entre média e arenosa. Há um forte predomínio de atividades agrícolas, sobretudo com cultivo de soja, arroz, milho e cana-de-açúcar, sendo o município de Sonora um dos maiores produtores da região.

À altura da antiga estrada Campo Grande - Cuiabá, rio Correntes adentra em um túnel natural de aproximadamente 800 metros de comprimento, passando por baixo da estrada, SEMA (2005). Este fenômeno cárstico ocorre em rochas da Formação Furnas, as quais se destacam os arenitos esbranquiçados e avermelhados, com estratificações cruzadas. Melo et al. (2011), ao estudar o caso do Campo Geral do Paraná, destaca a característica da Formação Furnas em formar relevos cársticos, sobretudo pela ação do processo de dissolução e erosão subterrânea.

Do ponto de vista energético, conforme assinalou Souza Filho (2013), os locais de melhor potencial para aproveitamento hidrelétrico encontram-se nas regiões de maior declividade que, no caso da Bacia do Alto Paraguai, localizam-se no planalto. Dessa forma, o rio Correntes tem sido alvo de diversos empreendimentos hidrelétricos, através da instalação da UHE Ponte de Pedra (176 MW) e das PCH's Aquarius (4,2 MW) e Santa Gabriela (24 MW). Soma-se ainda os empreendimentos em eixo disponível, as PCH's Santa Paula (5,3 MW), Água Enterrada (14,5 MW) e Aquarius II (4,25 MW), Aneel (2015). A UHE Ponte de Pedra possui barragem de aproximadamente 13,8 Km², enquanto que a PCH Aquarius - o mais a jusante de todos os empreendimentos - encontra-se no exutório de uma área de aproximadamente 4.324 km² da bacia do rio Correntes, Souza Filho (2013).

Entre a saída do túnel cárstico e a entrada na planície pantaneira, o rio Correntes corre em um vale escavado nas rochas da Formação Furnas, apresentando um desnível de aproximadamente 210 metros, o que representa um gradiente topográfico 13 m/km. Nesta secção, a água ganha velocidade, formando algumas corredeiras e quedas d'água, SEMA (2005). Entretanto, é importante destacar que com a instalação e operação da UHE Ponte de Pedra a vazão nesta secção diminuiu, pois se tornou apenas o volume liberado pelos vertedouros, enquanto que o volume principal é captado pelo canal de adução, levado até a casa de força e liberado quilômetros depois, nas proximidades da planície pantaneira (**Figura 2**).

No Pantanal, o Correntes corre em um cinturão de meandros, cercado por uma planície fluvial de aproximadamente 1,5 km de largura. Essa planície localiza-se sobre Aluviões Holocê-

nicos constituídos por camadas sedimentares predominantemente arenosas, coerentes e firmes, advindos do processo de sedimentação do rio Correntes. Nesta planície destaca-se a presença de vegetação ciliar (em contraste aos pastos que a cerca), meandros abandonados (*Meander scar*), barras sedimentares (*Point bar*) e lagos de meandros (*oxbow lake*).

A identificação das mudanças morfológicas foram realizadas entre os anos de 1984 e 2016, fazendo-se uso de imagens orbitais do satélite Landsat TM 5, de Setembro de 1984, e do recém-lançado CBERS 4, câmera pancromática de 10 metros de resolução espacial, de Maio de 2016. Foram utilizadas as imagens 225/72 do satélite Landsat 8 (2014) e dados SRTM com 30 metros de resolução, tendo resultado na confecção do modelo digital de elevação da bacia do rio Correntes. Destaca-se o fato de os produtos Landsat terem sido adquiridas junto ao portal “Earth Explorer”, em que seu acervo já está corrigido previamente. Contudo, a imagem da câmera PAN 10 do satélite CBERS 4 não são corrigidas previamente, sendo necessária a execução do processo de georreferenciamento.

O georreferenciamento da imagem do satélite CBERS 4 foi executado no software QGIS, seguido do ajustamento da composição colorida R1G3B2, ressaltando os aspectos morfológicos do canal. Na imagem 225/72 do satélite Landsat TM 5, foi realizada o processo de realce e composição colorida R5G4B3, mesmo processo seguido para a imagem 225/72 do satélite Landsat 8, com composição colorida R6G5B4. Os dados vetoriais contendo os limites da bacia do rio correntes e sua rede de drenagem foram fornecidos pela Empresa Tractebel Energia, enquanto que os dados estatísticos de vazão foram adquiridos no Portal do ONS.

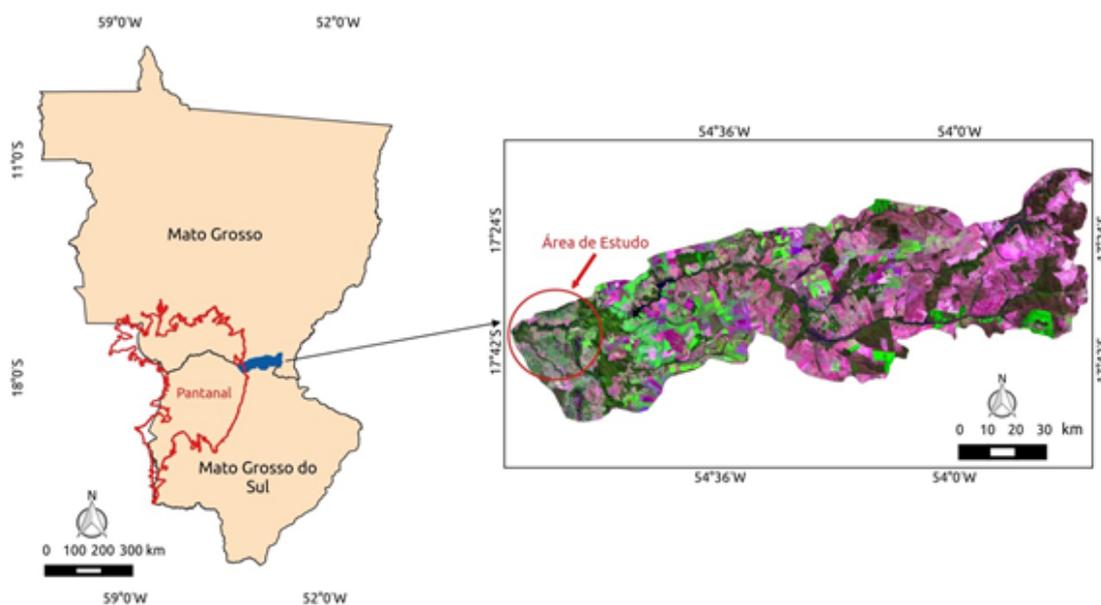


Figura 1 – Mapa de localização da bacia do rio Correntes e da área de estudo no baixo curso do rio Correntes, localizado entre a entrada na planície pantaneira e sua foz no rio Piquiri.

Com essas informações, foi concebido um banco de dados geográficos em que se criaram novos vetores, identificando cursos d’água até então não vetorizados e mapeando os trechos do rio Correntes onde houve modificações significativas, além da confecção de mapas da bacia.

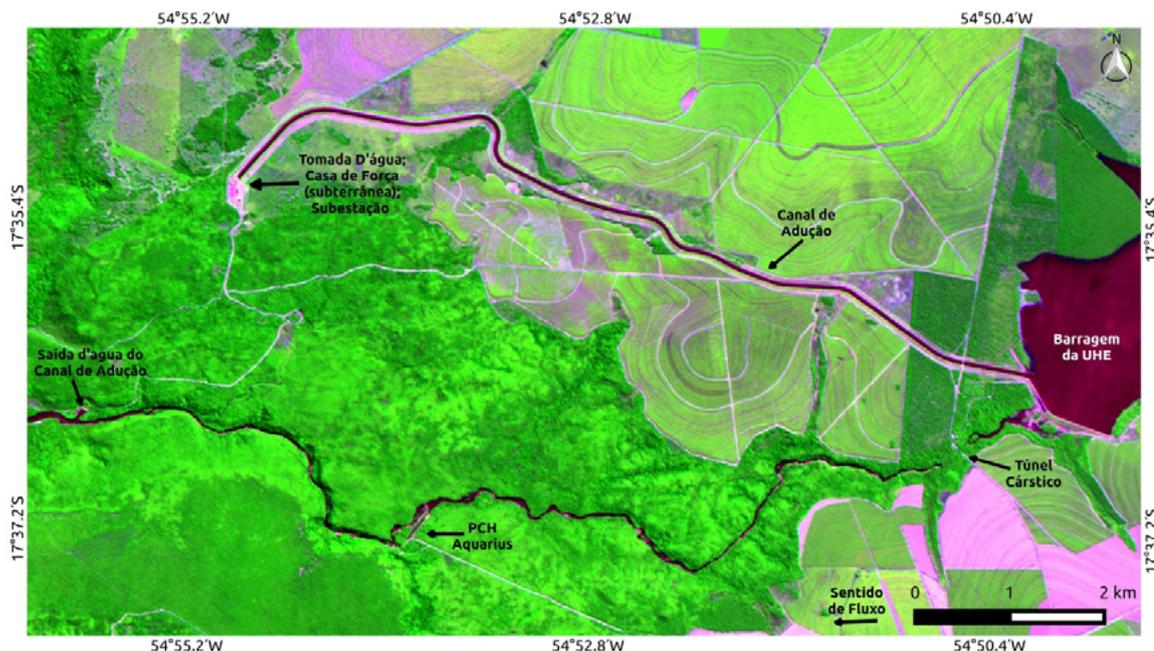


Figura 2 – A estrutura da UHE Ponte de Pedra altera profundamente a dinâmica hidrossedimentológica do trecho entre o túnel natural e a saída do túnel de fuga, pois nesta secção o volume de água é restrita a vazão liberada pelo vertedouro da barragem. (CBERS 4, composição R1G3B2, maio de 2016).

4. Resultados e Discussão

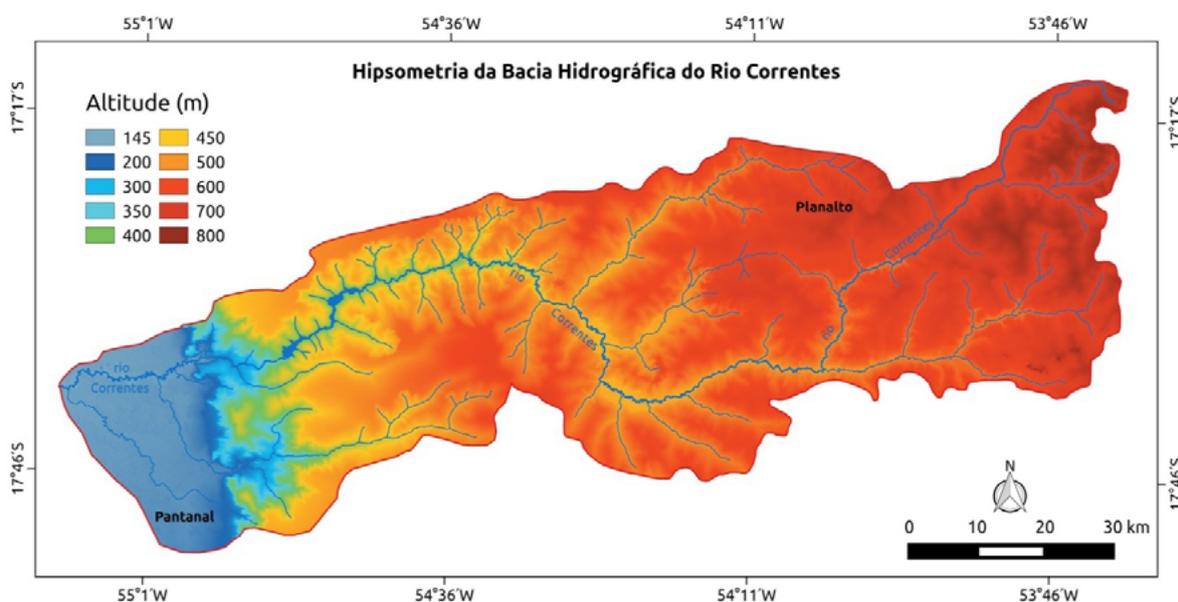


Figura 3 - Mapa hipsométrico da bacia do rio Correntes. No planalto o gradiente topográfico médio é de 2,26 m/km, enquanto que próximo a entrada do Pantanal até a foz é de apenas 0,12 metros/km.

O baixo curso do rio Correntes, localizado entre a sua entrada na planície pantaneira e sua foz no rio Piquiri, possui aproximadamente 41 km de extensão, apresentando Gradiente Topográfico de apenas 0,12 metros/km, em contraste ao gradiente médio de 2,26 m/km identificado no planalto (Figura 3). Conseqüentemente, a sinuosidade neste trecho é acentuada, com índice de

2,12, o que o caracteriza como meandrante.

Se comparados à dinâmica no planalto, os processos de migração lateral e a jusante desenvolvem-se rapidamente, dotando a planície fluvial de novas feições meândricas. Dessa forma, são de fácil reconhecimento feições meândricas que remetem a um estágio de desenvolvimento da planície fluvial no passado, principalmente pela presença de meandros abandonados. Por serem testemunhas da morfologia fluvial no passado e reflexo da dinâmica do canal, a identificação dos meandros abandonados e dos processos que levaram ao seu corte permitem a consecução de conhecimentos capazes de presumir novas mudanças, orientando o planejamento e ordenamento do território.

Do ponto de vista hidrológico, a instalação da UHE Ponte de Pedra gera influências no canal fluvial a montante e jusante da barragem. Conforme assinalado por Coelho (2008), os impactos a montante do represamento podem ser sentidos através da deposição de sedimentos, redução da velocidade da corrente e subida no nível das águas. No reservatório há o armazenamento de carga sólida e líquida, conseqüente tendência ao assoreamento e redução da vida útil da barragem e aumento da taxa de infiltração, com maior disponibilidade de água subterrânea. A jusante da barragem é sentida as maiores influências, como o controle da regularização das descargas fluviais, redução da carga sólida, alteração nas taxas de infiltração e, conseqüentemente, na disponibilidade de água subterrânea, entre outros

Neste sentido, ao analisar os dados de vazão d'água disponibilizados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), percebe-se uma tendência à regularização das descargas fluviais após o início da operação da UHE Ponte de Pedra (**Figura 4**).

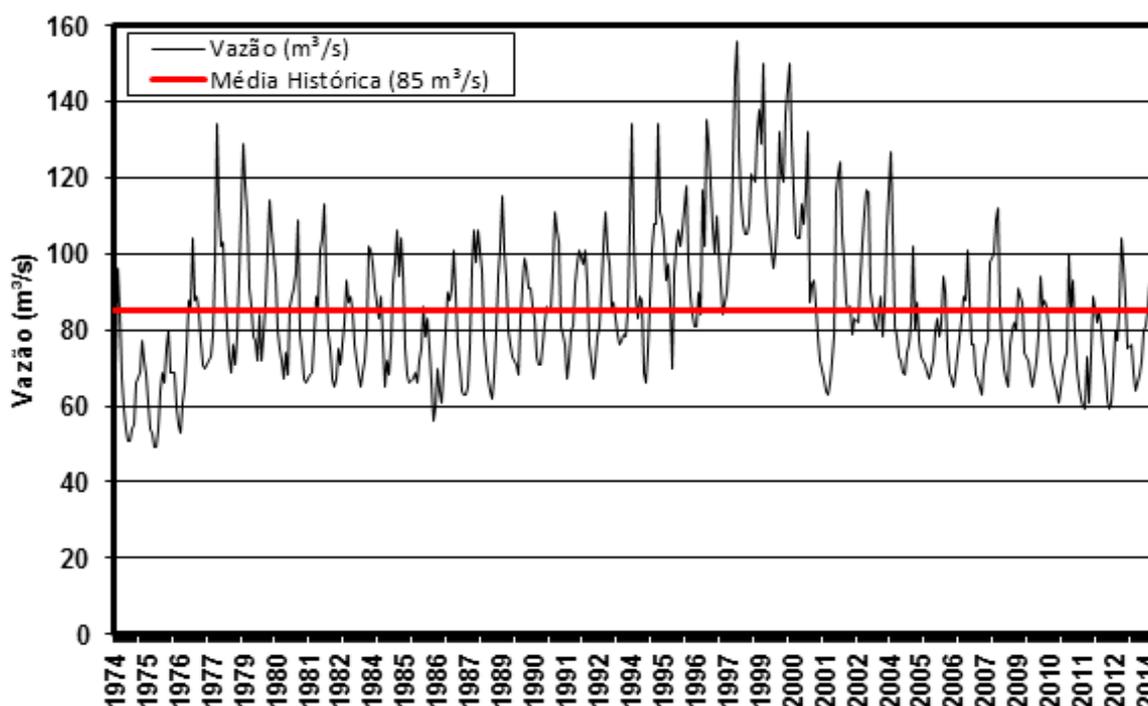


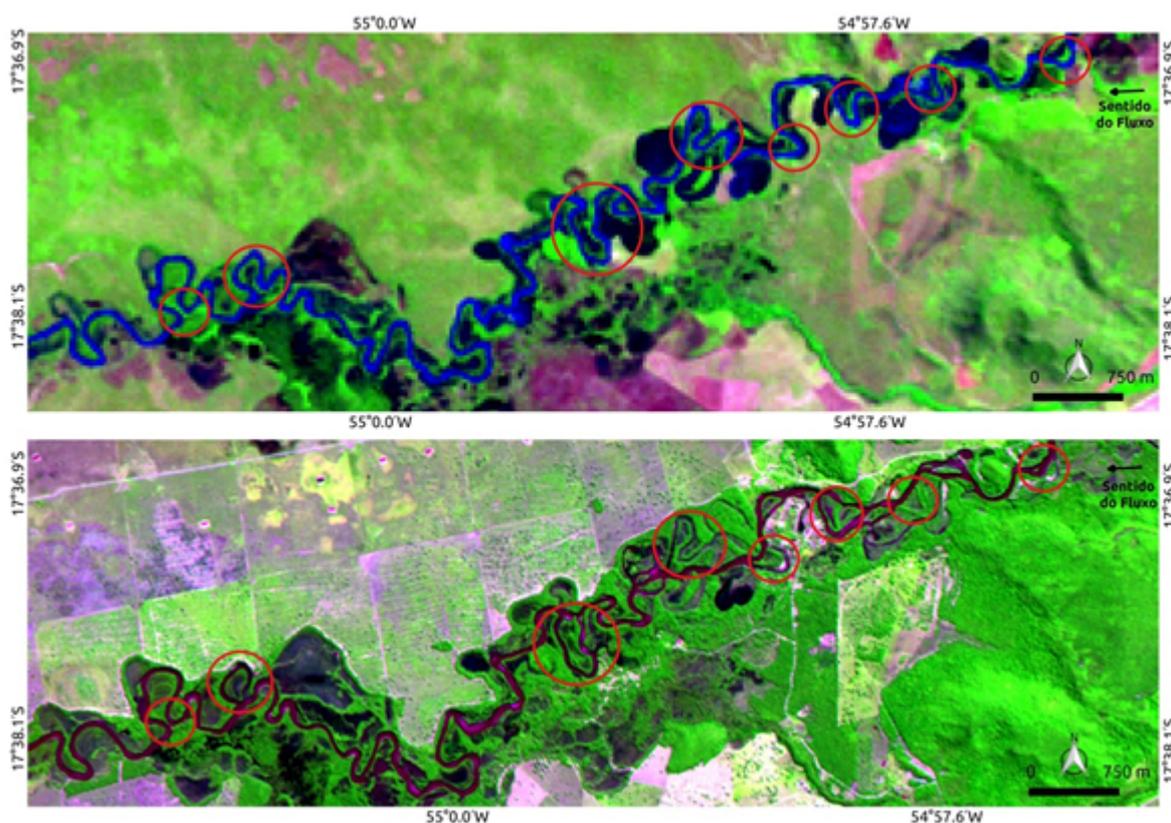
Figura 4 – Variação da vazão entre 1974 e 2014. Percebe-se que, após o início da operação da barragem da UHE Ponte de Pedra (2005), houve alteração na vazão. Fonte: O.N.S.

Entre 1974 e 2014 a vazão máxima já registrada refere-se a março de 1998 no valor de 156 m³/s, já a vazão mínima registrada é de 49 m³/s de agosto de 1975, enquanto que a vazão média neste período é de 85 m³/s. Conforme notado na figura acima, após o início das operações da

UHE Ponte de Pedra, ocorrido em 2005, percebe-se uma menor variação das vazões médias mensais, aproximando-se da média histórica, o que indica uma tendência à regularização das descargas fluviais.

O reconhecimento da morfologia do rio Correntes nos anos de 1984 e 2016 e a consequente comparação entre ambos possibilitou a identificação de curvas que apresentaram mudanças. No trecho são perceptíveis diversos processos de migração de meandros, destacando-se a expansão, o que indica predomínio de processos erosivos na margem côncava.

A contínua expansão dos meandros pode ocasionar o aumento e/ou a diminuição da sinuosidade do canal. Isto se deve ao fato de que a expansão resulta no aumento do raio de curvatura da curva, aumentando a sinuosidade. Em alguns casos, a expansão das curvas pode ocasionar o corte do meandro (*cutoff*), com consequente formação de lagos de meandros (*oxbow lake*) e diminuição da sinuosidade. Neste sentido, Christofolletti (1981) aponta que o raio de curvatura das curvas meândricas são inversamente relacionadas, isto é, o aumento da curvatura de determinado meandro resulta na diminuição da curvatura da curva adjacente.



No espaço de tempo de 32 anos, foram identificadas algumas curvas com mudanças significativas (**Figura 5**) em que o processo de expansão ocasionou o corte do meandro, ou ampliou a sinuosidade ao ponto de tornar-se uma questão de tempo o corte de meandro em algumas

A curvas.

Ao visualizar as imagens orbitais de 1984 e 2016, é possível notar diversas curvas com processo de corte de meandro. A vetorização do canal do baixo curso do rio Correntes nos permite perceber as mudanças ocorridas no canal em 32 anos, **Figura 6**, e em

Figura 5 – Comparando-se as figuras A (Landsat TM -5, R5G4B3, de 1984) e B (CBERS 4, PAN 10, R1G3B2, de 2016), percebe-se a ocorrência de diversas mudanças na morfologia do canal, dotando a planície fluvial de novas feições.

detalhe na **Figura 7** dois pontos de destaque.

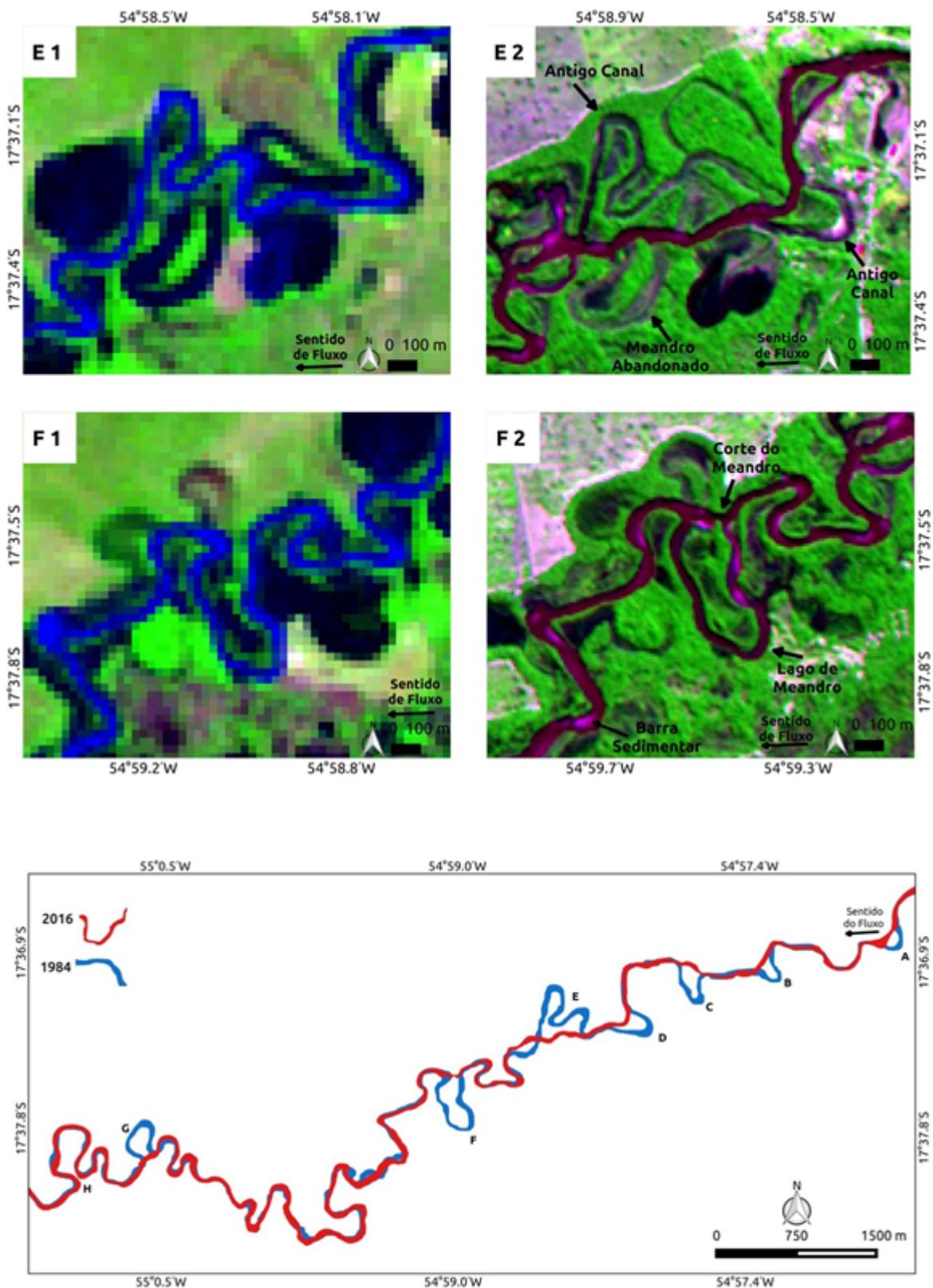


Figura 6 – Migração das curvas do baixo rio correntes entre os anos de 1984 e 2016. Entre as curvas A-G o processo de migração lateral e a jusante ocasionou a expansão do raio de curvatura da curva, levando o meandro ao corte. Na curva H é possível presumir um futuro corte de meandro.

A comparação do canal do rio correntes no espaço de tempo de 32 anos demonstra o predomínio de processo erosivo acelerado nas curvas côncavas, levando ao corte de meandro (curvas A, B, C, D, E, F e G). Na curva H nota-se que houve aumento do raio de curvatura e, conseqüentemente, fica evidente que ocorrerá o corte de meandro, diminuindo ainda mais a sinuosidade do canal. Na **Figura 7**, buscou-se destacar as curvas E e F pois são bastante perceptíveis as mudanças morfológicas ocorridas nesse trecho.

Ao comparar as curvas meândricas, percebe-se que a sinuosidade no baixo rio Correntes variou entre os anos de 1984 e 2016, com índices de 2,28 e 2,12, respectivamente, sinalizando uma tendência de retificação. Essa tendência reflete o ajuste do canal fluvial em relação aos fatores hidrossedimentológicos que o condicionam. Por sua vez, este ajuste é realizado continuamente, entretanto intervenções humanas - como a instalação de uma UHE - podem influenciar de diversas maneiras, como por exemplo, no regime de transporte de sedimentos.

Conforme assinalado por Souza Filho (2013), os sedimentos de carga de fundo serão retidos em todas as barragens, enquanto que a retenção dos sedimentos em suspensão dependerá de diversos fatores, como o comprimento do reservatório, tempo de residência, características físico-químicas das águas, etc. Dessa forma, haverá diminuição do aporte de sedimentos que adentram no pantanal, entretanto este dado não pode ser quantificado adequadamente, pois há escassez de informações.

Contudo, de acordo com a tendência à retenção de sedimentos pelas barragens, pode-se concluir que com a falta de suprimento detrítico e a manutenção dos outros fatores condicionantes da velocidade das águas, haverá um aumento da potência da corrente, levando o canal ao processo de ajuste, idem (2013). Este ajuste é realizado por meio do aumento da erosão marginal, potencializando o processo de migração lateral e a jusante das curvas meândricas, justificando os cortes de meandro e a diminuição da sinuosidade do baixo rio Correntes.

5. Conclusões

Com recurso do sensoriamento remoto, os estudos das mudanças morfológicas dos rios meandrantes tem obtido um salto em quantidade e qualidade, compondo-se como ferramenta viável e segura. Entretanto, tal ferramenta não se satisfaz sozinha, sendo necessário, dentre outros esforços, pesquisa bibliográfica e trabalho de campo.

Fazendo-se uso destes meios, foram notadas mudanças no raio de curvatura das curvas meândricas num período de 32 anos, destacando-se o processo de expansão, ocasionando ao longo do tempo o aumento e/ou a diminuição da sinuosidade do canal. Esse processo é possível devido às características de rios meandrantes, mas que podem ser acelerados a partir de interferências antrópicas.

As modificações ocorridas nos últimos 32 anos foram identificadas, e suas causas podem estar relacionadas às influências exercidas pelo barramento do canal pela UHE Ponte de Pedra. Entretanto, o nível de informações presentes na atualidade não são suficientes para conclusões definitivas. Neste sentido, planejam-se novas pesquisas na região visando não só a dinâmica fluvial, mas o uso e ocupação do solo na bacia e sua influência no sistema fluvial.

Destaca-se o fato desta pesquisa contribuir na identificação da dinâmica do rio Correntes e sua bacia, e nas influências que barramentos para aproveitamento energético podem exercer nos canais fluviais, visto que a Bacia do Alto Paraguai é objeto de diversos empreendimentos e comporta um ecossistema particular e complexo, o Pantanal. Neste sentido, estudos que colaboram na identificação da dinâmica fluvial antes e após a instalação de empreendimentos hidrelétricos poderão colaborar no reconhecimento dos impactos e seus efeitos para a planície pantaneira.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte institucional da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - Câmpus do Pantanal; à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT (processo 083/2016), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (processos 447402/2014-5 e 448923/2014-9) e também pela bolsa de pesquisador (PQ2) para Aguinaldo Silva (312.386/2014-1).

7. Referências

- ANA; GEF; PNUMA; OEA. Implementação de práticas de gerenciamento integrado de bacia hidrográfica para o Pantanal e bacia do alto Paraguai: diagnóstico analítico do Pantanal e bacia do alto Paraguai. Relatório Final. Brasília-DF, 2003. Disponível em: <<http://iwlearn.net/iw-projects/583/reports/diagnostic-analysis-of-the-basin-spanish>>. Acesso em: 03 jun. 2016.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. PCH's do estado do Mato Grosso: Eixo Disponível. Brasília-DF, 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/Doc/Publicacao_PCH_MT_EixoDisponivel.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2016.
- COELHO, A. L. N.; CUNHA, S. B.; SOUZA, C. A. Efeitos na morfologia Fluvial provocados pelo barramento da UHE Santo Antônio no rio Madeira. Revista Geonorte, v.10, n.1, p.18–24, 2014. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/viewFile/1433/1318>>. Acesso em: 13 dez. 2015.
- COELHO, A. L. N.; Geomorfologia Fluvial de rios impactados por barragens. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v.9, n.26, p. 16-32, 2008. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15721>>. Acesso em: 07 dez. 2015.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia Fluvial. Volume 1. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 1981.
- DNOS. Estudos Hidrológicos da Bacia do alto Paraguai. Rio de Janeiro: Programa das Nações Unidas para Desenvolvimento, 1974.
- SOUZA FILHO, E. E. S.; As barragens na bacia do rio Paraguai e a possível influência sobre a descarga fluvial e o transporte de sedimentos. Boletim de Geografia, Maringá, v. 31, n. 1, p. 117-133, 2013. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/13638>>. Acesso em: 01 jul. 2016.
- GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da; Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 9º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Projeções da população. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm>. Acesso em: 13 maio. 2016.
- LANGBEIN, W. B.; LEOPOLD, L. B. River Meanders: Theory of Minimum Variance. Physiographic And Hydraulic Studies Of Rivers. Washington: 1966. 21p.
- LEOPOLD, L. B., and WOLMAN, M. G. River channel patterns: braided, meandering, and straight, U.S. Gout. Print. Off., Washington, 1957.
- MELO, M. S. de; GUIMARÃES, G. B.; PONTES, H. S.; MASSUQUETO, L. L.; FIGURIM, I.; BAGATIM, H. Q.; GIANNINI, P. C. F. Carte em rochas não-carbonáticas: o exemplo dos arenitos da Formação Furnas, Campos Gerais do Paraná/Brasil e as implicações para a região. Espeleo-Tema, Campinas-SP, v.22, n.1. 2011. Disponível em: <http://www.sbe.com.br/espeleo-tema/espeleo-tema_v22_n1_081-097.pdf>. Acesso em: 15 de Jun. 2016.
- SEMA – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Relatório de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai/MS 2004. Campo Grande-MS, 2005. Disponível em: <<http://www.servicos.ms.gov.br/imasuldownloads/relatorios/2004/relatorio2004.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2016.
- O.N.S. – Operador Nacional do Sistema Elétrico. Série de Vazões Naturais Médias Mensais. 2014. Disponível em: <http://www.ons.org.br/operacao/vazoes_naturais.aspx>. Acesso em: 01 jul. 2016.



Modelagem geoespacial das perdas de solo em pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da bacia do alto Taquari (MT/MS)

Sérgio Galdino ¹
Mara de Andrade Marinho ²
Sérgio Gomes Tôsto ¹

¹ Embrapa Monitoramento por Satélite
Av. Soldado Passarinho, 303 – Fazenda Chapadão
13070-115 – Campinas – SP, Brasil
{sergio.galdino, sergio.tosto}@embrapa.br

² Faculdade de Engenharia Agrícola – FEAGRI/UNICAMP
Av. Cândido Rondon, 501 - Cidade Universitária Zeferino Vaz
13083-875 - Barão Geraldo - Campinas – SP, Brasil
mara.marinho@feagri.unicamp.br

Resumo. Um dos maiores problemas ambientais e socioeconômicos do Pantanal é o assoreamento do rio Taquari, decorrente principalmente da erosão acelerada de solos arenosos ocupados com pastagens degradadas na parte alta da bacia. A recuperação das pastagens degradadas constitui uma das prioridades do Governo Federal, inclusive no âmbito do Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura (Programa ABC). Com a recuperação e o aumento da produtividade das áreas de pastagens implantadas espera-se diminuir a pressão para o desmatamento de novas áreas no Brasil, tornando-se particularmente importante para as terras localizadas no entorno do Pantanal e no bioma Amazônia. Dentre os modelos mais utilizados para estimar a taxa média anual de perda de solo destacam-se a Equação Universal de Perda de Solo (USLE) e sua sucessora a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (RUSLE). Neste trabalho ajustaram-se os fatores da USLE/RUSLE às condições da bacia do alto Taquari (BAT) e estimaram-se as taxas anuais de perda de solo por erosão hídrica para diagnóstico da erosão acelerada. O estudo compreendeu as áreas de pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da BAT. Todo trabalho foi realizado em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG). A taxa média de perda de solo nas pastagens da BAT foi estimada em 9,638 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, no limite inferior da tolerância de perda de solo para solos pouco desenvolvidos de textura arenosa, entretanto o avançado estágio de degradação por assoreamento da bacia indica necessidade de pronta intervenção para que o processo seja mitigado.

Palavras-chave: geotecnologia, planejamento conservacionista, modelagem da erosão, sistema de informações geográficas, Pantanal, USLE/RUSLE.

Abstract. One of the major environmental and socioeconomic problems of the Brazilian Pantanal biome is the silting up of the Taquari River basin, which is mainly due to the erosion of the sandy soils at higher areas of the river basin that are covered by degraded pastures. Recovering degraded pastures is a priority for the Brazilian Federal Government, which created the National Plan for Low Carbon Emissions in Agriculture (ABC Plan). It is expected that an increase in pasture productivity will lead to less pressure to deforest new areas in Brazil, and is especially important for areas around the Pantanal and Amazon biomes. Among the models mostly used to estimate the average annual soil loss rate are the Universal Soil Loss Equation (USLE) and its successor, the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). In this work we adjusted the USLE/RUSLE factors to the local conditions of the Alto Taquari River Basin (BAT), and estimated the annual rates of soil loss caused by water erosion in order to detect accelerated erosion. The study encompassed cultivated pasture areas at BAT's Typic Quartzipsamment soils. The whole work was performed within a geographic information system (GIS) environment. The average soil loss rate estimated for the BAT's pastures was of 9.638 Mg ha⁻¹ year⁻¹, which is at the lower limit of the tolerance for underdeveloped sandy soils. However, the advanced degradation caused by the basin's silting up indicates a need for prompt intervention in order to minimize the problem.

Key-words: geotechnology, conservation planning, modeling erosion, Geographical Information System, Pantanal biome, USLE/RUSLE.

1. Introdução

Um dos maiores impactos ambientais e socioeconômicos do Pantanal Brasileiro é a intensificação dos processos erosivos nas áreas de planalto, onde nascem os rios da bacia do alto Paraguai (BAP). O maior exemplo é o assoreamento do rio Taquari. A principal causa desse assoreamento foi a expansão desordenada da agropecuária na bacia do alto Taquari (BAT) a partir da década de 1970 (Galdino e Vieira, 2005).

O uso predominante das terras da BAT se dá com pecuária bovina em pastagens cultivadas do gênero *Brachiaria* (Silva e Santos, 2011). Muitas áreas de pastagens cultivadas em solos arenosos apresentam-se degradadas, com exposição do solo e ocorrência de plantas invasoras. A erosão acelerada dessas áreas constitui a principal fonte de sedimentos que atingem os cursos d'água da bacia e assoreiam o rio Taquari no Pantanal (Galdino e Vieira, 2005). As pastagens na BAT são cultivadas em associações de solos com predomínio da classe NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS Órticos (RQ) (Embrapa, 2006). Em 2010, 66,3% da área de RQ estavam ocupadas com pastagens, correspondendo a 30,1% da superfície da bacia (Galdino et al., 2013). Cerca de 2/3 dessas pastagens, apresentava então algum nível de degradação por erosão (Galdino et al., 2013).

A recuperação das pastagens degradadas constitui uma das prioridades do Governo Federal. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu o Programa para Redução da Emissão de Gases de Efeito Estufa na Agricultura, conhecido por Programa ABC (Agricultura de Baixo Carbono), que prevê a destinação de investimentos a projetos de recuperação de pastagens degradadas (Brasil, 2012). Com o aumento da produtividade das pastagens (crescimento vertical), é esperada diminuição da pressão para a abertura de novas áreas naturais (crescimento horizontal), o que é particularmente importante para a conservação das terras localizadas nos planaltos da BAP e no bioma Amazônia.

Modelos matemáticos de predição de erosão são ferramentas usuais da pesquisa voltada à recomendação de práticas agrícolas conservacionistas. O diagnóstico da erosão em dado local auxilia a identificação das áreas mais críticas e traz subsídios aos programas voltados ao planejamento do uso das terras.

Um dos modelos mais utilizado em todo o mundo para estimar a perda média anual de solo é a Equação Universal de Perda de Solo (*Universal Soil Loss Equation* - USLE), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978). O modelo adaptado da USLE para uso no Brasil é conhecido como EUPS (Bertoni e Lombardi Neto, 1999). No intuito de melhorar as estimativas das perdas

de solo por meio da USLE, foi desenvolvida a Equação Universal de Perda de Solo Revisada (*Revised Universal Soil Loss Equation - RUSLE*) (Renard et al., 1997).

2. Objetivo

O objetivo geral deste trabalho foi proceder ao diagnóstico da erosão nas áreas de pastagens sobre NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS na BAT a partir da modelagem e interpretação da erosão do solo como subsídio ao manejo conservacionista e uso sustentável na bacia.

3. Material e Métodos

3.1. Área de estudo

Este estudo compreendeu as áreas de pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS na bacia do alto Taquari (BAT) no ano de 2010. Essa classe de solo foi extraída do mapa de solos do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP (Santos et al., 1997).

A BAT apresenta área aproximada de 28.000 km². Mais de 86% da superfície da bacia situa-se no Estado de Mato Grosso do Sul e cerca de 14% no Estado de Mato Grosso (Galdino e Vieira, 2005). A BAT integra os planaltos da BAP, a oeste do Pantanal Brasileiro, entre as latitudes 19°39'20" e 17°14'20" sul e longitudes 55°02'47" e 53°08'35" oeste (**Figura 1**).

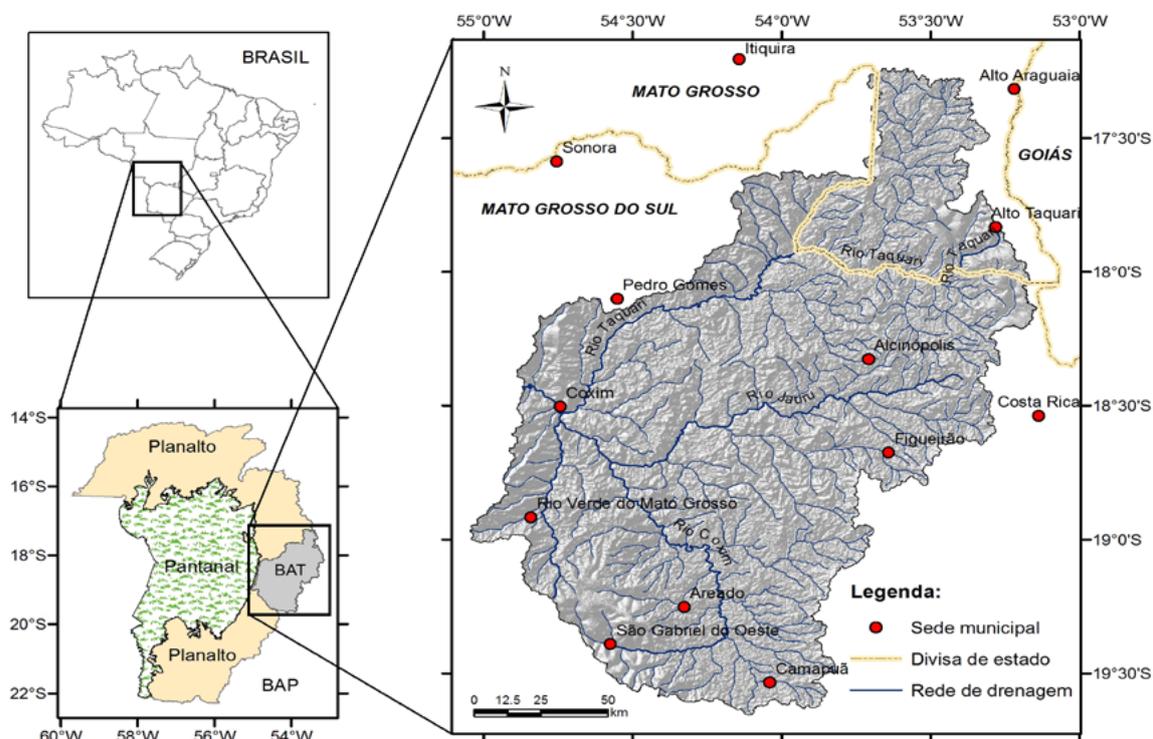


Figura 1. Mapa da bacia hidrográfica do alto Taquari (BAT) com sedes municipais, divisas estaduais e rede de drenagem, e sua localização na BAP e no Brasil.

Galdino et al. (2004) dividiram a BAT em quatro sub-bacias. A sub-bacia do rio Taquari (12.055 km²) compreende a área de drenagem do rio Taquari a montante da confluência com o

seu principal afluente, o rio Coxim. A sub-bacia do rio Coxim (7.442 km²), com seção de controle a montante do seu mais importante tributário, o rio Jauru. Também foram consideradas as sub-bacias do rio Jauru (6.394 km²) e do Taquari-Mirim (1.476 km²).

O clima da BAT é do tipo Aw segundo a classificação de Köppen (Silva e Santos, 2011), com chuva anual média de 1.440 mm e com mais de 80% da precipitação anual concentrando-se nos meses de outubro a março (Galdino e Marinho, 2011).

As terras na BAT, em 2000, eram usadas principalmente com pastagens plantadas, que recobriam cerca de 55% da bacia (Silva e Santos, 2011). Os cultivos anuais, principalmente soja e milho, ocupavam aproximadamente 336.000 ha ou cerca 12% das terras da BAT. Cerrado e mata eram, então, as principais classes de vegetação natural, recobrando, respectivamente, 17,41% (487.500 ha) e 11,68% (327.000 ha) da superfície da bacia (Silva e Santos, 2011).

O relevo é composto por planaltos, planaltos residuais, sempre circundados por escarpas, às vezes, configurando frentes de cuesta dissimuladas pelas atividades erosivas e depressões (Silva e Santos, 2011). A altitude média é de 449 m, variando entre 177 m e 920 m. A classe de declividade predominante, que ocorre em cerca de metade da área total da BAT, situa-se entre 3% e 8% (relevo suave ondulado). Relevo ondulado (com declividades entre 8% e 20%) ocorre em outros 22% da área da BAT, onde é mais acentuado o risco de erosão das terras. Declividades superiores a 20%, condicionantes de alto risco de processo erosivo e com solos muito susceptíveis, cobrem cerca de 5% da superfície da bacia (Galdino, 2012).

3.2. Modelagem da erosão nas áreas de pastagens cultivadas em solos arenosos da BAT

A USLE e a RUSLE são modelos de predição da erosão hídrica do solo mais conhecidos e utilizados mundialmente até os dias de hoje. A EUPS ainda é muito utilizada no Brasil. Embora a estrutura dessas equações seja a mesma, as formas de determinação dos fatores diferem expressivamente. A USLE, EUPS e RUSLE são modelos multiplicativos simples, conforme expresso pela **Equação 1**.

$$A = R K L S C P \quad \text{(Equação 1)}$$

Em que:

A = Perda de solo calculada por unidade de área por tempo, em Mg ha⁻¹ ano⁻¹;

R = Fator “erosividade das chuvas”, em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹;

K = Fator “erodibilidade do solo”, em Mg h MJ⁻¹ mm⁻¹;

L = Fator “comprimento da vertente”, adimensional;

S = Fator “declividade da vertente”, adimensional;

C = Fator “uso e manejo do solo”, adimensional;

P = Fator “práticas conservacionistas do solo”, adimensional.

Para a estimativa do fator **R** pela USLE e RUSLE, são necessários registros de intensidade e duração das chuvas. Entretanto, existe grande carência de pluviógrafos no Brasil. Assim, para estimar a erosividade das chuvas na área de estudo, foi testada a aplicabilidade de uma metodologia alternativa para estimativa do fator **R** desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) para a região de Campinas, SP. Essa metodologia, recomendada pela EUPS (Bertoni e Lombardi Neto, 1999), tem sido muito difundida no Brasil (Galdino, 2015; Galdino et al., 2014; Oliveira et al., 2012; Silva, 2004), visto que utiliza apenas valores mensais e anuais de volume de chuva, que podem ser obtidos prontamente por meio do site Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA). Para a BAT e o entorno, foram selecionados 20 postos pluviométricos com dados do período entre 1969 e 2010, sendo que os postos selecionados apresentavam pelo menos 23 anos de registros anuais completos. Para avaliar a aplicabilidade dessa metod-

ologia para uso na região, foi realizada comparação dos totais anuais de precipitação média, da distribuição mensal das precipitações e dos índices mensais de erosão de Campinas, SP, e da região da BAT e entorno. Foram determinados coeficientes de correlação linear simples (r) entre as médias mensais de chuva dos postos da ANA com os registros de chuva de Campinas, no período de 1954 a 1975. Os valores de r obtidos foram elevados e variaram, de 0,9092 a 0,9828, com média de 0,9651. A precipitação média anual em Campinas foi de 1.359 mm e os postos da ANA apresentaram média de 1.444 mm. A grande semelhança no regime pluviométrico caracterizado para Campinas no período entre 1954 e 1975 em relação àquele caracterizado com base nos registros dos postos da ANA localizados na área de estudo repete-se na distribuição mensal da precipitação dessas duas regiões. Tais resultados foram considerados satisfatórios para o emprego da metodologia da EUPS nos dados da BAT e entorno. Para a espacialização do fator R , foram seguidos os procedimentos de Galdino et al. (2014), utilizados para o mapeamento da erosividade das chuvas na bacia do Alto Paraguai/Pantanal. A partir da estimativa da erosividade de cada posto pelo método de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), foi feita a interpolação dos valores do fator R no ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) ArcGIS (ESRI, 2005) usando o método do inverso do quadrado da distância (IQD), visando a espacialização dos valores de R . Ainda no ArcGIS, foram calculados polígonos de Thiessen a partir das coordenadas geográficas dos postos pluviométricos e foram delimitadas áreas de influência para cada posto. Finalmente foi calculado o valor médio de erosividade anual, ou o fator R , por polígono de Thiessen. O arquivo final em formato *raster*, apresentou resolução aproximada de 30 m por 30 m.

Para o fator erodibilidade do solo (fator K), foi considerado um único valor, obtido da análise de valores de K estimados por Galdino (2012) para nove áreas de NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da BAT, empregando a metodologia de Denardim (1990). O valor de K foi de $0,0292 \text{ Mg h MJ}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ é coerente com as informações de erodibilidade de solos arenosos disponíveis na literatura.

O produto dos fatores L e S é comumente denominado fator topográfico ou fator LS . Um dos algoritmos mais difundidos para estimar o fator LS a partir de SIG foi desenvolvido por Desmet e Govers (1996), a partir da metodologia de Foster e Wischmeier (1974). Esse algoritmo emprega o conceito de contribuição de área e requer a geração de um mapa de fluxo acumulado. Para cada pixel, calcula-se a declividade, a direção de fluxo e a quantidade de fluxo acumulada a montante daquele pixel. Dessa maneira, o fator topográfico para vertentes complexas, presentes em bacias hidrográficas pode ser facilmente calculado. Para estimar o fator LS foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM/TOPODATA (Valeriano, 2008), disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), no endereço eletrônico <http://www.dsr.inpe.br/topodata/>. Os dados do TOPODATA foram obtidos por processamento computacional para refinamento no tamanho da célula (pixel) para aproximadamente 30 m. Para o mapeamento do fator LS usando o método de Desmet e Govers (1996), foi utilizado o MDE da BAT e o software USLE2D. No cálculo do fator S , foi empregado o algoritmo de McCool et al. (1987), que é o recomendado para a RUSLE.

Para o fator de uso e manejo do solo (fator C) nas áreas de pastagens em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da BAT em 2010, foi considerada a distribuição espacial dos diferentes níveis de degradação das pastagens e seus correspondentes valores do fator C obtidos por Galdino et al. (2012) usando a RUSLE.

O fator práticas conservacionistas do solo (fator P) no presente estudo foi considerado unitário, ou seja, considerou-se que nessas áreas não é adotada nenhuma prática conservacionista de solo.

4. Resultados e Discussão

4.1. Mapeamentos da erosividade das chuvas (fator *R*) e do fator topográfico (fator *LS*)

A erosividade média anual ponderada pelas áreas dos polígonos de Thiessen definidos nas áreas de pastagens cultivadas em solos arenosos da BAT em 2010 foi estimada como sendo de 7.409 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, variando entre o mínimo de 6.817 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ e o máximo de 8.161 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Na **Figura 2A**, pode-se visualizar a distribuição dos valores médios do fator *R*, por polígono de Thiessen. Observando a figura fica evidente a tendência de aumento dos valores da erosividade das chuvas da região sudoeste para a região nordeste da bacia, tendência que também já havia sido observada anteriormente por Galdino et al. (2004).

O fator topográfico (*LS*) da RUSLE para as áreas de pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da BAT (**Figura 2B**) oscilou de 0 a 1.253, com média de 2,75. A figura mostra que pouco mais da metade dos valores de *LS* está compreendido entre 0 e 2, e que 81,3% das estimativas do fator topográfico foram inferiores a 4. Apenas 4,6% das áreas apresentaram valores de *LS* superiores a 8.

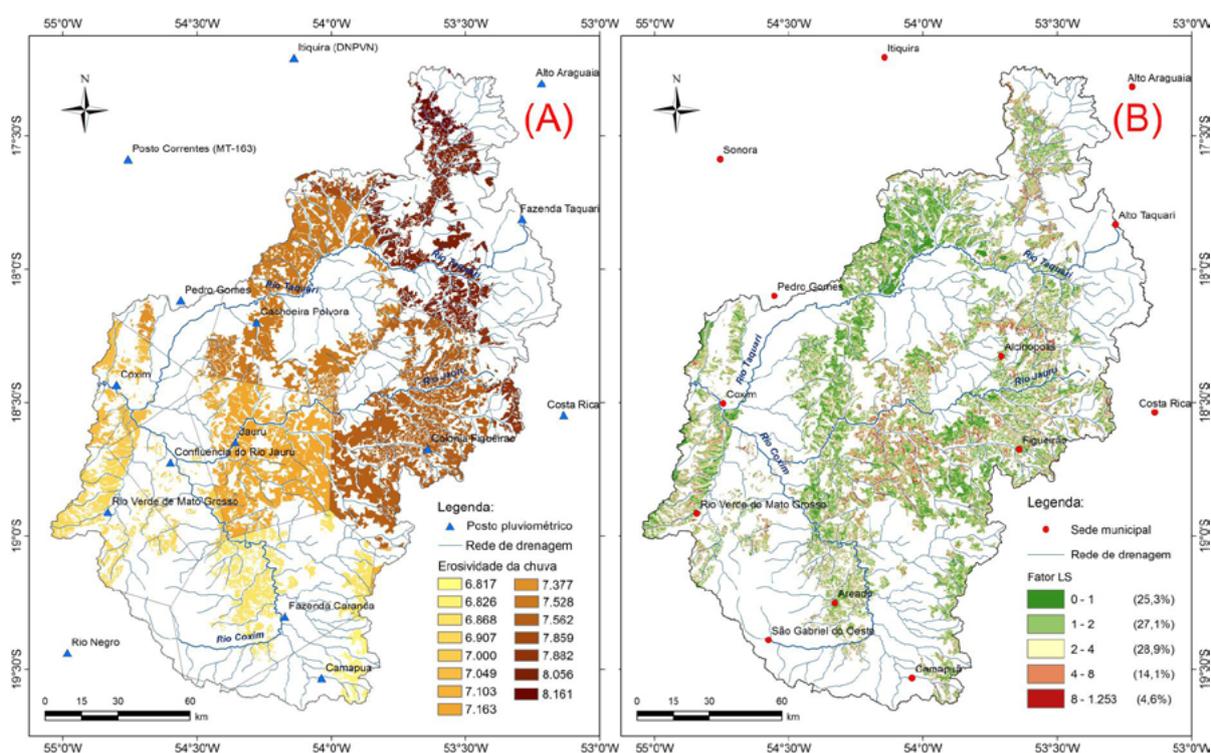


Figura 2. Distribuição do fator *R* (A), em MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, e do fator topográfico (fator *LS*) (B) para as áreas mapeadas em 2010 com pastagens cultivadas em solos arenosos da BAT.

4.2. Mapeamento do fator de uso e manejo do solo (Fator *C*) e das perdas de solo nas áreas de pastagens na BAT

Na espacialização do Fator *C* da RUSLE foi utilizado mapeamento (*shapefile*) de Galdino et al. (2013) das áreas de pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS no ano de 2010 na BAT para três níveis distintos de degradação das forrageiras: pastagens não ou pouco degradadas, pastagens moderadamente degradadas e pastagens muito degradadas (**Figura 3A**). Os valores do fator *C* utilizados na estimativa de perdas de solo foram de 0,0070 para pastagens não ou pouco degradadas, de 0,0143 para pastagens moderadamente degradadas e de 0,0610 para pastagens muito degradadas (Galdino et al., 2012). Pastagens com médio nível de

degradação predominaram nas áreas de pastagem em RQ na BAT em 2010 (57,6%). Cerca de 286 mil hectares (33,6%) das pastagens apresentavam baixo ou nenhum nível de degradação. Aproximadamente 75 mil hectares (8,8%) dos pastos em RQ apresentavam alto nível de degradação e merecem atenção especial quanto ao seu manejo e à adoção de práticas conservacionistas do solo.

As taxas estimadas de perdas de solo variaram entre 0 e 6.422 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, com média ponderada pela área de ocorrência de 9,638 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. O mapa das perdas de solo pode ser visualizado na **Figura 3B**, que mostra que pouco menos da metade (42,4%) dos valores de perda de solo estão compreendidos na faixa entre 0 e 4 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, e que 68,3% das estimativas de perda de solo foram inferiores a 8 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Apenas 7,5% das áreas de pastagens apresentaram valores de perda de solo superiores a 25 Mg ha⁻¹ ano⁻¹.

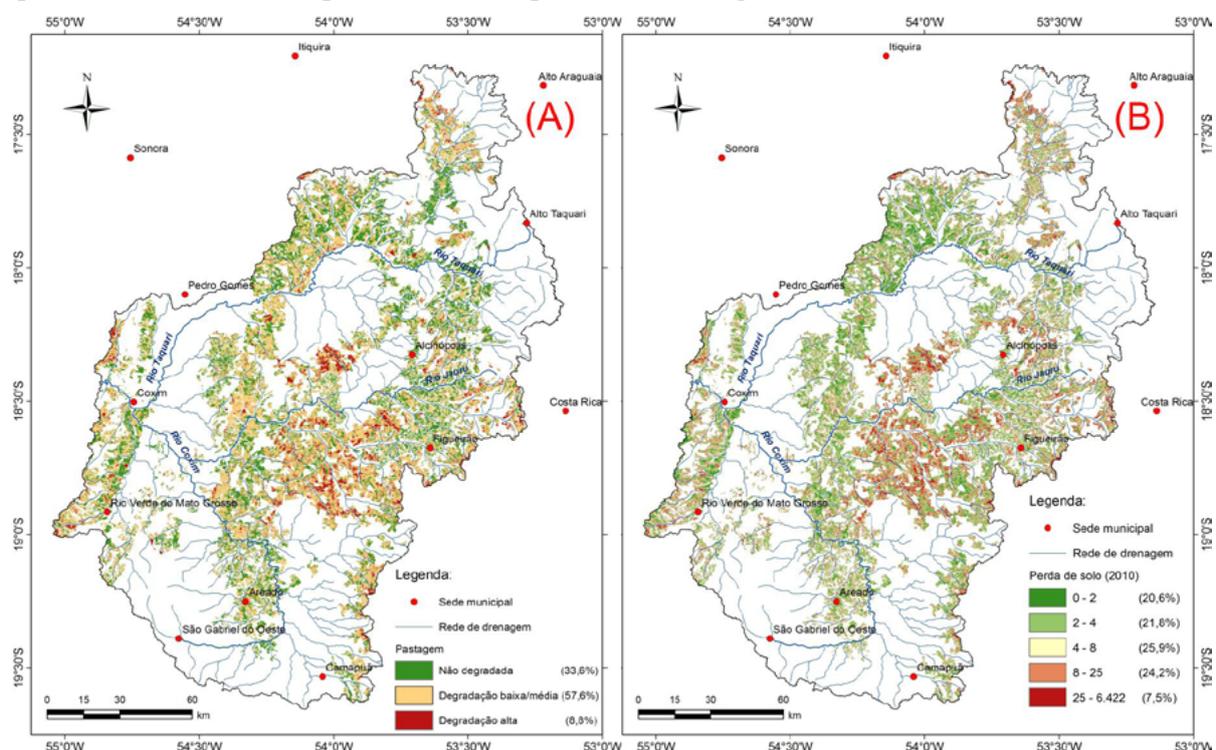


Figura 3. Mapas dos níveis de degradação das pastagens (A) e das perdas de solo (B), em Mg ha⁻¹ ano⁻¹, em pastagens cultivadas em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS da BAT no ano de 2010.

A interpretação das taxas estimadas de perda de solo com base na tolerância de perda de solo por erosão (Valor-T) para solos arenosos do Estado de São Paulo, definidos por Bertoni e Lombardi Neto (1999) como sendo de 13 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, evidenciou que 82,3% do montante das áreas de pastagens em NEOSSOLOS QUARTZARÊNICOS apresentaram perdas de solo abaixo da tolerância. O critério de tolerância de perda de solo, no entanto, associa-se com manutenção da produtividade e não propriamente com a qualidade ambiental no entorno das áreas de produção. Isto explica porque mesmo com taxas estimadas inferiores à tolerância, a perda de solo nas áreas com pastagens tem sido suficientemente elevada para promover extensivo assoreamento e degradação das águas superficiais na bacia. Neste caso, o emprego de outro critério para interpretação das taxas de perda de solo, como no caso da metodologia do tempo de vida do solo (Weill e Sparovek, 2008), poderá fornecer um panorama mais ajustado da relevância do processo erosivo nas áreas com pastagens em solos arenosos da BAT.

O diagnóstico da erosão permitiu identificar a região com as maiores taxas de perda de solo que na BAT ocorrem nas terras drenadas pelo rio Jauru. A taxa média de perda de solo na

sub-bacia do rio Jauru foi 12,027 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Tais terras exigem atenção imediata e pronta intervenção para que o processo de degradação seja rapidamente mitigado.

5. Conclusões e Sugestões

O ajuste dos fatores dos modelos USLE/EUPS/RUSLE às condições locais da bacia do alto Taquari permitiu estimar as taxas anuais de perda de solo por erosão hídrica, obtendo-se uma taxa anual média ponderada pela área de 9,638 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Conquanto as taxas de perda de solo estejam em boa parte da área dentro do limite de tolerância estabelecido para solos pouco desenvolvidos de textura arenosa, o avançado estágio de degradação por assoreamento da bacia indica a necessidade de pronta intervenção para que o processo seja mitigado.

Para melhor subsidiar o planejamento conservacionista dessas áreas, sugere-se novo(s) estudo(s) da modelagem das taxas de perdas de solo para cenários futuros. Tais cenários poderiam contemplar: recuperação das pastagens degradadas, através da adequação da forrageira e adoção de práticas de calagem e adubação do solo; recuperação das pastagens degradadas e implementação de um sistema de terraços; etc. Também o critério de interpretação das taxas de perda de solo poderia ser alterado, empregando-se a metodologia de tempo de vida no solo. Finalmente, outro aspecto importante será a valoração ambiental de serviço ecossistêmico das taxas de perda de solo.

6. Agradecimentos

À Embrapa Informática Agropecuária, em especial ao Dr. João dos Santos Vila da Silva, bem como à Embrapa Pantanal, pelo apoio logístico e financeiro para as campanhas de campo. À Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP e, em especial ao Laboratório de Geoprocessamento, pela disponibilidade da infraestrutura em equipamentos e de Sistemas de Informação Geográfica.

7. Referências

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do solo**. 4. ed. São Paulo, Ícone, 1999.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Plano setorial de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas para a consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura: plano ABC (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono) / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Ministério do Desenvolvimento Agrário, coordenação da Casa Civil da Presidência da República**. Brasília: MAPA/ACS, 2012. 173 p.

Chaves, H. M. L. Modelagem matemática da erosão hídrica: passado, presente e futuro. In: Alvarez V., V. H.; Fontes, L. E.; Fontes, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. Viçosa, MG: SBCS, UFV, DPS, 1996. p. 731-750.

Denardin, J. E. **Erodibilidade de solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 113 p. Tese (Doutorado em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 1990. Desmet, P. J. J.; Govers, G. A. GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 51, n. 5, p. 427-433, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.

ESRI. **GIS and Mapping Software**. ArcMap 9.1. Seattle, WA: ESRI, 2005.

Foster, G. R.; Wischmeier, W. H. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction. **Transactions of the ASAE**, v. 17, n. 2, p. 305-309, 1974.

Galdino, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica**

do alto Taquari-MS/MT. 2012. 115 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola - UNICAMP, Campinas. 2012.

Galdino, S.; Marinho, M. A. Estimativa da erosividade das chuvas na bacia do alto Taquari MS/MT para fins de modelagem da perda de solo. In: Congresso sobre uso y manejo del suelo - UMS 5., 2011, Campinas. **Libro de Resúmenes.** Campinas: Feagri/Unicamp, 2011.

Galdino, S.; Marinho, M. A.; Silva, J. S. V. Classification of pasture degradation levels in terms of hydric erosion risk in Quartzipsamments areas at alto Taquari watershed (MS/MT, Brazil). **Revista Geografia**, v. 38, n. esp. p. 95-107, 2013.

Galdino, S.; Risso, A.; Soriano, B. M. A.; Vieira, L. M.; Padovani, C. R.; Melo, E. C.; Almeida Júnior, N. Erosão potencial laminar hídrica na bacia do Alto Taquari. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 9, n. 2, p. 125-133, 2004.

Galdino, S.; Vieira, L. M. A Bacia do Rio Taquari e seus problemas ambientais e socioeconômicos. In: Galdino, S.; Vieira, L. M.; Pellegrin, L. A. (Ed). **Impactos ambientais e socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari - Pantanal.** Campo Grande: Gráfica Mundial; Corumbá: Embrapa Pantanal, 2005. p. 29-43.

Lombardi Neto, F.; Moldenhauer, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. **Bragantia**, v. 51, n. 2, p. 189-196, 1992.

McCool, D. K.; Brown, L. C.; Foster, G. R. Revised slope steepness factor for the universal soil loss equation. **Transactions of ASAE**, v. 30, n. 5, p. 1387-1396, 1987.

Oliveira, P. T. S.; Wendland, E.; Nearing, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: a review. **Catena**, v. 100, p. 139-47, 2012.

Renard, K. G.; Foster, G. R.; Weesies, G. A.; McCool, D. K.; Yoder, D. C. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).** Washington: U.S. Department of Agriculture, 1997. 404 p. (Agriculture Handbook, 703).

Santos, R. D.; Carvalho Filho, A.; Naime, U. J.; Oliveira, H.; Motta, P. E. F.; Baruqui, A. M.; Barreto, W. O.; Melo, M. E. C. C. M.; Paula, J. L.; Santos, E. M. R.; Duarte, M. N. Pedologia. In: BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) - PCBAP: diagnóstico dos Meios Físico e Biótico - Meio Físico.** Brasília: MMA/PNMA, 1997. v. 2, t. 1, p.120-293.

Silva, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, v. 57, n. 3, p. 251-259, 2004.

Silva, J. S. V.; Santos, R. F. **Estratégia metodológica para zoneamento ambiental:** a experiência aplicada na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Taquari. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 329 p.

Valeriano, M. M. Dados topográficos. In: Florenzano, T. G. (Org). **Geomorfologia - conceitos e tecnologias atuais.** 1. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2008. p. 72-104.

Weill, M. A. M.; Sparovek, M. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). II-Interpretação da tolerância de perda de solo utilizando o método do índice de tempo de vida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 2, p. 815-824, 2008.



Suscetibilidade à erosão laminar no município de Miranda/MS

Vanessa Aline Wagner Leite ¹
Emerson Figueiredo Leite ²

^{1,2} Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS/CpAq
Rua Oscar Trindade de Barros, 740 – Serraria – Unidade II
Caixa Postal 135, Aquidauana – MS, Brasil

¹vanessawleite@gmail.com

²emerson.leite@ufms.br

Resumo. A erosão é um fenômeno que influencia significativamente na vida humana e suas atividades. A erosão laminar é um dos tipos de erosão responsável pelo empobrecimento do solo e pela perda de sua fertilidade. Nesse sentido esse trabalho teve como intuito determinar a suscetibilidade à erosão laminar no município de Miranda – MS com base em uma abordagem qualitativa das variáveis naturais da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) proposta por Salomão (2007) empregando um modelo preditivo e utilizando técnicas de geoprocessamento para a realização do cruzamento matricial na Linguagem de Geoprocessamento Algébrico - LEGAL do Spring. As variáveis utilizadas para a determinação da suscetibilidade a erosão laminar foram erodibilidade dos solos, declividade do terreno, erosividade das chuvas e comprimento das encostas. O município de Miranda-MS encontra-se numa área de transição do planalto para a planície tendo 44% de seu território inserido no Pantanal e parte de sua área constituída pelos planaltos da Serra da Bodoquena. Entre os resultados obtidos chegou-se a três classes suscetibilidade a erosão laminar: Extremamente Suscetível, Muito Suscetível e Moderadamente Suscetível representadas por 2,13%, 81,42% e 16,45% respectivamente. No geral estas classes apresentam problemas complexos de conservação em face pouca profundidade dos solos e a declividade superior a 12% sendo indicadas para culturas de pastagens e/ou reflorestamento.

Palavras-chave: erosão laminar, erodibilidade dos solos, Pantanal.

Abstract. Erosion is a phenomenon that substantially affects the human life and its activities. Laminar erosion is one type of erosion that is responsible for soil impoverishment and loss of soil fertility. In this regard, this paper aimed to determine the susceptibility of laminar erosion in the municipality of Miranda – Mato Grosso do Sul State, based on natural variable quality approach of Universal Soil Loss Equation (USLE) proposed by Salomão (2007) applying a predictive model and using geoprocessing techniques to do a matrix crossing on LEGAL, a Spring programming language. The variable used in order to determine laminar erosion susceptibility were soil erodibility, land slope, rainfall erosivity and slope length. Miranda municipality is located in a transition area from plateau to plain, 44% of its territory is on Pantanal and part of its area is composed of Mountain Range Bodoquena Plateau. The results drew three classes of susceptibility of laminar erosion: Extremely Susceptible, Very Susceptible and Moderately Susceptible represented by 2,13%, 81,42% and 16,45% respectively. In general, these classes have sown complex problems of conservation facing soil shallow depth and slopes over 12% being indicated to pasture and reforesting.

Key-words: laminar erosion, soil erodibility, Pantanal.

1. Introdução

A erosão dos solos, para alguns autores (Zachar, 1982; Bertoni e Lombardi Neto, 2008) é definida como o desnudamento do manto superficial que recobre as rochas através do desgaste do solo e o consequente desprendimento de suas partículas até o seu carreamento pela superfície.

A erosão hídrica, determinada pela atividade da água na superfície ou subsuperfície do solo ocorre em três principais maneiras: laminar, em sulcos e voçorocas (Bertoni; Lombardi Neto, 2008). Esse tipo de erosão apresenta maior dimensão, visto que “a água é o mais importante agente de erosão” (Bertoni; Lombardi Neto, p. 68, 2008) e é condicionada por fatores naturais como o solo, a chuva, a topografia do terreno e a vegetação da área (Salomão, 2007).

Os impactos adversos ocasionados pela erosão laminar e seus reflexos implicam tanto em questões morfológicas da superfície quanto interfere no equilíbrio ecológico da natureza. Tri-cart (1977, p. 27) afirma que os processos como a erosão impedem que o solo, sobretudo “não realiza sua capacidade potencial” tanto de armazenamento de água quanto de retenção de nutrientes. Galetti (1973) aponta que por meio das águas das chuvas as partículas de solos desprendidas, quando transportadas, deixam para trás solos empobrecidos, rasos, e seus sedimentos, depositados nos rios e lagos levam ao processo de assoreamento, gerando uma cadeia de consequências, como inundações que deixam famílias desabrigadas.

Considerando além dos gastos em favor da contenção da erosão e a despeito dos nutrientes carreados pela erosão, Dantas e Monteiro (2011, p. 627) mencionam que muito se gasta para recuperar a fertilidade dos solos e “sustentar a produtividade” dos mesmos. A valoração em altos custos advindos dos danos ambientais causados pela erosão reflete em dispendiosos gastos na produção de alimentos que outrora, poderiam ser aplicado distintamente. Segundo Silva et al (2007) entre os diferentes métodos empregados para se estudar erosão, os mais utilizados são aqueles que utiliza-se de modelos matemáticos através da informatização de dados juntamente com o avanço das geotecnologias para o tratamento de informações geográficas permitindo projetar cenários e facilitando o entendimento do processo erosivo uma vez que “levam a um direcionamento no processo de tomada de decisão, especialmente no que se refere às questões vinculadas ao planejamento e à organização do espaço geográfico (Fitz, 2008, p.140.)

Nesse sentido o emprego das geotecnologias se mostra eficaz para o levantamento da suscetibilidade a erosão laminar possibilitando determinar as áreas ambientalmente suscetíveis à erosão devido às suas condições físicas no contexto planalto-planície em que está inserida possibilitando “orientar o planejamento ou estabelecer restrições técnicas específicas para as diferentes formas de ocupação do terreno” (Silva et al, 2007, p.37)

(2007) aplicada ao município de Miranda-MS buscando a suscetibilidade a erosão laminar no referido município. Essa metodologia considera a suscetibilidade de uma área erodir em função das condições físicas lançando uso dos fatores naturais integradamente já que “a análise isolada de um fator normalmente explica pouco a erosão dentro de um contexto completo do fenômeno” (Silva, 2007).

A relação estabelecida entre os fatores naturais consiste na elaboração dos mapas de declividade, erodibilidade, erosividade e comprimento de encosta conforme a metodologia proposta por Salomão (2007). Para cada mapa criou-se um Plano de Informação (PI) temático com os elementos de cada mapa e suas relativas classes temáticas receberam um valor referente às classes de suscetibilidade a erosão laminar que variam de 0 (menor suscetibilidade) a 10 (maior suscetibilidade) totalizando 5 classes de suscetibilidade a erosão laminar sugeridas por Salomão (2007).

O mapa final de suscetibilidade a erosão laminar realizou-se a partir do cruzamento das quatro variáveis e da média simples das somas dos quatro elementos que foram posteriormente fatiados entre os valores que correspondessem às classes de suscetibilidade. Os dados de solo foram compilados do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP) disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) na escala de 1: 250.000 e recortadas para o limite do município de Miranda-MS.

Os modelos numéricos dos terrenos (MNT) utilizados para a confecção do declive do terreno foram adquiridos no *site* do USGS (Serviço Geológico dos Estados Unidos) oriundos da missão SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) com resolução espacial de 30 metros. Esses dados foram mosaicados em um único PI para a geração da declividade e o seu posterior fatiamento de acordo com as classes estabelecidas por Salomão (2007): <6%, 6-12%, 12-20% e >20%.

A extração da rede de drenagem foi realizada com base nas cartas topográficas do Departamento de Serviço Geológico (DSG) do Exército na escala de 1: 100.000 e posterior atualização e enriquecimento dos canais através de uma cena do satélite Landsat 8 do USGS, órbita-ponto 226/74, possibilitando a geração do mapa de comprimento de encosta através da técnica aplicada por Leite (2011) onde vetorizou-se os divisores de água das sub-bacias do município com o auxílio dos dados SRTM e curvas de nível das cartas topográficas e gerou-se zonas de distância conforme as classes propostas por Crepani (2001) < 250m, 250m-750m, 750m-2000m, 2000m-5000m e >5000m para serem editadas as áreas correspondentes as devidas classes.

A erosividade das chuvas foi determinada com base na compilação do mapa de erosividade para o Estado de Mato Grosso do Sul elaborado por Oliveira et al. (2012) utilizando 109 estações distribuídas na região com séries históricas superior a 15 anos de registro para o cálculo do índice de erosividade EI_{30} efetuando a partir dos valores mensais de chuva a obtenção da erosividade para o estado.

Para trabalhar o banco de dados geográficos foi empregado a versão 5.1.8 do *software* Spring (Sistema de Processamento de Informações Geográficas), os produtos finais foram exportados no formato *shapefile* para serem editados e finalizados seus *layouts* no *software* Arc-Map.

4. Resultados e Discussão

4.1 Erodibilidade

Os solos de maior erodibilidade são aqueles cuja textura é mais arenosa, portanto “possuem baixa proporção de partículas argilosas, que atuam como uma ligação entre as partículas

maiores, apresentam maior facilidade para a remoção das partículas, que se verifica, mesmo em pequenas enxurradas” (Salomão, 2007, p. 324), enquanto que os de menor erodibilidade são os solos associados a condições de hidromorfismo, ou seja solos com intenso regime de inundação e textura que varia geralmente de argilosa a muito argilosa (Fernandes et al, 2007), (**Tabela 1**).

Os solos do tipo Gleissolos ocupam 6,24% da área do município (**Figura 2**) apresentam baixo grau de erodibilidade e se encontram em parte nos fundo de vale e na porção do pantanal sul nas margens direita e esquerda do rio Miranda, segundo Guerra e Botelho (2006), sua baixa suscetibilidade refere-se a sua localização em áreas planas não sujeita ao escoamento.

Plintossolos representam 2,29% da área total localizados em pequenas manchas na margem esquerda do rio Miranda a sudoeste e junto aos córregos Poeira e Cachoeirinha na porção sul do município.

Tabela 1. Valores de erodibilidade adotados para os solos identificados na área de estudo e suas representatividades.

Classes de solo	Valor de Erodibilidade	Comportamento textural	Área (%)	Área (Km ²)
Gleissolos	0 – 4,0	Solos Hidromórficos em relevo plano	6,2	2.492.501.400
Plintossolos	4,1 – 6,0	Solos de textura argilosa	2,29	125.676.000
Chernossolos, Argissolos	6,1 – 8,0	Solos de textura média e média/argilosa	40,93	474.677.100
Neossolos, Planossolos Vertissolos	8,1 – 10	Solos com textura arenosa/média	50,52	2.383.405.200
Total			100	5.476.259.700

Fonte: Salomão (2007).

Os solos do tipo Chernossolos e Argissolos ocupam áreas adjacentes a Serra da Bodoquena e inserida na sub-bacia do Rio Salobra em pequenas manchas correspondendo cerca de 8,66% e 32,27% do município apresentando erodibilidade de média a alta.

Os Solos Argissolos ocorrem em cerca de 32,27% da área de Miranda confrontando com o limite municipal a leste em sua grande parte e na região correspondente a Serra da Bodoquena inserida no município e junto com chernossolos apresentam erodibilidade considerável.

Os solos Neossolos, Planossolos e Vertissolos juntos correspondem a pouco mais da metade da área ocupada pelo município com 50,52% da área, sendo entre eles os Planossolos de maior expressividade com 20,58% seguido do Vertissolos com 18,68% e os Neossolos com 11,24% e representam os solos de maior erodibilidade desse estudo.

O alto grau de erodibilidade dos planossolos deve-se ao contraste textural e estrutural oriundo da transição abrupta entre os horizontes A arenoso e lavado para o horizonte Bt argiloso. Os Vertissolos por conta da presença de um horizonte C vértico apresenta baixa porosidade com permeabilidade chegando a muito lenta com alta pegajosidade quando úmido e secos e duros na época de seca, cuja característica apresenta o aparecimento de fendas profundas na estiagem. Os Neossolos são mais suscetíveis a erosão devido ao predomínio de frações grosseiras a cascalhentas, cuja rápida infiltração permite a saturação do perfil condicionando o rápido escoamento superficial e subsuperficial da água elevando o índice de erodibilidade desses solos (Guerra e Botelho, 2006).

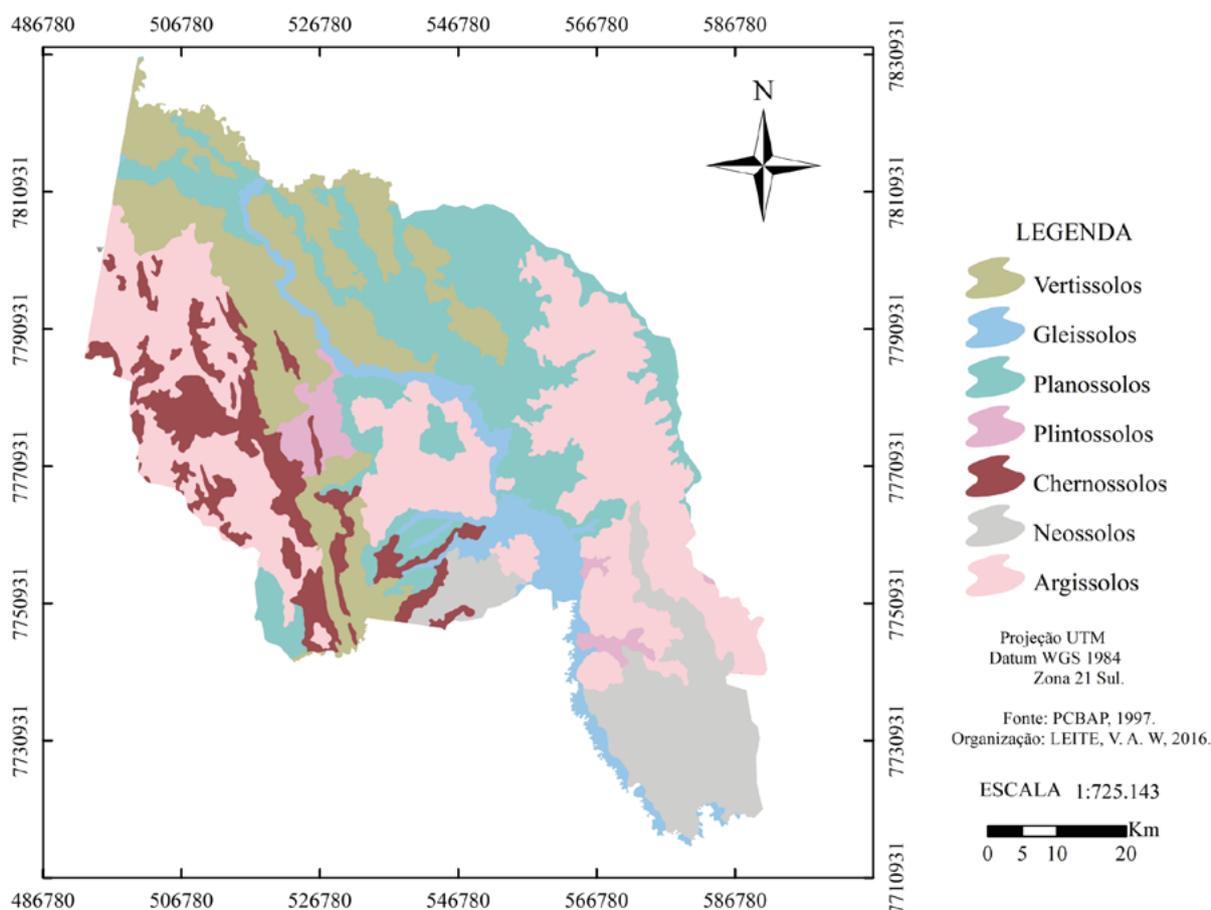


Figura 2. Distribuição das classes de solos do município de Miranda/MS.

4.2 Declividade e Comprimento de encosta

Os mapas de declividade e comprimento de encosta estão representados na **Figura 3**.

“O comprimento encosta ou vertente é definido como sendo a distância entre o ponto onde se origina o escoamento superficial até o ponto onde a declividade decresce o suficiente para que ocorra a deposição de sedimentos ou onde a água entra nos sistemas de canais de drenagem” (BRASIL, 1997, p. 280).

De acordo com Cunha (2003) nesse fator a distância entre a linha de cumeeada e o talvegue exerce influencia importante no trabalho da drenagem em dissecar o relevo, já que quanto menor a distância entre os interflúvios maior o grau de entalhamento dos canais fluviais.

Topograficamente, a área de estudo foi dividida em duas regiões de acordo com o BRASIL (1997) onde as áreas com altitude próximas a 100 metros é considerado Pantanal com baixas declividades em torno de 6% e acima de 100 metros área de Planalto com maiores declividades por volta de 20% ou mais. A planície do Pantanal corresponde a 44,26 % da área de estudo e representa em sua totalidade a classe de grandes comprimentos de encosta >5000m equivalente a capacidade nula de erodir superada pelos processos de sedimentação em que é submetido. Essa área somada com as demais classes de comprimento de encosta representada pela classe >5000m alcança 52,02% da área total seguida da classe 2000m a 5000m com 23,78%, 750m a 250m com 21,51% e a menor dimensão interfluvial <250m com 2,67% de área no município

As classes de declividade estabelecidas por Salomão (2007) mais expressivas foram as classes 0 a 6% correspondente a planície pantaneira com 79,78% de área seguida da classe de 6 a 12% com 14,55% de área restando as áreas cujas elevações são mais acentuadas com apenas

2,86% de área e 12 a 20% de declividade e 2,80% da área com declividade superior a 20%. Essas regiões mais acidentadas estão localizadas, sobretudo, na região da Serra da Bodoquena a oeste do município e na região da Depressão do Aquidauana-Miranda a leste do município.

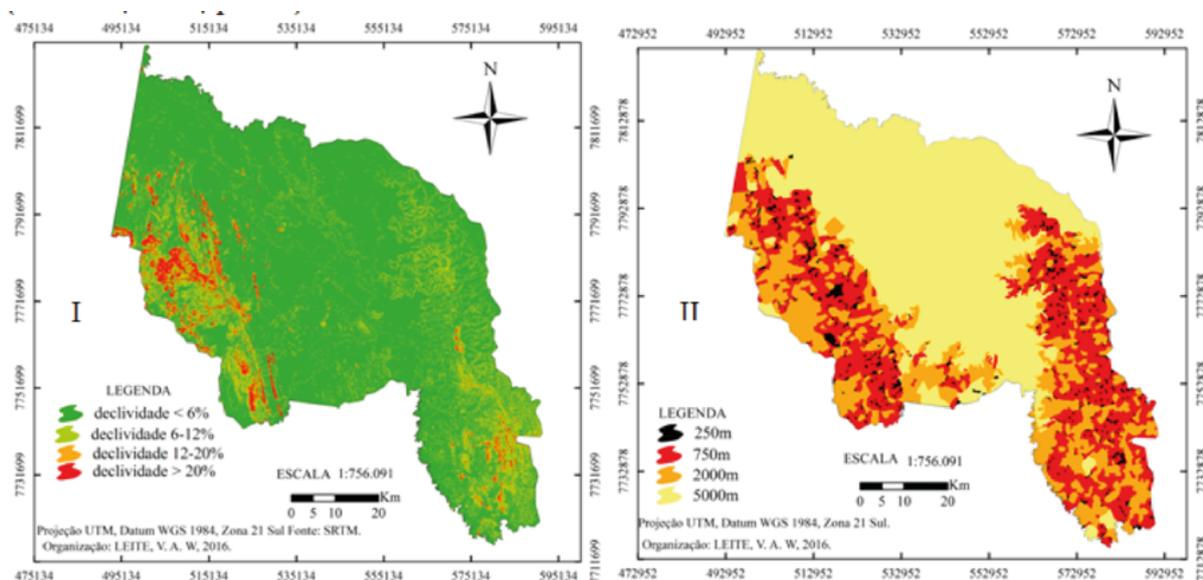


Figura 3. Mapa de distribuição de classes de Declividade (I) e das classes de Comprimento de Encosta (II) do município de Miranda/MS.

4.3 Erosividade

Esse parâmetro indica a capacidade da chuva em causar erosão através do impacto das gotas de chuva com o solo e o consequente desprendimento das partículas desagregadas pela intensidade com que a chuva golpeia o solo (Carvalho, 2008). Devido a dificuldade de obtenção dos dados para o cálculo da erosividade utilizando o índice do Fator R da Equação Universal de Perdas de Solo optou-se por adotar os resultados obtidos por Oliveira (2012) para o Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 4).

Os valores médios encontrados de erosividade anual para a região do município de Miranda foi de 7569,98 a 8346,03 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ de acordo com Oliveira (2012). Esses valores de acordo com Carvalho (2008) são considerados valores de erosividade forte e equivale aos valores encontrados em outros estudos como, por exemplo, a erosividade encontrada por Machado et al (2014), com valores entre 8.159 (forte) e 14.418 MJ.mm.ha-1.h-1 (muito forte), em 2008 e 2009 para o Bioma Pantanal.

4.4 Suscetibilidade a erosão laminar

O mapa de suscetibilidade a erosão laminar reflete as características naturais dos terrenos (erodibilidade, comprimento de encosta, declividade, erosividade) em face do desenvolvimento de processos erosivos (Salomão, 2007). Estas variáveis foram inseridas na programação do LEGAL/Spring, possibilitando gerar mapa final de suscetibilidade a erosão laminar. A espacialização das classes de suscetibilidade a erosão laminar está representada na Figura 5 e suas respectivas áreas na Tabela 2.

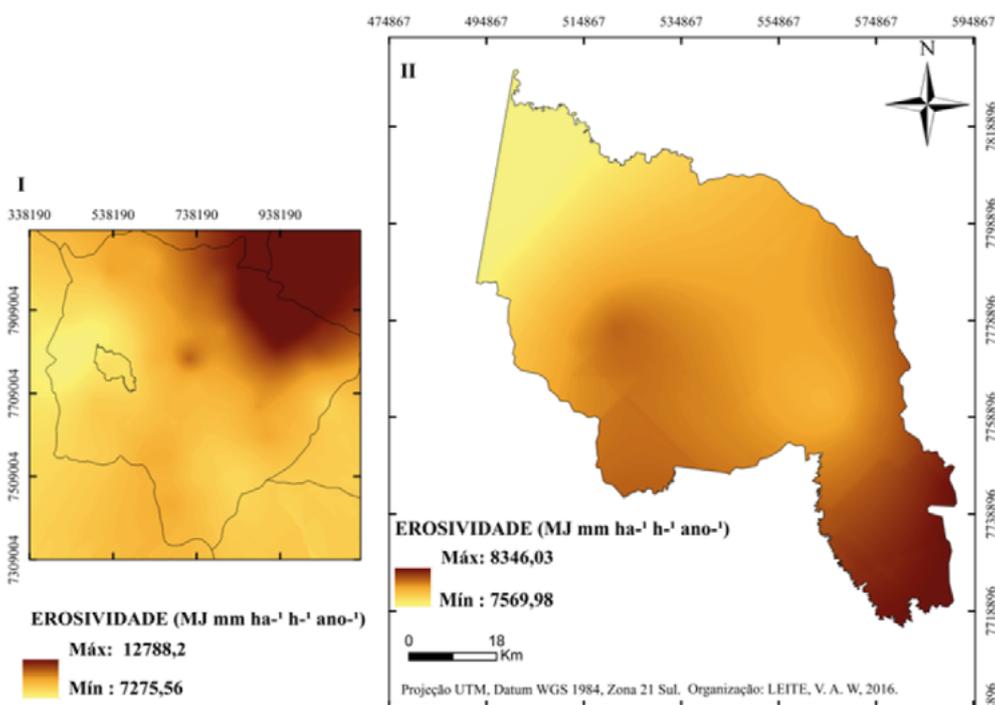


Figura 4. Distribuição dos valores de erosividade no Estado de Mato Grosso do Sul (I) (adaptado de Oliveira 2012) e valores de erosividade para o município de Miranda-MS (II).

Tabela 2. Classes de Suscetibilidade a Erosão Laminar e suas respectivas áreas no Município de Miranda/MS.

Classes	Área (Km²)	Área (%)
Moderadamente Suscetível	898.682400	16,45
Muito Suscetível	4449.939300	81,42
Extremamente Suscetível	116.576100	2,13
Total	5.465.197.800	100

A partir desse cruzamento, obteve-se para a área três classes suscetíveis a erosão laminar, todas propostas por Salomão (2007), onde o resultado das somas dos valores que vão de 0 a 10 para cada fator dividido pelo número de variáveis, no caso quatro, correspondem às classes obtidas: 4,1 a 6,0 (Moderadamente Suscetível), 6,1 a 8,0 (Muito Suscetível) e 8,1 a 10,0 (Extremamente Suscetível). Entre elas a mais expressiva refere à classe Muito Suscetível com 81,42% da área de estudo trata da classe da qual parte encontra-se na planície pantaneira onde desconsideramos a ação dos processos erosivos por se tratar de área sujeita a ação de processos de deposição de sedimentos. A outra metade dessa classe corresponde a classe VI de capacidade de Uso da Terra de Salomão (2007) com problemas complexos de conservação por apresentar solos rasos a mediamente profundos, baixa fertilidade, declividade de 12 a 20%. A classe Moderadamente Suscetível representa 16,45% da área e reflete as porções do município cujas características correspondem a propriedades físicas menos sujeitas a erosão laminar como solos menos erodíveis situados em áreas de baixas declividades (<12%) e maior distância entre os canais favorecendo assim o depósito de sedimentos por agentes fluviais ao invés de desgaste e transporte destes materiais (Guerra; Botelho, 2006). A classe de menor representatividade é a classe Extremamente Suscetível com 2,13% da área constituídos por terrenos muito íngremes e escarpados com declividade superior a 20%, solos rasos e cascalhentos ou pedregosos, proximidade entre os canais menor de 250m favorecendo a atuação dos processos erosivos.

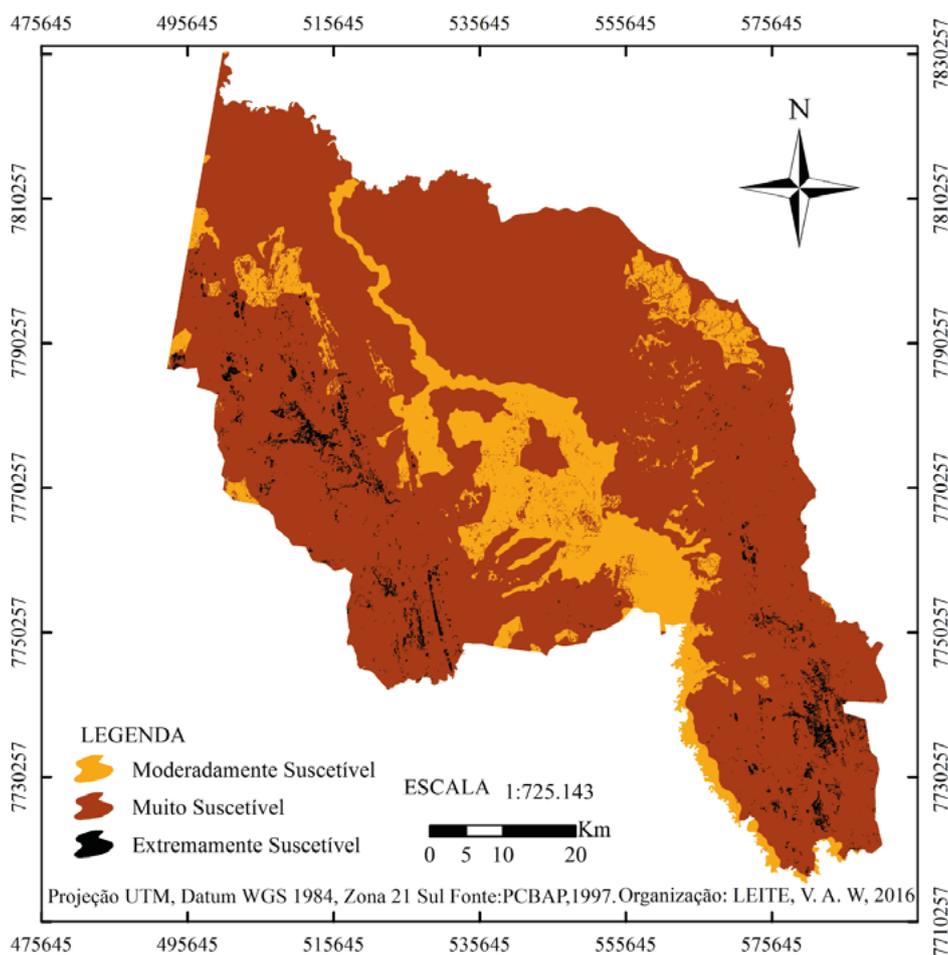


Figura 5. Espacialização das classes de suscetibilidade a erosão laminar no município de Miranda-MS.

5. Conclusões

Os resultados encontrados podem subsidiar ações e modos de uso da terra que levem em consideração as potencialidades e suscetibilidades no município, uma vez que a erosão laminar é incipiente o que permite a minimização de seus processos. A sugestão ao manejo recai sobre as práticas conservacionistas edáficas, vegetativas e mecânicas, que devem ser aplicadas simultaneamente para a eficiência da conservação do solo.

6. Agradecimentos

Ao CNPQ pela bolsa concedida de Iniciação Científica do PIBIC.

7. Referências

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Ícone, 2008. 6a edição.

BRASIL. PCBAP – **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal)**. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. Brasília, 1997.

Carvalho, N. O. **Hidrossedimentologia prática**. CPRM – Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, Rio de Janeiro, RJ. 2008. 600 p.

Cunha, C. M. L.; Mendes, I. A.; Sanchez, M. C. **Técnicas de elaboração, possibilidades e restrições de cartas morfométricas na gestão ambiental**. Geografia, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 415-429, set./dez. 2003.

- Dantas, K. P.; Monteiro, M. do S. L. **Valoração econômica dos efeitos internos da erosão: Impactos da Produção de Soja no Cerrado Piauiense.** Revista de Economia e Sociologia Aplicada, Piracicaba, SP, vol 48, nº 4, p. 619-633, 2011.
- Fernandes, F. A.; Fernandes, A. H. B. M.; Soares, M. T. S; Pellegrin, L. A.; Lima, I. B. T. de. **Atualização do mapa de solos da planície pantaneira para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2007. 6 p. (Embrapa Pantanal.Comunicado Técnico, 61). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT61>. Acesso em: 08 jun. 2016.
- Fitz. P.R. **Geoprocessamento sem complicações.** São Paulo: Oficina de textos, 2008.
- Galeti, P. A. **Conservação do solo; Reflorestamento; Clima.** 2. Ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973.
- Guerra, A.J.T.; Botelho, R.G.M. **Erosão dos Solos.** In: Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil (2006). P. 181-227.
- Leite, E.F. **Caracterização, diagnóstico e zoneamento ambiental: o exemplo da bacia hidrográfica do Rio Formigas.** 228 f. Tese de doutorado (doutorado em Geografia). Universidade Federal de Uberlândia, 2011.
- Machado, D. O.; Sobrinho, T. A.; Ribeiro, A. da S.; IDE, C. N.; Oliveira, P. T. S.. **Erosividade da Chuva para o bioma Pantanal.** Eng. Sanit. Ambiental, Vol. 19, n.2, abr/jun de 2014, 195-202.
- Oliveira, P. T. S.; Rodrigues, D. B. B.; Sobrinho, T. A.; Carvalho, D. F. de; Panachuki, E. **Spatial variability of rainfall erosive potential in the State of Mato Grosso do Sul, Brazil.** Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 32, n.1, p.69-79, jan./fev.2012.
- Salomão, F. X. de T. **Controle e Prevenção dos processos erosivos.** In Guerra, A. J. T.; Silva, A. S. da & Botelho, R. G. M. (org.). Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações. 3º ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- Silva, A. M.; Schulz, H. E.; Camargo, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** 2ª ed. São Carlos: RiMa, 2007.
- Tricart, J. **Ecodinâmica.** Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Superintendência de Recursos Naturais e Meio ambiente. Diretoria Técnica. Rio de Janeiro, p. 97, 1977. Original publicado em 1965, na França.
- Zachar, D. **Soil Erosion.** Amsterdam: Elsevier, 1982. (Developments in Soil Science 10).



Análise das características morfométricas da bacia hidrográfica rio das Pitas

Raquel Martins da Silva¹
Ana Laura Rezende da Costa¹
Geovanna Mikaelle Santos Silva¹
Cinthya Souza¹
Nathan Campos Teixeira¹
Ana Rúbia de Carvalho Bonilha Silva¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT
Av. Fernando Correa da Costa, n.º 2367
78060-900, Boa Esperança – Cuiabá – MT, Brasil
{[raquel10ms](mailto:raquel10ms@gmail.com), [laurarezendeof](mailto:laurarezendeof@gmail.com), [nathanufmt](mailto:nathanufmt@gmail.com), [arbonilha](mailto:arbonilha@gmail.com)}@gmail.com
cinthya.s.s@outlook.com
gmikl@hotmail.com

Resumo. A bacia hidrográfica pode ser definida como um conjunto de terras drenadas por meio de um rio, formada nas regiões mais altas do relevo (montantes) por divisores de água, onde essas escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo formando os lençóis freáticos (Barella, 2011). Segundo Lima (1986), o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de sua morfologia e do tipo de cobertura vegetal. A lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, da Política Nacional de Recursos Hídricos, determina que a bacia é a unidade fundamental de gestão e planejamento do uso da água. A caracterização geomorfológica de bacias apresenta como parâmetros: Forma, sistema de drenagem e características do relevo. No presente trabalho foram analisadas e discutidas as relações morfológicas da bacia hidrográfica rio das Pitas, localizada no Estado de Mato Grosso, por meio do uso do software QGIS. A utilização de ferramentas de geoprocessamento na delimitação de bacias hidrográficas apresenta-se de forma vantajosa, em função de ser uma ferramenta prática, a facilidade na aquisição dos dados e resultados que permitem gerar informações, facilitando o gerenciamento de recursos hídricos. Com área de 1.272,4 km², a bacia estudada é de quarta ordem e densidade de drenagem baixa, com índice de circularidade e declividade baixa (forma alongada e plana), sendo, portanto, menos propensa a ter picos de enchentes.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, Drenagem, Características morfométricas.

Abstract. The watershed can be defined as a land set drained by a river, formed in the upper regions of the relief (amounts) by watersheds where these are drained superficially forming streams and rivers or seep into the ground forming the sheets water table (Barella, 2011). According to Lima (1986), the hydrological behavior of a river basin is a function of its morphology and the type of vegetation cover. The law 9433 of January 8, 1997, of the National Water Resources Policy, determines that the basin is the fundamental unit of management and planning of water use. The geomorphological characterization of basins has as parameters: Form, drainage system and relief characteristics. In this research were analyzed and discussed the morphological relations of the river basin of the Pitas, in the state of Mato Grosso, through the use of QGIS software. The use of geoprocessing tools in defining watershed presents advantages, due to be a practical tool to ease the acquisition of the data and results that can generate information, facilitating the management of water resources. With 1272.4 sq km area, the study area is a fourth-order area and low drainage density, with low roundness index and low slope (elongated and flat shape), and therefore less likely to have flood peaks.

Key-words: River Basin, Drainage, Morphometric Characteristics.

1. Introdução

A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente (Tucci, 1995). Considerando a importância desse sistema físico, a lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, da Política Nacional de Recursos Hídricos, determina que a bacia é a unidade fundamental de gestão da água, o que torna necessário o estudo de suas características para distribuir os recursos hídricos de forma responsável e igualitária.

Seguindo a linha de raciocínio de Lima (1986), de que o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de sua morfologia e do tipo de cobertura vegetal, pode-se dizer que as características de uma bacia influenciam a dinâmica da parte terrestre do ciclo hidrológico, uma vez que atuam fortemente sobre o escoamento superficial e a infiltração da água no solo. Por isso, no sentido de entender melhor como funciona essa atuação, diversos parâmetros foram criados e são utilizados para compreender as interações entre as características morfológicas da bacia e o regime hidrológico de uma região.

Esses parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para determinado local, de forma a qualificarem suas alterações ambientais (Alves & Castro, 2003), o que permite entender a dinâmica do ambiente em estudo e diferenciar o mesmo de outras áreas. Além disso, como ressaltado por Vilela e Mattos (1975), ao se estabelecer relações e comparações entre as características físicas da bacia e os dados hidrológicos conhecidos, pode-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais faltam dados.

Por isso, as características morfológicas da bacia desempenham papel essencial no seu comportamento hidrológico, sendo importante medir numericamente algumas dessas influências (Garcez & Alvarez, 2006).

Segundo Guerra (1980), antes do planejamento da utilização e preservação dos recursos naturais é necessário o conhecimento do mesmo, tendo, portanto suas características quantitativas e qualitativas. Dentre os métodos de estudos está a geotecnologia, a qual permite a caracterização física de uma dada região, permitindo o uso de várias ferramentas para tal conhecimento, monitoramento e gestão de bacias hidrográficas com a finalidade de obter um maior aproveitamento dos recursos hídricos e naturais aí existentes.

Miranda (2005) discorre que as geotecnologias possibilitam a obtenção e manipulação de informações espaciais para o monitoramento e mapeamento dos recursos naturais. Há diversas fontes e objetos de estudo de dados espaciais, tais como o sensoriamento remoto, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), a cartografia digital, os Sistemas de Posicionamento Global

(GPS), os quais permitem gerar e integrar dados georreferenciados. Nesse sentido, o presente estudo busca utilizar o SIG para individualizar quantitativamente as principais características das bacias hidrográficas através do software QGIS, e explorar os mesmos para caracterizar morfologicamente a bacia hidrográfica rio das Pitas.

2. Objetivo

O presente trabalho tem por finalidade a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica rio das Pitas, a partir do cálculo de alguns parâmetros físicos, tais como: coeficiente de compactidade, fator de forma, índice de circularidade e declividade, através do uso do software QGIS.

3. Material e Métodos

Localização da área de estudo

A **Tabela 1** traz a localização da região estudada:

Tabela 1. Coordenadas geográficas da Bacia Hidrográfica Rio das Pitas:

Coordenadas geográficas		
Exutório	Longitude:	58°22'10,49"W
	Latitude:	15°53'37,41"S
Nascente	Longitude	58°30'17,19"W
	Latitude:	15°16'33,77"S

Fonte: Elaborada pelo autor

A área de estudo ilustrada na **Figura 1** compreende a bacia hidrográfica do Rio das Pitas, a qual está inserida na macro Bacia do Rio Paraguai. Situada na região alta do Pantanal, o Rio das Pitas tem como localização de sua nascente principal no município mato-grossense de Araputanga. Com uma extensão do rio principal superior a 95 quilômetros e área da bacia superior a 1.000 quilômetros quadrados, abrangendo parte dos municípios de Indiavaí, São José dos Quatro Marcos, Glória d' Oeste, e por fim seu exutório no município de Cáceres.

Extração do divisor de águas

Para início do trabalho cartas do produto TOPODATA, 15s60_ZN e 15s585_ZN foram empregadas, oferecendo informações sobre o modelo digital de elevação e outras informações de relevo sobre a região. A partir destas, foram extraídas curvas de níveis, com intervalo de 15 metros.

Posteriormente realizou-se o levantamento das bases do sistema integrado de monitoramento e licenciamento ambiental - SIMLAM, disponibilizado pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso, SEMA-MT, tais arquivos vetorizados na escala numérica de 1:1.000.000 em um sistema de Projeção Cônica Conforme de Lambert, SIRGAS-2000. Estas bases do órgão estadual, arquivos com extensão shapefile, possuem dados de áreas delimitadas de pequenos cursos d' água.

Uma verificação entre os valores do produto Topodata e as áreas pré-delimitadas pela SEMA foram contrastados afim de chegar em uma delimitação real da bacia do Rio das Pitas.

Com auxílio de uma imagem do satélite, LandSat – 8, sensor OLI, órbita 228, ponto 071, composta em um programa de sistema de informação geográfica, nas bandas 6R 5G e 4B de junho de 2016, foi possível a identificação e sinais de hidrografia que convergia com os valores de delimitação levantados.

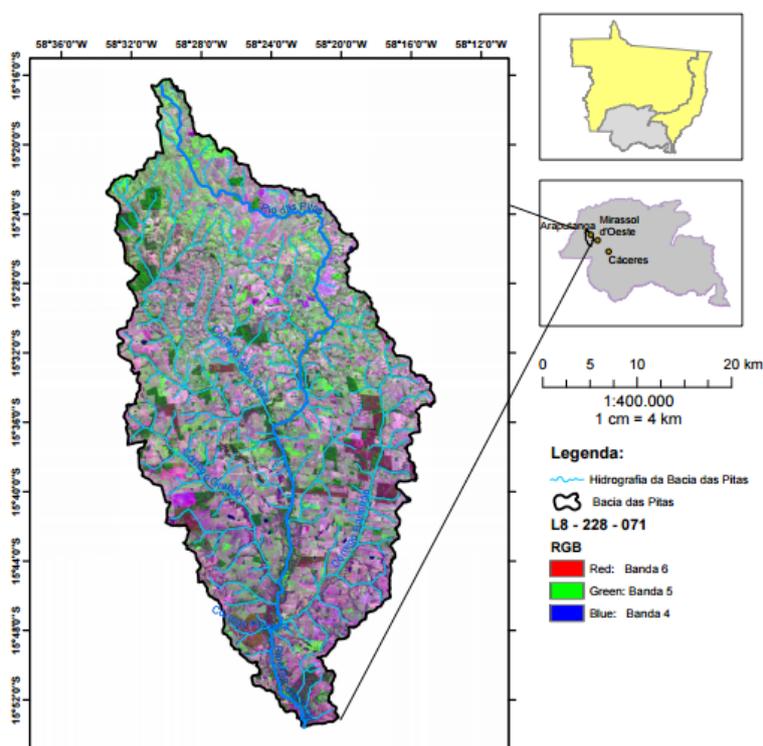


Figura 1. Localização da bacia Rio das Pitas.

Fonte: Elaborada pelo autor

Morfometria da bacia

A fisiografia de uma bacia constitui o estudo de sua área, a sua forma, área de drenagem e o seu relevo. Sabendo-se que uma bacia é definida por áreas de drenagem contribuintes para um ponto, os impactos, ações e intervenções na bacia poderão repercutir em toda a área a jusante. Dessa forma a realização da caracterização física é de grande relevância para o estudo hidrológico dessa área escolhida.

Para a classificação geomorfológica da presente bacia foi necessário o conhecimento de algumas características: características geométricas, características do relevo e da rede de drenagem, conforme a **Tabela 2**.

Tabela 2. Características morfométricas obtidas no estudo da bacia hidrográfica Rio das Pitas

Características geométricas	
Área total	Fator de forma
Perímetro total	Índice de circularidade
Coeficiente de compactidade (kC)	Padrão de drenagem
Características do relevo	
Declividade média do curso d'água principal	
Características da rede de drenagem	
Comprimento do curso d'água principal	Densidade de drenagem
Comprimento total dos cursos d'água	Ordem dos cursos d'água

Fonte: Villela & Mattos, 1975

O fator de forma é responsável por comparar a forma da bacia com a de um retângulo. Este compreende à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (Tonello et al., 2006). Esse parâmetro é calculado através da seguinte equação (Villela & Mattos, 1975):

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Sendo:

F - Fator de forma;

A - Área da bacia (km²);

L - comprimento do segmento axial da bacia (km);

Já o coeficiente de compacidade é a relação entre a forma da bacia e a de um círculo que possui área igual à da bacia. De acordo com Cardoso et al. (2006), o número calculado independe da área considerada, dependendo apenas da forma da bacia. Ele pode ser calculado da seguinte maneira (Villela & Mattos, 1975):

$$Kc = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde:

Kc – Coeficiente de compacidade;

P – Perímetro da bacia (km);

A – Área da bacia (km²);

Quando a bacia tende para a forma circular, o coeficiente de compacidade se aproxima da unidade.

O índice de circularidade, assim como o coeficiente de compacidade, relaciona a forma da bacia com a de um círculo. Este também se aproxima da unidade quando a bacia tende para a forma circular.

Este índice pode ser calculado seguindo a equação (Christofolletti, 1980):

$$Ic = \frac{A}{Ae}$$

Onde:

Ic - Índice de circularidade;

A - Área da bacia (km²);

Ae - Área de um círculo de mesmo perímetro da bacia;

De acordo com Villela e Mattos (1975) o estudo da densidade de drenagem revela a maior ou menor velocidade com que a água escoar para na bacia hidrográfica, portanto, é o índice do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem fornecendo informação da eficiência da drenagem da bacia. Pode-se expressar esse índice pela relação entre o somatório dos comprimentos de todos os canais da rede – sejam eles perenes, intermitentes ou temporários – e a área total da bacia. O sistema de drenagem é formado pelo rio principal e seus afluentes onde (Vilela & Mattos, 1975):

$$Dd = \frac{LT}{A}$$

Dd – Densidade de drenagem;

LT – Comprimento todos os cursos d'água;

A – Área da bacia;

Temos a sinuosidade do curso d'água principal como representação da relação entre o comprimento do rio principal (Lc) e a distância entre a nascente (cabeceira) e a foz (dc), medida em linha reta (UERGS- PAZ A. R.). Quanto à sinuosidade, um curso d'água pode ser classificado como retilíneo, curvo e misto, influenciando na velocidade de escoamento (Vilela & Matos, 1975). Esse termo dá uma ideia da “quantidade” de curvatura do rio, sendo determinado pela expressão (Vilela & Matos, 1975):

$$Sc = \frac{Lc}{Dc}$$

Onde:

Sc – Índice de Sinuosidade;

Lc – Comprimento do rio principal;

Dc – Distância entre a nascente e a foz;

Para a determinação numérica do tempo de concentração depende primordialmente do comprimento do curso d'água principal e de sua declividade, embora alguns autores expressem o tempo de concentração em função da área (DNIT, 2005). Sendo ainda definida pelo intervalo de tempo entre o início da precipitação e o instante em que todos os pontos da bacia estão contribuindo para vazão.

Por isso em função da área dessa bacia ser de 1.272,4 km² foi adotada a equação de Temez, utilizado para bacias naturais e rurais que abrange áreas de até 3000 km² visto que esta possui aproximadamente 1.272,4 km², se enquadrando nos parâmetros dessa equação.

$$Tc = 0,3 \times (L/i^{0,25})^{0,76}$$

Sendo que:

Tc – tempo de concentração em horas

L – Comprimento do talvegue principal

I – declividade

As características do relevo assim como as características hídricas são de fundamental importância no conhecimento de uma bacia hidrográfica, pois fatores meteorológicos e hidrológicos são influenciados diretamente por estes aspectos. Dentre as características que descrevem o relevo, tem-se a declividade média de um curso d'água principal, a qual é obtida através do quociente entre dois pontos extremos (nascente e exutório) pelo comprimento do canal entre esses dois pontos. Seu valor pode ser calculado com a seguinte equação (Vilela & Mattos, 1975):

$$S = \frac{\Delta H}{L}$$

Onde:

S - Declividade do curso principal;

ΔH - Variação da cota;

L - Comprimento do canal;

O cálculo da declividade apresenta o comportamento do escoamento superficial da região, uma vez que a gravidade impulsiona a água para as cotas mais baixas atuando na velocidade do escoamento, e conseqüentemente no tempo de concentração. Assim, quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento, bem mais pronunciados e estreitos serão os hidrogramas das enchentes (Vilela e Mattos, 1975).

O perfil longitudinal é uma representação visual da relação entre as altitudes da bacia com o comprimento do rio principal. De acordo com Christofolletti (1980) o perfil característico é côncavo para o céu, com declividades maiores em direção da nascente e com valores cada vez mais suaves em direção ao nível da base. Desse modo, se o perfil longitudinal apresenta essa característica ele pode ser considerado equilibrado.

O padrão de drenagem é uma característica morfológica que revela o formato ou o aspecto que apresenta o traçado do rio e os talvegues de uma bacia hidrográfica. Conforme Tucci (1995) este padrão está diretamente relacionado a formação geológica e geotectônica da área,

sendo, portanto, importante fator para diagnóstico e interpretação do sistema hidrológico da bacia. Pode-se classificar esse parâmetro nos seguintes formatos: dendrítico, paralelo, retangular, treliça, radial e anelar.

4. Resultados e Discussão

A bacia hidrográfica rio das Pitas possui uma área de 1272,4 km² e um perímetro de 213,7 km, estando localizada no estado de Mato Grosso e pertencente ao pantanal. A **Tabela 3** mostra os resultados obtidos através dos cálculos feitos durante o estudo morfométrico da bacia hidrográfica rio das Pitas:

Tabela 3. Valores obtidos no estudo das características da bacia do rio das Pitas:

Características da bacia hidrográfica	
Área	1.272,4 km ²
Perímetro	213,7 km
Classe da Bacia	4ª ordem
Extensão do Rio Principal	95,40 km
Coefficiente de Compacidade	1,677
Índice de Circularidade	0,350
Fator de Forma	0,261
Densidade de Drenagem	0,607 km/km ²
Declividade Total do Rio Principal	0,002667715 km/km
Tempo de Concentração	29,6 horas
Índice de Sinuosidade	1,366

Fonte: Elaborada pelo autor

Conforme mostra a **Tabela 3**, a sub-bacia estudada apresentou coeficiente de compacidade de 1,677, e índice de circularidade de 0,350, valores que, segundo Vilela e Mattos, quando afastados da unidade, indicam que a bacia possui forma alongada. De acordo com Alves & Castro (2003), bacias alongadas são menos suscetíveis a enchentes, uma vez que o tempo de concentração destas é maior, em comparação àquelas que possuem forma circular. Além disso, o fator de forma da bacia apresentou um valor de 0,261, o que, conforme Vilela & Mattos (1975), indica que a bacia é menos sujeita a enchentes que outra, de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior.

A densidade de drenagem encontrada na bacia hidrográfica Rio das Pitas foi de aproximadamente 0,607 km/km². De acordo com Vilela e Mattos (1975), esse índice varia de 0,5 km/km² em bacias com pouca drenagem a 3,5 km/km² ou mais em bacias com drenagem elevada, indicando, assim, que a bacia em estudo possui baixa capacidade de drenagem. Esse parâmetro se relaciona de forma proporcional à declividade, uma vez que, quanto menor a declividade, menor será a velocidade do escoamento superficial, portanto, menor densidade de drenagem. Nesse sentido, a densidade de drenagem da bacia foi coerente com o convencional para bacias pantaneiras, as quais são caracterizadas por terrenos com baixa inclinação e rios com correntezas brandas.

O padrão de drenagem da sub-bacia em estudo é do tipo retangular, o qual é característico de regiões de camadas sedimentares levemente inclinadas, e geralmente está presente em regiões de topografia suave, sendo característico do pantanal. O que pode ser verificado pela baixa declividade da sub-bacia, na qual o relevo é predominantemente composto por planícies.

O índice de sinuosidade abaixo da sub-bacia foi de 1,366. Logo, pelo valor obtido, observa-se que essa bacia está na classe de rios de curvatura mista, pois se aproxima do índice de 1,57 (Torres, 2012) representado por essa categoria.

A sub-bacia apresentou a declividade do curso d'água principal de 0,00266 km/km ou

0,266%, sendo caracterizada como relevo plano. De acordo com Christofolletti (1980) o aumento da declividade de um terreno provoca um aumento nos valores de textura topográfica e densidade de drenagem. Dessa forma, a declividade influencia em muitos fatores na bacia, entre eles a densidade de drenagem, a susceptibilidade a erosão e a velocidade do escoamento.

A **Figura 2** apresenta o perfil longitudinal do curso d'água principal:

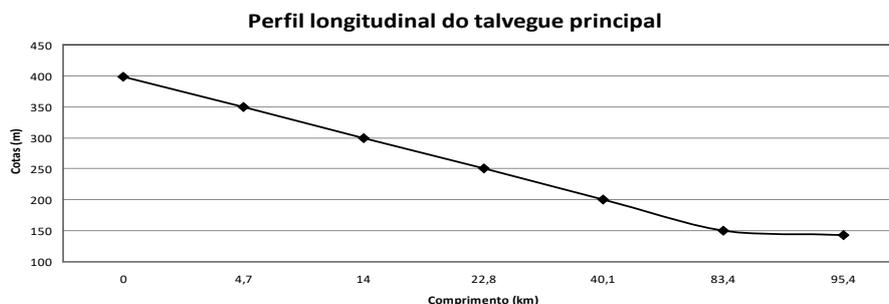


Figura 2. Perfil Longitudinal do talvegue principal da Bacia Rio das Pitas

Fonte: Elaborada pelo autor

O perfil longitudinal relaciona o comprimento do curso d'água principal com a interceptação das curvas de nível. Através dele é possível observar a distribuição da declividade em uma bacia. Os cálculos realizados da declividade média mostram que a bacia possui baixa declividade, o que resulta numa redução dos picos de enchente devido à baixa velocidade do escoamento (Vilela & Mattos, 1975).

A ordem dos cursos d'água representa o grau de ramificação do sistema de drenagem da bacia (Tucci, 2001). Conforme mostra a **Figura 3**, o grau de ramificação da rede de drenagem dessa bacia apresentou uma ordem 4, de acordo com a classificação de Horton (1976).

Em relação ao tempo de concentração obtido de 1.776 minutos ou 29,6 horas, tem-se que a bacia apresenta um número alto devido a declividade que se mostrou com uma porcentagem baixa. Em decorrência disso o escoamento dessa bacia reflete um valor mínimo.

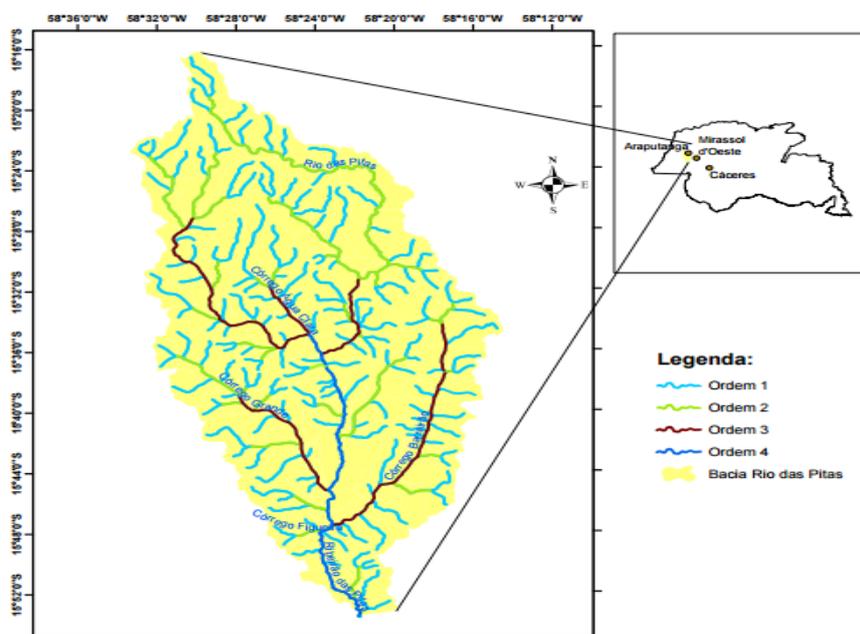


Figura 3: Ordem dos cursos d' água.

Fonte: Elaborada pelo autor

5. Conclusão

A sub-bacia do Rio das Pitas compreende uma área de 1.272,4 km². O coeficiente de compactidade apresentou o valor de 1,6775, valor afastado da unidade, evidenciando que a bacia possui um formato irregular. O índice de circularidade e o fator de forma apresentaram valores baixos, de 0,0278 e 0,2612, respectivamente, resultando na forma alongada da bacia. A declividade apresentou um valor de 0,2668%, demonstrando um relevo aproximadamente plano, como o relevo do pantanal, caracterizado pelas planícies. A densidade de drenagem apresentou um valor, de 0,607 km/km², indicando uma drenagem baixa.

A relação desses fatores, somado ao tempo de concentração indicam que a sub-bacia do Rio das Pitas não possui uma grande tendência a ter picos de enchentes. Pois a velocidade de escoamento da água dentro da bacia é reduzida, o tempo de concentração é maior, tudo em função da **conFiguração** do terreno, que possui baixa inclinação e forma alongada e da distribuição da declividade.

6. Referências

- Alves, J. M. P.; Castro, P. T. A. **Influência das feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos**. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 117- 124, 2003.
- Barrella, W. et al. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes**. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- Brasil. **Lei Federal Nº 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a política nacional de recursos hídricos. Cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art.21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de março de 1990, que modificou a lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
- Cardoso, C.A. et al. **Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ**. *Árvore*, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.
- Christofoletti, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980, 186p
- DNIT. **Manual de hidrologia básica para estruturas de drenagem**. Rio de Janeiro,2005. 137 p.
- Garcez, L.N.; Alvarez, G.A. **Hidrologia**. São Paulo: Ed. Edgard Blucher Ltda. 2006.
- Guerra, A. T. **Recursos naturais do Brasil**/ Antônio Teixeira Guerra. 3 ed. /Rio de Janeiro: IBGE, 1980. 220p.
- Horton, R.E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. *Geological Society of America Bulletin*, v. 56, p. 807-813, 1945.
- Lima, W. P. **Princípios de Manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba ESALQ/USP. 143p. 1976.
- Miranda, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**/ Miranda, José Iguelmar. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425p.
- Paz, A. R. **Hidrologia Aplicada: disciplina ministrada na UERGS, para curso de graduação em Engenharia de bioprocessos e tecnologia na unidade de Caxias do Sul**. Rio Grande do SUL, 2004. 138p.
- Tonello, K.C. et al. **Caracterização da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG**. *Árvore*, Viçosa-MG, v.30, n.5, p.849-857, 2006.
- Tucci, C. E. M., **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora UFRGS, Porto Alegre – RS. 1995.
- Villela, S. M. & Mattos, A. 1975, **Hidrologia Aplicada**, Editora Mc Graw Hill, São Paulo 245p.



Análise do relevo e das características granulométricas da porção leste do Pantanal da Nhecolândia subsidiadas com a aplicação de multissensores remotos

Frederico dos Santos Gradella¹
Paola Vicentini Boni¹
Amanda Moreira Braz¹
Hermiliano Felipe Decco¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS/CPTL
Av. Ranulpho Marques Leal, 3484
79620-080 - Três Lagoas - MS, Brasil
fregadella@yahoo.com.br
{paolavicentiniboni, amandabraz.geo, herrr.decco}@gmail.com

Resumo. O Pantanal é uma bacia sedimentar localizada no interior da Bacia do Alto Paraguai, caracterizada principalmente pelas inundações anuais e ser uma extensa planície. O leque do Taquari é uma unidade geomorfológica que sua porção sul é chamada de Nhecolândia. Ela é internacionalmente conhecida pela existência de lagoas, sendo algumas de pH elevado. A porção leste da Nhecolândia não possui lagoas, é formada na maioria por ampla planície recoberta por gramíneas nativas e conjuntos alongados de vegetação arbórea. Diante desses aspectos, o trabalho objetiva a aplicação de análises de multissensores remotos para delimitação de áreas para realização de levantamento de campo para análise granulométrica. Utilizou-se dados SRTM para criação de Modelos Digitais de Elevação e imagens Landsat dos anos de 1985, 2000 e 2015 para análise multitemporal. Foi realizado trabalhos de campo para validação das análises e coleta de amostras para análise granulométrica em laboratório. Como resultado tem que os MDEs são eficientes para verificação das feições do relevo, porém, foi possível identificar que o efeito dossel pode sugerir elevações que em campo se provaram inexistentes. A análise multitemporal com as imagens Landsat permitiram em gabinete corroborar com o indicativo dessas interferências arbóreas na identificação do relevo com dados SRTM. Por fim, a presente proposta de análise sugere que o uso consorciado dos dois tipos de sensores contribui para levantamentos em campo, e que as técnicas de geoprocessamento e fotointerpretação nos estudos do Pantanal da Nhecolândia são importantes, porém, é muito necessário que sejam realizados campos para validação das informações.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto; Geomorfologia; efeito dossel.

Abstract. Pantanal is a sedimentation basin located within Upper Paraguay River Basin. This region is characterized by annual floods and extensive plain. Taquari fan is a geomorphological unit, this southern part is named Nhecolândia. This region is internationally known for many lakes, some of them with a high pH. An Eastern part of Nhecolândia does not have lakes. This area is formed by large plain covered with native grass species and arboreal vegetation. The study aimed to apply multi-sensor remote sensing to delimit fieldwork areas for granulometric analysis. Digital Elevation Models (DEM) were obtained from SRTM data and used Landsat images from 1985, 2000 and 2015 for multitemporal analysis. Fieldwork is realized to confirm the analysis and to collect samples for granulometric (sieve) analysis in laboratory. The results indicated a DEM as an efficient way to identify relief map. However the effects of canopy cover may suggest elevations model that were not detected in fieldwork. Multitemporal analysis based on Landsat images also suggested arboreal interferences from SRTM data in laboratory. The finding of this study indicated that Landsat images and SRTM data used mutually contribute for collecting samples in field; in the same way fieldwork is very important to confirm geoprocessing and photointerpretation information in Pantanal of Nhecolândia researches.

Key-words: Remote sensing; Geomorphology, canopy effect.

1. Introdução

O Pantanal é caracterizado por ser uma bacia de sedimentação, deprimida e plana que recebe sedimentos dos tributários do rio Paraguai, que cruzam os planaltos transportando sedimentos em sua maioria arenosos das formações da Bacia do Paraná (Assine, 2003). Está localizada no interior da Bacia do Alto Paraguai (BAP), que tem como rio principal o Paraguai, a área de ocupação do Pantanal no território brasileiro é de aproximadamente 138.183km², sendo 89.318km² no estado de Mato Grosso do Sul (Silva e Abdon, 1998).

O Pantanal possui diversas compartimentações devido as diferentes características, como tempo de inundação, relevo, vegetação. Do ponto de vista geomorfológico, existem planícies de inundação e os leques aluviais, desse modo, Franco e Pinheiro (1982) definem como um dos compartimentos dos Pantaneis Mato-grossense o leque do Taquari. Regionalmente o leque pode ser dividido em dois recebendo duas nomenclaturas, ao norte do rio Taquari o Pantanal do Paiaguás e ao sul o Pantanal da Nhecolândia. Essa segunda região é caracterizada pelas unidades de paisagem associadas com a morfologia do relevo, sendo as baías, salinas, cordilheiras, vazantes e corixos (Sakamoto et al., 1996).

As existências das salinas na Nhecolândia proporcionaram várias hipóteses quanto a gênese do relevo, como Clapperton (1993) quando afirma que a formação da Nhecolândia está associada ao último intervalo árido e a junção dos ciclos interglaciais, e Assine e Soares (2004) acreditam que a formação da paisagem é composta através de forma eólica. Diante dessas afirmações, tem-se necessidade de se conhecer melhor as características granulométricas da região, além de se refinar os levantamentos topográficos, com vias de compreensão corroboração ou refutação das gênese de processos já propostos.

No que tange a utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento no Pantanal, tem se esbarado em dificuldades, pois existem limitações de aplicações devido a área ser plana, principalmente quanto a utilização de dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) devido o efeito dossel, que segundo Valeriano (2008) e Valeriano e Abdon (2007) a vegetação arbórea amplifica o relevo causando feições associados a dosséis vegetais.

A porção SW da Nhecolândia onde há as lagoas salinas já foi amplamente explorada cientificamente e claramente explicada a existência de espécies arbórea de grande porte ocupando as áreas elevadas (cordilheiras) (Allen e Valls, 1987; Pott, 1995; Sakamoto et al., 1996). Contudo, as áreas a leste na Nhecolândia pouco foram estudadas, principalmente na busca de se definir correlações relevo-vegetação e/ou sistematizar pesquisa no entendimento de processos de formação do relevo e as características sedimentares e granulométricas dessa porção, que não

existem lagoas salinas e é formada principalmente de amplas planícies cobertas por gramíneas e cordões alongados de vegetação arbórea.

2. Objetivo

Determinar áreas para levantamento de campo para análise granulométrica a partir de interpretação do relevo através de dados SRTM e análise multitemporal de imagens Landsat.

3. Material e Métodos

Com a proposta de se otimizar os trabalhos de campo através da definição das áreas a serem estudadas, partiu-se dos levantamentos em gabinete com uso das geotecnologias. Primeiramente foram utilizados os dados de elevação das imagens do radar da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) de 30 metros da porção leste da Nhecolândia (**Figura 1**), adquiridos junto ao *site* EarthExplorer do Serviço Geológico dos Estados Unidos-USGS. Os dados foram processados no software Global Mapper com elaboração de modelos digitais de elevação (MDE) para serem testados com diferentes fatiamentos de classes altimétricas, que foram de 10, 5, 3 e 1 metro de equidistância. Também foram traçados perfis topográficos digitais.

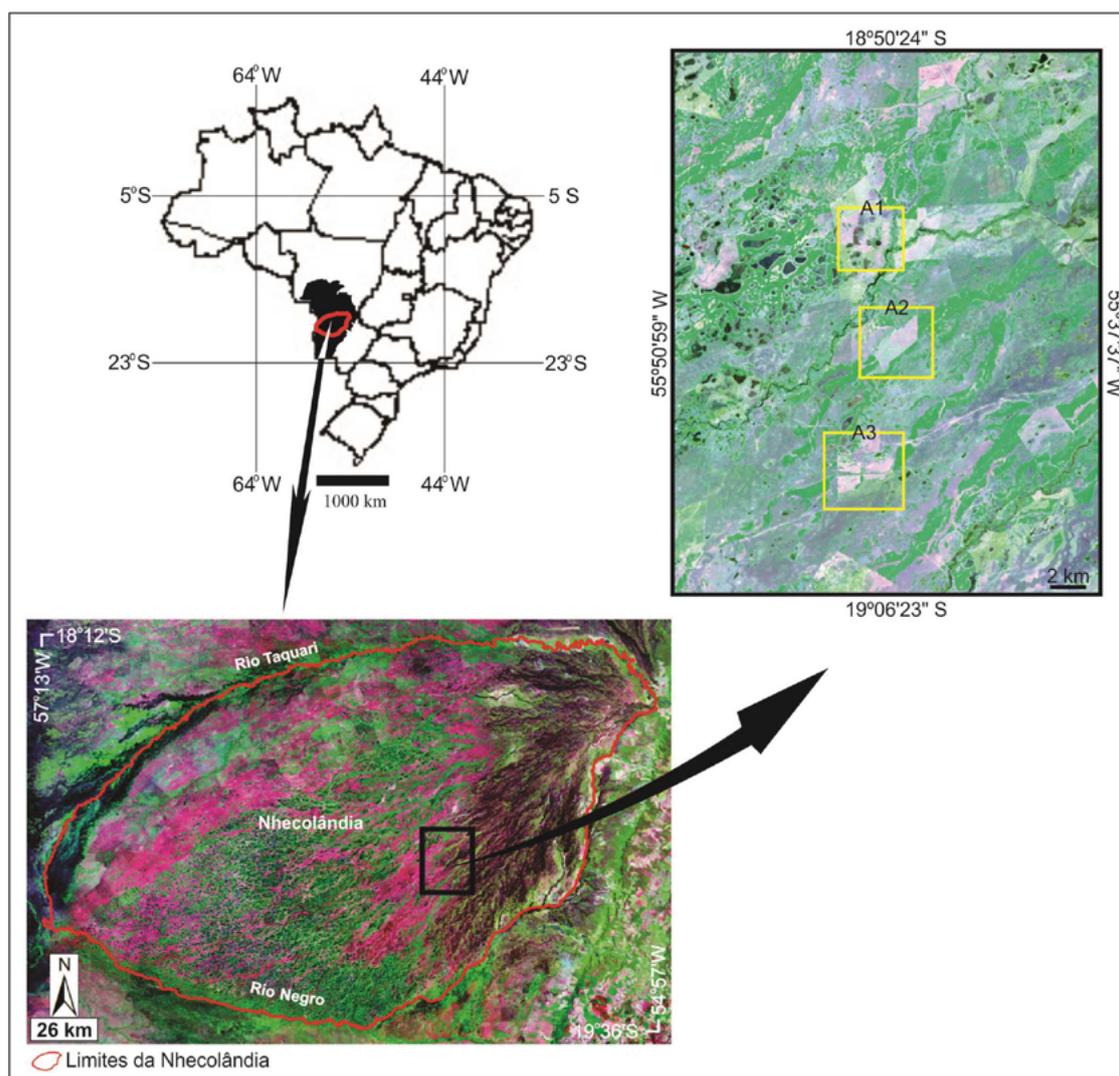


Figura 1. Localização da área de estudo. Região da Nhecolândia no texto do Brasil e da BAP com o recorte da área estudada.

Para correlacionar as interpretações com os produtos extraídos do SRTM, foram utilizadas imagens do satélite Landsat de 3 anos diferentes, que são: 1985, 2000 e 2015, todos da órbita 226 e ponto 073, todas adquiridas juntas ao catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE.

As imagens foram georreferenciadas e equalizadas no software ArcGis, sendo que a imagem de 1985 (Landsat 5) utilizou-se as bandas R3G4B5, a imagem de 2000 (Landsat 5) também foram as bandas R3G4B5, e a imagem de 2015 (Landsat 8) as bandas utilizadas foram as R4G5B6.

Com as análises em gabinete, foram definidos 3 áreas para ser realizado o trabalho de campo, o qual ocorreu entre os dias 22 e 24 de setembro de 2015. Em campo foram coletadas amostras com trado do tipo holandês, quando era tomada a cor da amostra com tabela de Münsell e acondicionadas em sacos identificados com as profundidades. Também foi mensurada a altura das árvores, separando-as em grupos de grande, médio e pequeno porte.

Após a coleta das amostras, em laboratório as amostras foram organizadas e preparadas para análise granulométrica, quando as amostras foram colocadas para secagem utilizando o método TSFA (terra fina seca ao ar). Em seguida, ocorreu o destorroamento e o peneiramento no agitador de análises granulométricas para separação das frações dos grãos.

Após o peneiramento, procedeu-se com a classificação dos grãos em areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, silte e argila. Essa classificação granulométrica foi baseada na proposta de Wentworth adaptada por Suguio (1980).

4. Resultados e Discussão

As análises iniciais dos MDEs demonstraram eficiência considerável, pois é possível identificar feições elevadas, deprimidas e planas. Feições elevadas são evidentes, como pode ser observado na **Figura 2**, onde são presentes formas alongadas no sentido NE-SW.

Com a elaboração do MDE, percebe-se que em 1 metro de equidistância não evidenciou as formas com melhor qualidade, pois criou muita variação, que numa visão regional, causa confusão na interpretação. Já com a equidistância de 3 metros foi satisfatório o resultado, pois torna visíveis as formas sem causar possíveis artificialidades, como com 1 metro.

Quanto ao MDE de 5 metros, quando as formas são maiores esse apresenta como uma boa opção, pois homogeneiza as áreas, possibilitando interpretações de conjuntos mais amplos. Já com a equidistância de 10 metros o MDE se mostrou ineficiente devido à variação topográfica no sentido distal do leque (NE-SW), pois existem patamares topográficos de aproximadamente 10 metros.

Quando comparado essas formas identificadas nos MDEs com as imagens Landsat, nota-se claramente que essas feições elevadas estão sobrepostas por vegetação arbórea e, em maioria das áreas, com denso agrupamento.

Com a análise evolutiva da área baseado nas três imagens utilizadas do Landsat que totalizam 31 anos, foi possível identificar o desmatamento em algumas áreas. Quando comparado com os MDEs, nota-se que as áreas onde ocorreu o desmatamento antes da passagem da missão SRTM se configuram planas. Já as áreas que foram desmatadas após o levantamento SRTM se apresentam como feições elevadas.

Com a análise consorciada de sensores remotos possibilitou definir 3 áreas para serem realizados os trabalhos de campo, que são: A1, borda de uma área deprimida com presença de água e parcialmente desmatada antes e outra parcela desmatada após o levantamento da missão SRTM; A2, vegetação desmatada após o levantamento SRTM; A3, vegetação desmatada antes da passagem SRTM.

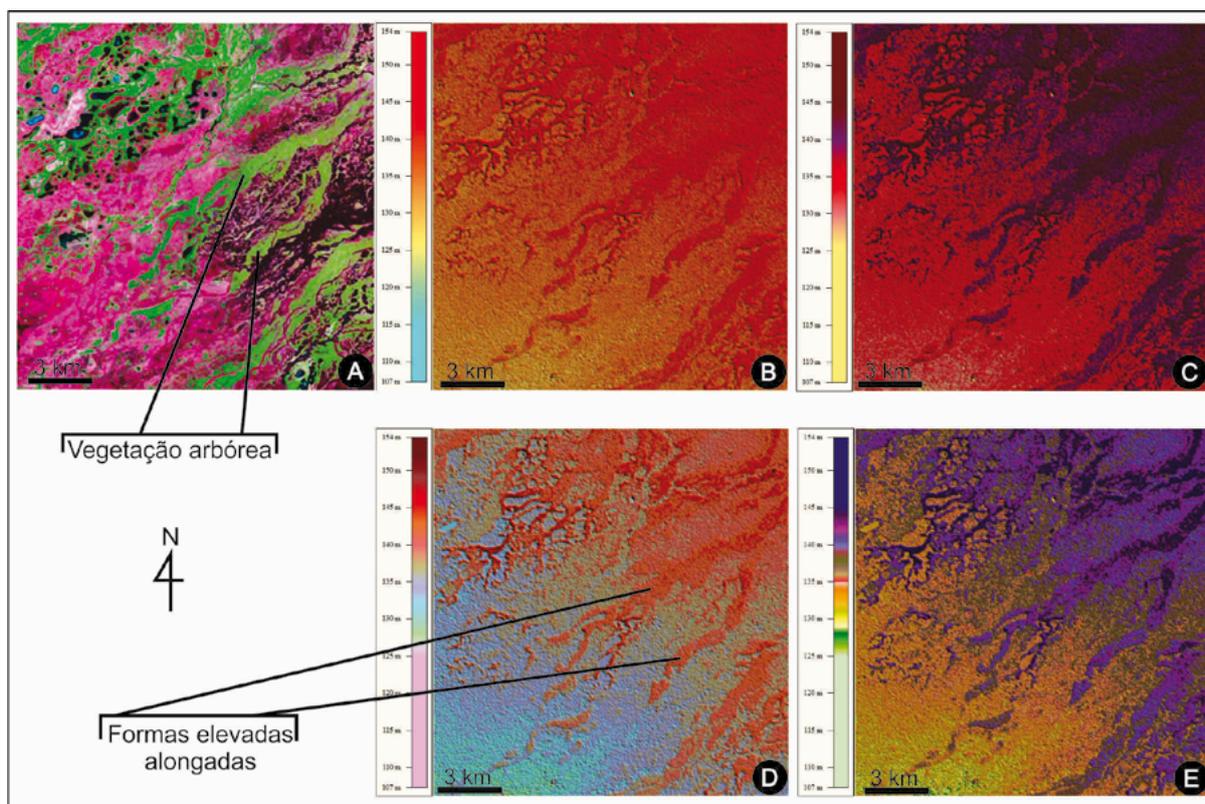


Figura 2. Modelos digitais de elevação. A-Imagem Landsat (2010) do mesmo ano do levantamento de dados SRTM. B-MDE 10 m. C-MDE 5 m. D-MDE 3 m. E-MDE 1 m.

Em campo foi possível refinar a descrição, sendo elas então definidas como: A1 localiza-se próximo a área deprimida contendo água, com presença de vegetação rasteira e arbórea de grande porte, porém a área está desmatada, com pequeno declive no sentido da área deprimida com água. A A2 é plana, apresenta gramínea exótica introduzida para pastagem com algumas árvores de médio e grande porte que foram deixadas durante o desmatamento, no entorno há variação na concentração da vegetação, pois em alguns pontos é esparsa e em outros pontos há vegetação arbórea densa. A3 é plana, também com gramíneas exóticas introduzidas para pastagem com poucas árvores, porém, de grande porte e densa.

Quando analisado as áreas desmatadas (A2 e A3) e o seu entorno, nota-se claramente que não elevação, sendo plana, seja no sentido dos cordões alongados dos conjuntos vegetacionais (NE-SW) ou nas áreas que naturalmente já existiam gramíneas nativas. Em A2 as árvores de maior porte chegavam a medir 13 metros, demonstrando correlação com os dados SRTM, pois a variação entre as áreas arbóreas e as gramíneas variam entre 4 e 6 metros. Na A3 as árvores mais altas chegam a 15 metros e a diferença das áreas de gramíneas nativas nos dados SRTM chegam a 8 metros, devido o adensamento arbóreo da área (**Figuras 3 e 4**).

Na A1 por apresentar áreas desmatadas em dois momentos diferentes, os dados SRTM evidenciam claramente a interferência da vegetação. Na **Figura 5A** é possível notar uma elevação circundada por área plana, na **Figura 5B** verifica-se a vegetação existente na imagem de 1985 e na **Figura 5C** imagem de 2015 a vegetação retirada após a missão SRTM, e na **Figura 5D** visualiza-se a vegetação atualmente retirada confirmada em campo, onde as árvores chegavam a medir 14 metros e nos dados SRTM a diferença altimétrica alcança 10 metros (**Figura 5E**).

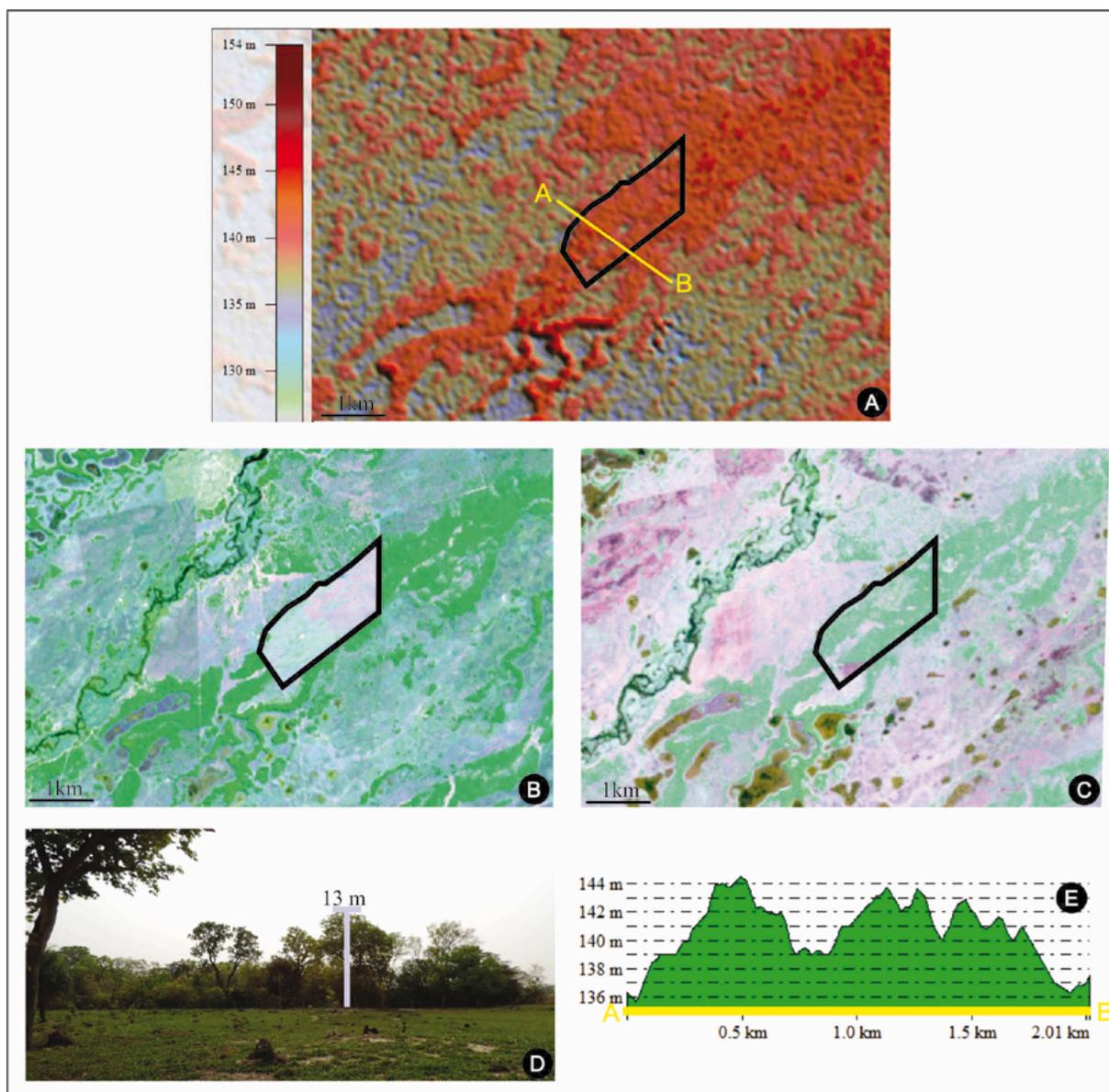


Figura 3. Imagens da A2. A-Dados SRTM, em destaque em amarelo onde foi traçado o perfil topográfico digital, em destaque o polígono em preto onde ocorreu o desmatamento. B-Imagem de 2015, em destaque o polígono em preto onde ocorreu o desmatamento. C- Imagem de 1985, em destaque o polígono em preto antes de ter ocorrido o desmatamento. D-Foto tirada em 23/09/2015, em destaque a altura das árvores no fragmento florestal a leste. E-Perfil topográfico digital com dados SRTM.

As análises granulométricas apresentam de modo geral que em A1(110 cm de profundidade) há concentração em areia em todas as profundidades, sendo a maior concentração em areia fina com variação de 38% a 50%. A segunda maior concentração dos grãos ficou em areia muito fina entre 35% a 22%. A terceira maior parte dos grãos está classificada em areia média variando entre 17% a 20%. As demais espessuras de grãos não possuem quantidade significativa, variando de 1% a 8%.

Em A2 (200 cm de profundidade), ocorreu semelhante a A1, com maior concentração dos grãos em areia com aproximadamente 95% em cada amostra e as demais espessuras variando entre 1% e 5%. A maior quantidade de grãos foi também classificada como areia fina com

oscilação de 35% a 50%. A segunda maior concentração em areia média, variando entre 18% a 27%. A terceira maior concentração dos grãos foi areia muito fina, variando no intervalo de 10% a 21%.

A A3 apesar de acompanhar o grupo das areias, demonstrando também grãos bem selecionados, diferentemente das áreas anteriores, apresentou maior concentração em areia média, com concentrações variando entre 46% e 48%. Seguidamente, a segunda maior concentração entre 30% a 33% foi classificada como areia fina.

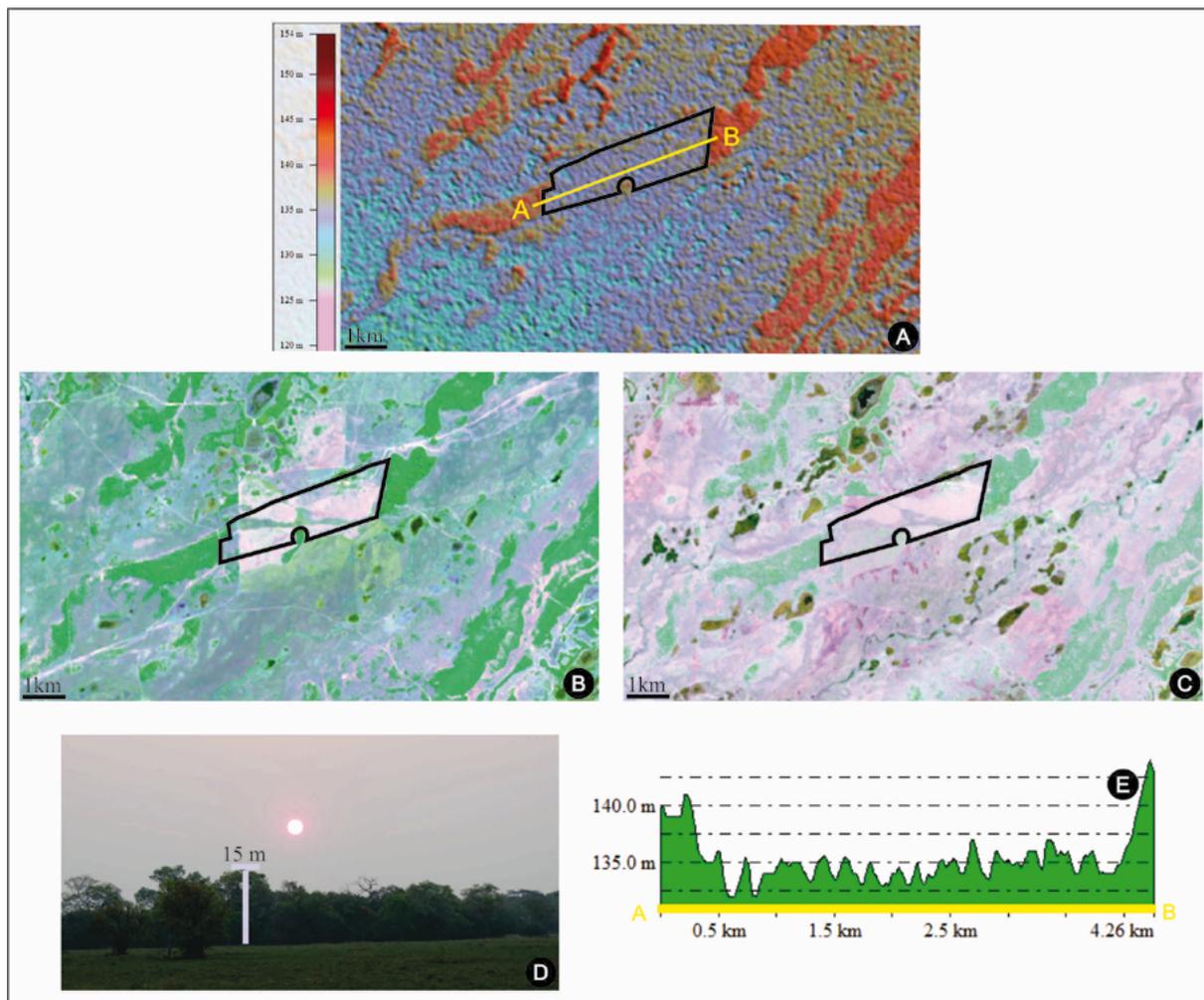


Figura 4. Imagens da A3. A-Dados SRTM, em destaque em amarelo onde foi traçado o perfil topográfico digital, em destaque o polígono em preto onde ocorreu o desmatamento. B-Imagem de 2015, em destaque o polígono em preto onde ocorreu o desmatamento. C- Imagem de 1985, em destaque o polígono em preto onde ocorreu o desmatamento. D-Foto tirada em 23/09/2015, em destaque a altura das árvores no fragmento florestal a oeste. E-Perfil topográfico digital com dados SRTM.

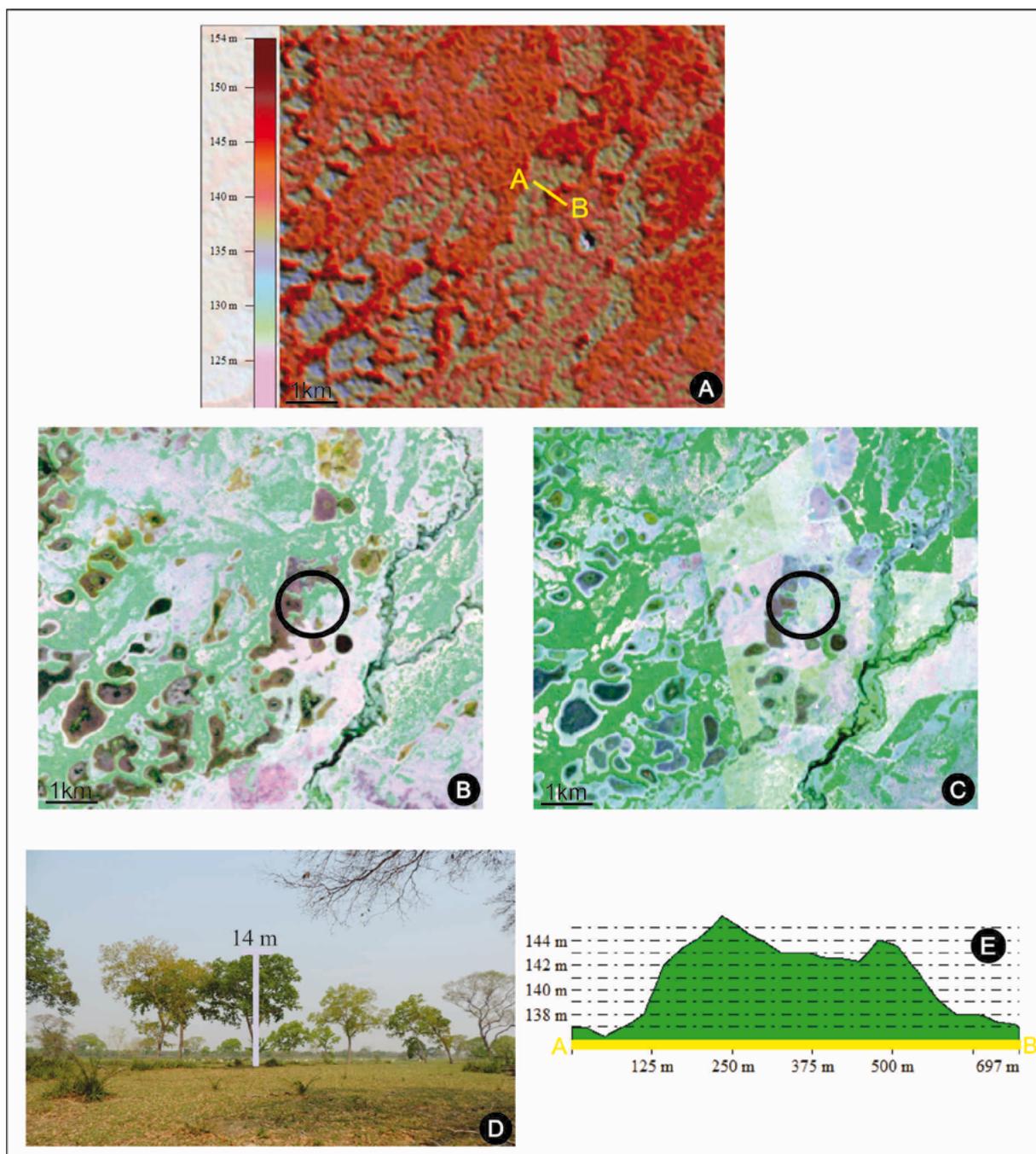


Figura 5. Imagens da A1. A-Dados SRTM, em destaque em amarelo onde foi traçado o perfil topográfico digital. B-Imagem de 1985, em destaque circulado de preto a existência da vegetação. C-Imagem de 2015, em destaque circulado de preto a inexistência da vegetação. D-Foto tirada em 22/09/2015, em destaque a altura da árvore deixada após no desmatamento. E-Perfil topográfico digital com dados SRTM.

5. Conclusões

Análises geomorfológicas de um modo geral são bem conduzidas com uso do sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, porém, quando se trata de áreas de planície, como é o caso do Pantanal, tem-se necessidade de maior atenção quando realizada a fointerpretação. Diante disso, a presente pesquisa demonstra claramente a necessidade de validação em campo dos dados e informações levantadas em gabinete.

A utilização de multissensores, no caso o SRTM consorciado ao Landsat, se apresentou extremamente importante e eficiente, principalmente quando a utilização das imagens Landsat foi feita com análise multitemporal, permitindo identificar falsas interpretações do SRTM, como o caso de sobre-elevação causada pela vegetação arbórea, criando efeito dossel, corroborando com outros estudos sobre efeito dossel no Pantanal.

Os testes de fatiamento topográfico dos MDEs demonstraram que para essa área na Nhecolândia deve ser utilizada a equidistância de 3 metros, pois potencializou a identificação de microformas do relevo, diminuindo a percepção de elementos artificiais, mas também permitiu delinear as formas maiores.

Por fim, a presente pesquisa foi importante, pois sugere que em novos estudos de cunho geomorfológico na região da Nhecolândia, mais especificamente na porção leste, seja utilizado a presente proposta de análise para definição dos pontos para levantamentos em campo, visto que essa aperfeiçoa os trabalhos de campo e diminui a probabilidade de incoerência de interpretação dos dados SRTM.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul-FUNDECT pelo financiamento da pesquisa e à Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação-PROPP/UFMS pela concessão de bolsa de iniciação científica.

7. Referências

- Allem, A. C.; Valls, J. F. M. **Recursos Forrageiros nativos do Pantanal mato-grossense**. v. 8, Embrapa-Cenargen, Brasília, 1987.
- Assine, M. L. **Sedimentação na Bacia do Pantanal Mato-grossense, Centro-oeste do Brasil**. Unesp, Rio Claro, 2003. (Tese de Livre Docência).
- Assine, M. L.; Soares, P. C. Quaternary of the Pantanal, west-central Brazil. **Quaternary International**, 2004.
- Clapperton, C. **Quaternary Geology and Geomorphology of South America**. Amsterdam. Elsevier, 1993.
- Franco, M. S. M.; Pinheiro, R. **Geomorfologia**. In: Projeto Radambrasil. Levantamento de recursos naturais. Folha SE 21 Corumbá e parte da Folha SE 20: Rio de Janeiro, 1982. 72.
- Pott, A. Relações da vegetação com ambientes do Pantanal. In: Encontro Sobre Sensoriamento Remoto Aplicado a Estudos no Pantanal, 1995, Corumbá. **Anais...** São Jose dos Campos: INPE, 1995. p. 5-7.
- Suguio, K. **Rochas sedimentares: Propriedade, Gênese, Importância econômica**. 1980.
- Silvia, J. S. V.; Abdon, M. M. **Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas Sub-Regiões**. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 33, Numero Especial, p. 1703-1711, out. 1998.
- Sakamoto, A. Y.; Queiroz Neto, J. P., Fernandes, E., Lucati, H. M.; Capellari, B. Topografia de Lagoas Salinas e seus Entornos no Pantanal da Nhecolândia. In: II Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócioeconômicos do Pantanal, 1996. **Anais...** Corumbá. Embrapa, 1996.
- Valeriano, M. M. **Topodata: Guia de utilização de dados geomorfométricos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>>.
- Valeriano, M. M.; Abdon, M. M. Aplicação de dados SRTM a estudos do Pantanal. *Revista Brasileira de Cartografia*, v.1, n. 59, 2007.



Uso de geotecnologia para obtenção de áreas de prioridade para mapeamento geomorfológico na Bacia do Alto Paraguai-BAP

Jepherson Correia Sales ¹

Joelson de Souza Passos ¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT

Av. Fernando Correa da Costa nº2367

Cuiabá - MT, Brasil

{jepherson.sales, joelson3000}@gmail.com

Resumo. Com o avanço das geotecnologias e o aprimoramento das ferramentas do Sistema de Informação Geográfica (SIG) em conjunto com o Sensoriamento Remoto (SR) obteve-se produtos de extrema relevância e com qualidade para o mapeamento e monitoramento das alterações sofridas na natureza, tornando-se importantes para o planejamento e fiscalização das mudanças no ambiente por atividades antrópicas. Considerando a relevância dos produtos de SR e do SIG para realização de estudos sobre a evolução da paisagem e da influência das ações antrópicas sobre as dinâmicas da natureza este artigo objetiva identificar áreas de prioridade para realização de mapeamento geomorfológico na Bacia Hidrográfica do Paraguai (BAP), para fins de planejamento ambiental e prevenção de processos erosivos. Utilizou-se dos dados obtidos por sensoriamento remoto como o Modelo Digital do Terreno (MDT) do programa SRTM, disponibilizado pelo USGS/NASA, o mapa de solos da Embrapa, disponibilizado pelo IBGE (2001) e a hidrografia da Agência Nacional das Águas (ANA). Os mapas foram gerados no software Arcgis 9.3, baseando-se na metodologia de sobreposição de camadas e utilizando as variáveis do tipo solo, hipsometria, declividade, distância da rede de drenagem. Ficou evidente a relevância do uso da geotecnologia para o mapeamento geomorfológico no intuito de gerar informações que auxiliem na análise, planejamento, monitoramento e fiscalização da evolução da paisagem no Pantanal buscando prever e evitar o avanço dos processos erosivos decorrentes das atividades antrópicas na região.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica (SIG), mapeamento geomorfológico, Bacia do Alto Paraguai, processos erosivos.

Abstract. With the advancement of geotechnology and the improvement of the Geographic Information System tools (GIS) in conjunction with the Remote Sensing (RS) gave extremely relevant and quality products for mapping and monitoring changes experienced in nature, making It is important for planning and monitoring of changes in the environment by human activities. Considering the importance of SR and GIS products for studies of the evolution of the landscape and the influence of human activities on the dynamics of nature this article aims to identify priority areas for carrying out geomorphological mapping in the Basin of Paraguay (BAP) for purposes of planning and prevention of environmental erosion. We used data obtained by sensing remote as the Digital Terrain Model (DTM) of the SRTM program, provided by USGS / NASA, the EMBRAPA soils map, disponibilizado by IBGE (2001) and hydrography of the National Water Agency (DWARF). The maps were generated in Arcgis 9.3 software, based on the overlapping layers methodology and using the soil type variables, hypsometry, slope, distance from the drainage network. It was evident the importance of the use of geotechnology for geomorfologia mapping in order to generate information to assist in the analysis, planning, monitoring and landscape evolution of supervision in the Pantanal seeking to anticipate and prevent the advancement of erosion resulting from human activities in the region.

Key Word: remote sensing, geographic information system (GIS), geomorphological mapping, Upper Paraguay River Basin, erosive processes.

1. Introdução

Nos últimos anos a discussão acerca dos problemas ambientais têm ganhado grande repercussão. Devido às ações desenfreadas e sem planejamento do ser humano, alterando a paisagem natural sem os devidos estudos, a natureza tem sofrido com as consequências destas ações. Por isso cresceu o debate sobre as implicações do desmatamento, aquecimento global, poluição, entre outros.

Dentre as implicações dessas ações antrópicas encontra-se os processos erosivos, decorrente das atividades econômicas realizadas de maneira inadequada. A erosão é um processo natural que consiste basicamente no desprendimento e deslocamento de sedimentos de um determinado local para outro, por meio de agentes endógenos ou exógenos como o vento e a água. Contudo esse processo é intensificado com a ação do homem, por exemplo com a retirada de vegetação, desprotegendo o solo e deixando o suscetível a formação de voçorocas, tornando-o improdutivo e causando prejuízos econômicos e ambientais.

No entanto, no decorrer dos anos as tecnologias avançaram e as técnicas de sensoriamento remoto e SIG foram aperfeiçoadas a ponto de possibilitar o mapeamento e monitoramento das alterações ocorridas na superfície terrestre.

Com isso as ferramentas do sensoriamento remoto, auxiliadas pelos sistemas de informações geográficas apresentaram-se eficazes no fornecimento de dados para o acompanhamento dos ecossistemas brasileiros e das alterações que estes sofrem. Dessa forma possibilita a fiscalização e o controle das atividades por meio de órgãos governamentais.

Considerando que os sistemas de informação geográficas são ferramentas utilizadas para o armazenamento, análise e manipulação de dados geográficos, tornam-se importantes instrumentos para as ações de controle, monitoramento, mapeamento e planejamento dos ecossistemas, podendo identificar as áreas prioritárias para recuperação. (Câmara Neto et al., 1996).

Para Santos (2006, p.676) o uso dos produtos e técnicas do Sensoriamento Remoto podem ser utilizadas sob duas vertentes técnicas: a primeira para análise de determinado ecossistema, visando detalhamento nas informações contidas nele, para fins de preservação e manejo sustentável nas áreas pouco exploradas pelos seres humanos; e a segunda para o acompanhamento de processos de degradação ambiental, provenientes de desmatamentos e queimadas para conversão do habitat natural em extensas áreas agrícolas e de pastagens implantada, geralmente realizadas sem técnicas adequadas à manutenção do uso, ocasionando grande perda de biodiversidade, degradação do solo, fragmentação dos habitats, perda de condições edáficas e hídricas,

podendo apresentar significativo grau de assoreamento.

Com a conversão de extensas áreas de vegetação em áreas de pastagens e agricultura, para exploração econômica, são utilizadas técnicas inadequadas que acabam por prejudicar o ambiente convertido, acarretando na intensificação dos processos erosivos formando voçorocas, ravinas entre outras formas de degradação do solo, geralmente iniciadas nas cabeceiras dos cursos d'água e levando os sedimentos, assoreando os rios onde desaguam.

Estas erosões podem ocasionar prejuízos financeiros e impactos sociais negativos representados pela perda de terrenos cultiváveis em áreas agrícolas, desvalorização das terras ribeirinhas, comprometimento ou destruição de estruturas de engenharia próximas ao leito do canal fluvial (estradas, pontes, barragens, casas, torres de transmissão de energia, entre outros). Portanto é de fundamental importância estudos sobre erosões e formas de monitoramento, manejo, controle e prevenção.

Uma maneira de identificar as erosões é por meio de mapeamento, utilizando-se as técnicas de sensoriamento remoto com auxílio do SIG. Deve ser realizado um mapeamento geomorfológico para que possam ser identificadas as áreas prioritárias já que “a utilização de mapas geomorfológicos no âmbito do gerenciamento contribui para a elucidação de características do relevo, subsidiando o planejamento ambiental, visto que esses podem apontar setores do relevo que apresentam suscetibilidade à atuação antrópica.” (Machado e Cunha, 2012, p.1).

De acordo com União Internacional de Geomorfologia (UIG) “mapas são uma das maneiras mais apropriadas e sintéticas de mostrar a distribuição das formas de relevo, os depósitos da superfície e sub-superfície, os processos que atuam na paisagem e o período de tempo dessa ação” (Fonseca et al., 2012, p.1). Dessa forma:

a geomorfologia utiliza representações cartográficas para espacializar seu objeto de estudo e assim melhor visualizar as formas e os processos, buscando elementos que auxiliem na melhor compreensão da evolução e dinâmica do relevo. Como toda a representação cartográfica, mapeamentos geomorfológicos variam em função do que se pretende representar e da escala desta representação. O estudo relativo das formas de relevo e seus processos, leva ao conhecimento da sua gênese e dinâmica, esse entendimento é de fundamental importância construção evolutiva da paisagem. Nesse contexto a cartografia geomorfologia aplicada ao planejamento ambiental é uma ferramenta que fornece suporte para balizar as atividades humanas de uso da terra (Fonseca et al., 2012, p.1).

Nesse contexto encontra-se a Bacia do Alto Paraguai (BAP), com uma extensão de 496.000 km², sendo pertencente ao Brasil 396.800 km². O restante está dividido entre Bolívia e Paraguai. A área pertencente ao Brasil está dividida em 207.249 km² no estado de Mato Grosso do Sul e 189.551 km² no estado de Mato Grosso. Da área da BAP brasileira 64% corresponde a planaltos e 36% ao Pantanal (planície). A BAP é formada por 175 rios que totalizam uma extensão de 1400 km no território brasileiro. (Mato Grosso do Sul, 2015, p.22)

Segundo Padovani et al. (1998) “os rios da bacia do alto Paraguai, no planalto, apresentam um intenso transporte de sedimentos produzidos nas sub-bacias a montante e, no Pantanal, predomina a deposição desse sedimento, como pode ser observado claramente no rio Taquari”, isso evidencia a importância da contenção dos processos erosivos que ocorrem nas cabeceiras dos cursos d'água afluentes da BAP, a fim de evitar o assoreamento dos rios.

Os assoreamentos têm se intensificado com o processo de ocupação e as práticas de atividades econômicas implantadas dentro e no entorno da Bacia do Alto Paraguai. Contudo, “a ocupação humana e a agropecuária não são a causa da alteração no trajeto dos rios [...] mas elas a aceleram por aumentar o transporte de sedimentos do planalto para a planície.” Mario Luis Assine – Unesp / Rio Claro. (WWF, 2015, p.3).

Portanto, fica evidenciado que a alteração no curso dos rios, o assoreamento e as erosões são processos naturais e não são causados pela atividade humana. Porém esta acelera e intensifica o processo com a retirada de vegetação e uso de técnicas inadequadas para o manejo do solo, ocasionando os prejuízos econômicos e impactos sociais negativos.

Por isso, encontra-se grande número de voçorocas e erosões em solos arenosos onde foi implantado pecuária, conseqüentemente encontram-se vários cursos d'água assoreados decorrente do transporte dos sedimentos das partes altas para as partes mais baixas, ou seja, sendo levado dos planaltos para a planície, no caso o Pantanal.

Não encontram-se facilmente estudos sobre áreas prioritárias para mapeamentos geomorfológicos ou da sua importância para o planejamento ambiental destas áreas dentro da Bacia do Alto Paraguai. Segundo Calheiros e Oliveira (2011, p.114) “o pulso de inundação anual e interanual como fenômeno responsável pela interação dos processos hidrológicos e ecológicos, tem sido o centro das investigações”. Ou seja, o foco das pesquisas realizadas na Bacia do Alto Paraguai são em grande maioria levando em consideração o pulso de inundação anual e interanual, não tendo muitas pesquisas acerca de áreas prioritárias para realização de um planejamento geomorfológico, por exemplo. Sendo necessário que outros fatores também sejam incorporados aos estudos para que se consiga um resultado mais completo sobre a problemática ambiental que envolve a Bacia do Alto Paraguai.

2. Objetivo

O presente artigo tem o objetivo de identificar áreas de prioridade para realização de mapeamento geomorfológico na Bacia do Alto Paraguai (BAP) para fins de planejamento ambiental e prevenção de processos erosivos.

3. Material e Métodos

A Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai esta localizada na porção sul do Estado de Mato Grosso e na porção oeste e norte do Estado de Mato Grosso do Sul, se estendendo por uma área de 396.800 km². É uma área onde se localiza as principais nascentes e rios tributários formadores do Pantanal Mato-grossense, maior planície alagável do planeta, segundo Unesco (2000). A área de estudo possui grande interação planalto-planície no seu regime hidrológico e sedimentológico, além de uma intensa atividade agropecuária em solos e declividades adequadas para este fim. As mesmas provocam alteração no uso do solo e, se não adequadamente manejadas, desencadeiam processos erosivos. Na **Figura 1** apresentamos a localização da área de estudo.

Com a finalidade de obter áreas de prioridade para a realização de mapeamento geomorfológico adotou-se a metodologia de sobreposição de camadas por processo álgebra de mapas, com as seguintes variáveis: tipo de solo, hipsometria (m), declividade (%) e distância da rede de drenagem (m). Essas operações foram realizadas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas sendo utilizado o Software ArcGIS da Empresa ESRI versão 9.3.

O mapa de tipo de solo foi obtido no INPE (2004) com escala de 1:5.000.000, foi realizado recorte para área da BAP e classificado por hierarquia de uso agrícola pelo Sistema brasileiro de classificação de solos. Após hierarquização foi reclassificado como arquivo raster resolução de 90m em quatro níveis de prioridade conforme **Tabela 1**.

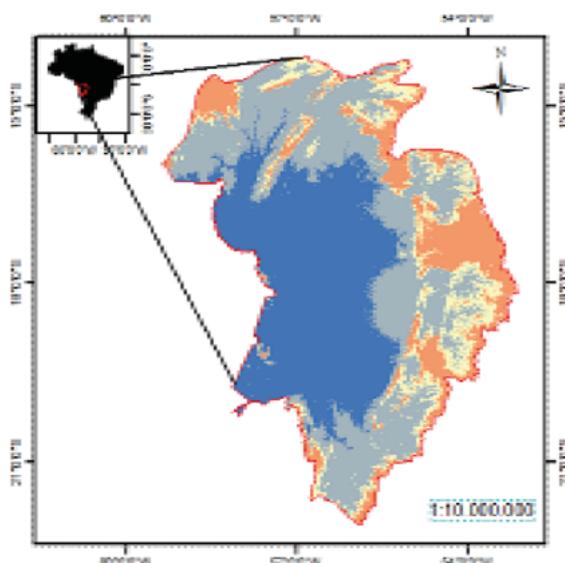


Figura 1. Localização da Bacia do Alto Paraguai – BAP

Tabela 1. Classificação dos solos

Nota	Classe de solo
1	Massa d'água, FF, FX
2	ES, GX, TC, RL, RR, RQ
3	PVA, CX, NV, SX, SG, SN, FX, VE, VG, PV
4	MT, MD, LVA, LV

Fonte: adaptado da Embrapa (2006)

As categorias hipsométricas foram obtidas pelo modelo numérico do terreno (MNT) no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (United States Geological Survey-USGS) na resolução espectral de 1 arco de segundo. Foi realizado o recorte para área da BAP, classificado em quatro níveis de altitude e reclassificado em quatro níveis de prioridade, conforme **Tabela 2**.

Tabela 2. Classificação hipsométrica

Nota	Atitude (m)
1	47 -150 e 900 – 1.061
2	150 – 350
3	350 – 450
4	> 900

Fonte: adaptado da SRTM30

A distribuição da altitude levou-se em consideração a espacialização dos solos para uso da agropecuária que se encontra em altitudes médias e altas na BAP.

O mapa de declividade (%) foi obtido pela função “slope” no Software ArcGis 9.3, classificado em seis níveis de uso para fins agrícolas e reclassificado como arquivo raster com quatro graus de prioridade, conforme **Tabela 3**.

Tabela 3. Classificação de declividade (%)

Nota	Atitude (m)	Relevo
1	45 - 75 e > 75	Montanhoso e Forte-montanhoso
2	20 - 45	Forte-ondulado
3	8 - 20	Ondulado
4	0 - 3 e 3 - 8	Plano e Suave-ondulado

Fonte: adaptado da SRTM30 e Embrapa (1979)

A distribuição da declividade (%) foi realizada conforme o relevo apropriado para a mecanização na atividade agropecuária.

A distância da rede hidrográfica foi obtida por meio da ferramenta “Euclidean distance” do ArcGis 9.3, realizado na malha hidrográfica da BAP extraído pelo HidroWeb da Agência Nacional de Águas-ANA, com escala de 1:250.000, classificado em quatro patamares de distância e reclassificado como quatro notas de prioridade para realização de mapeamento geomorfológico, conforme **Tabela 4**.

Tabela 4. Distância da rede hidrográfica

Nota	Distância (m)
1	>15.000
2	5.000 - 15.000
3	2.000 - 5.000
4	0 - 2.000

Fonte: adaptado da SRTM30 e ANA HidroWeb

Após os procedimentos de classificação e reclassificação das variáveis foi realizado a sobreposição de mapas por meio da ferramenta “Raster calculator” do Software ArcGis 9.3 para obtenção das zonas de prioridade para mapeamento geomorfológico utilizando-se a seguinte equação:

$$\text{Prioridade} = (\text{Solo} * \text{hipsometria} * \text{declividade} * \text{distancia da rede hidrográfica}) / 4$$

Nesta equação não foram estabelecidos pesos diferenciados para as variáveis, em virtude de não se considerar uma perspectiva hierárquica para as mesmas. Neste contexto verifica-se que essas variáveis são importantes para delimitar as áreas prioritárias para planejamento ambiental e mapeamento geomorfológico, pois o conjunto delas definem os setores que serão utilizados prioritariamente para as atividades de agricultura e pecuária ou outras atividades econômicas voltadas para o uso da terra.

Para realização deste trabalho levou-se em consideração o conceito de “mapa de álgebra” popularizado após a publicação do livro “Geographic Information System and Cartographic Modeling” Tomlin (1990), onde se explora as propriedades dos dados representados em SIG, representados em mapas. De uma maneira sucinta é o conjunto de operadores que manipulam campos geográficos (imagens, mapas temáticos e modelos numéricos do terreno). (Barbosa, 1997, p. 9).

4. Resultados e Discussão

A **Figura 2** apresenta as quatro variáveis utilizadas para obtenção das classes de prioridades de mapeamento geomorfológico de acordo com o tipo de solo, hipsometria (m), declividade (%) e distancia da rede de drenagem (m). Na **Figura 2A** vemos o mapa de solo, na **Figura 2B** o mapa hipsométrico, na **Figura 2C** o mapa de declividade e na **Figura 2D** o mapa de distância para rede de drenagem.

Todos os mapas citados foram reclassificados por ordem de prioridade para realização de mapeamento geomorfológico com a finalidade de estabelecer áreas com maior necessidade de proteção do uso adequado do solo.

Na **Figura 3** demonstra-se o mapa de prioridade para realização do mapeamento geomorfológico com o uso das quatro variáveis, especializando-se as áreas de alta, média, baixa e muito baixa prioridade.

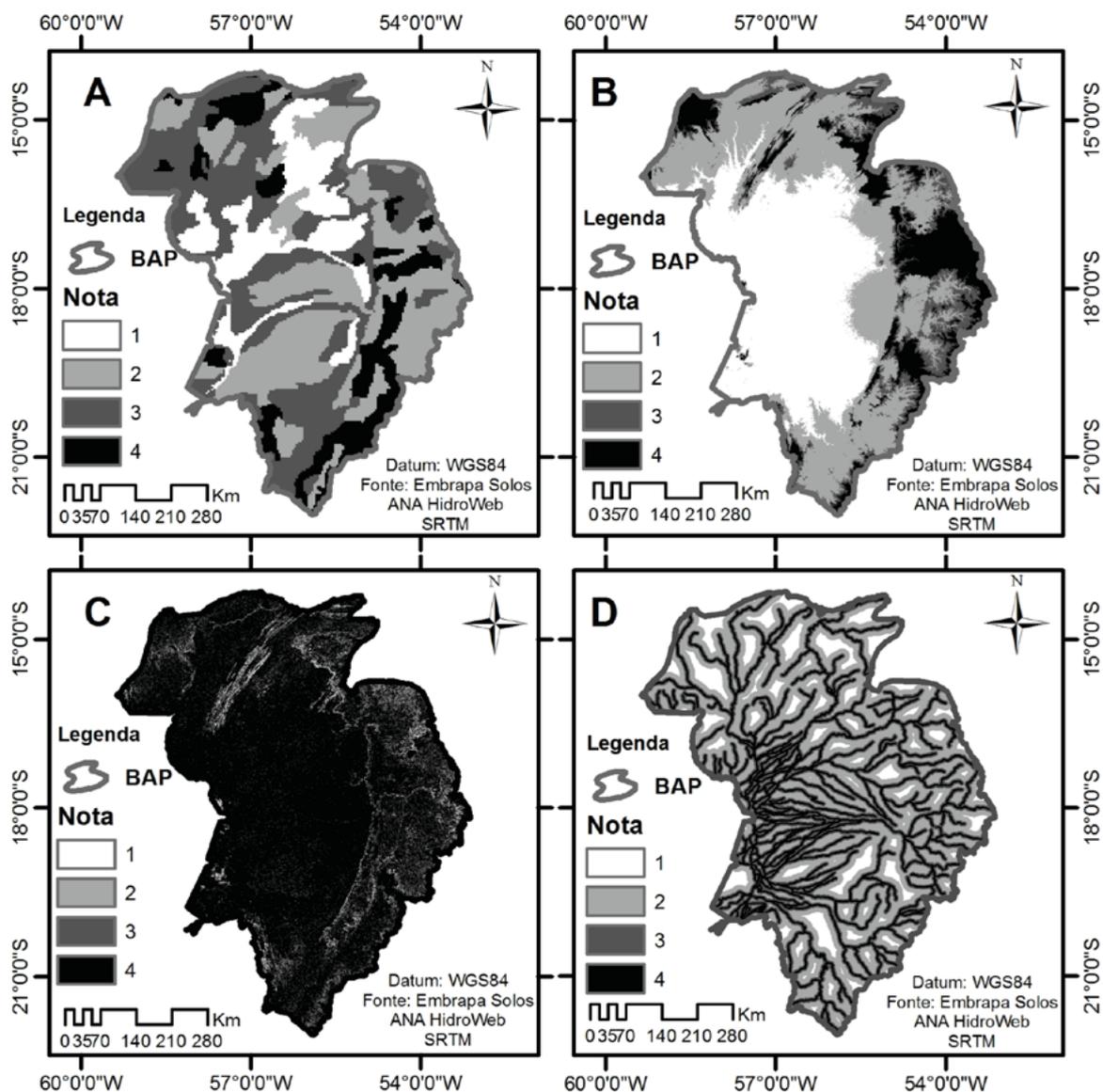


Figura 2. Mapas das variáveis para obtenção das classes de prioridade para mapeamento geomorfológico.

O resultado da **Figura 3** foi obtido pela álgebra de mapas, por meio da ferramenta “Raster calculator” do ArcGis 9.3. Foi sobreposto a malha municipal para identificação dos municípios que compõe BAP nas áreas de prioridade. A **Tabela 5** apresenta a quantificação das áreas de prioridade em absoluta (km²) e relativa (%) para cada uma das classes, extraídas da **Figura 3**.

Tabela 5. Distância da rede hidrográfica

Prioridade	Km ²	%
Muito baixa	1632.50	0.41
Baixa	249633.36	63.24
Média	142470.68	36.09
Alta	996.73	0.25

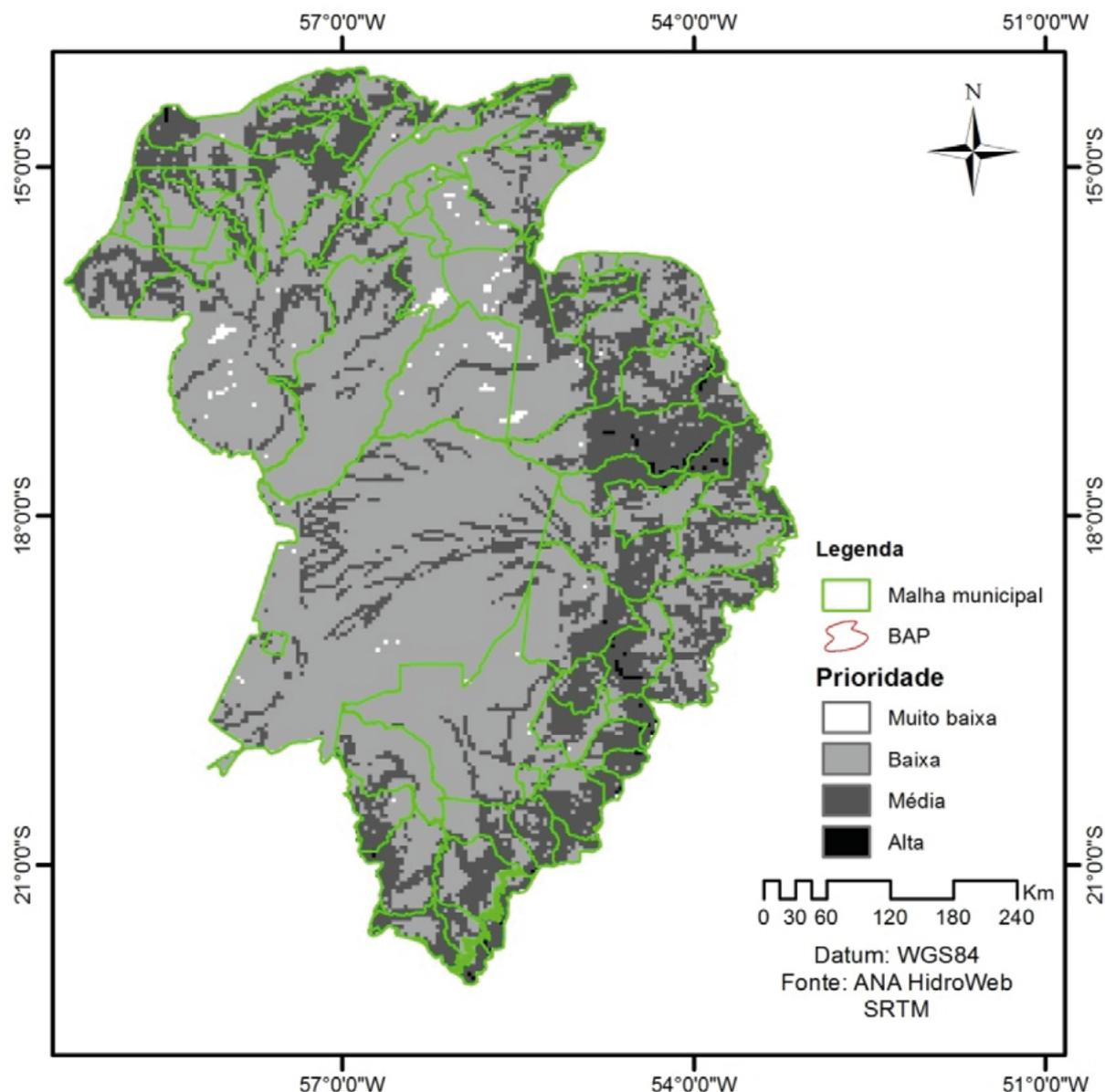


Figura 3. Áreas prioritárias para realização de mapeamento geomorfológico - BAP

Percebeu-se que as áreas de média e alta prioridade constituem 36,34 % da BAP, apontando as áreas de atenção para a realização de mapeamento geomorfológico, visando um melhor uso do solo nas atividades agropecuárias no interior da Bacia do Alto Paraguai.

As áreas de prioridades para o mapeamento geomorfológico, encontram-se principalmente nas zonas de planalto: em solos de melhor aptidão agrícola, com baixa declividade, próximas aos cursos d'água e cabeceiras de drenagem. Verificou-se, com a sobreposição da malha municipal que as áreas de alta e média atenção encontram-se em municípios com atividade agropecuária acentuada como: Rondonópolis-MT, Jaciara-MT, Juscimeira-MT, Reserva do Cabaçal-MT, Itiquira-MT, Rio Verde-MS, Coxim-MS, São Gabriel do Oeste, Maracaju-MS, Jaraguari-MS entre outros. Ficou constatado que existem poucas áreas de prioridade no Pantanal, isso ocorre porque o mesmo é caracterizado por ser uma superfície alagada e com solos de baixa aptidão agrícola.

5. Conclusões e Sugestões

A classificação por prioridade para atenção da geomorfologia por classes de solo, altitude, declividade e distância da rede de drenagem respondeu de forma adequada para esta finalidade.

O uso de geotecnologias por técnica de sobreposição de camadas e álgebra de mapas em ambiente SIG demonstrou ser eficaz no atendimento do objetivo da pesquisa.

A diferença de escalas das bases de solo, hidrografia e do modelo numérico do terreno podem interferir no tamanho das áreas de prioridade,

Apesar do Pantanal ter recebido uma classificação de baixa prioridade, na maior parte de sua extensão, o que influencia na perspectiva deste estudo é o excesso de sedimentos decorrentes das atividades agropecuárias sem manejo adequado na superfície do planalto, que são encaminhados por gravidade ao Pantanal por meio da sua rede hidrográfica, que são as “veias” da interação planalto-planície. Afetando assim, o seu regime hídrico e sedimentológico, prejudicando a qualidade ambiental do Pantanal e, conseqüentemente, a sua biodiversidade.

Com a disponibilização dos produtos de sensoriamento remoto como Modelos Numéricos do Terreno, informações de uso da terra, pedologia, imagens de satélite, com boas resoluções (espacial, temporal, espectrais, etc.), entre outros, possibilitam a elaboração de mapeamentos que permitem a interpretação e prevenção de problemas ambientais, principalmente os relacionados ao relevo e vegetação, com maior detalhamento e precisão, podendo-se adotar medidas que reduzam os impactos causados pelas atividades realizadas no planalto.

Portanto, a importância desta pesquisa reside no seu caráter preventivo ao apontar os setores prioritários para planejamento ambiental e mapeamento geomorfológico de forma integral para a BAP. Sobretudo, a intenção deste estudo é o de fomentar o debate sobre pesquisas geomorfológicas no interior da Bacia do Alto Paraguai, utilizando-se de geotecnologias para detecção, monitoramento, controle, prevenção das áreas prioritárias, podendo ser aplicadas no Pantanal.

6. Referências

Agência Nacional de Águas (Brasil) (ANA). **HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas**. Disponível em: Acesso em: 31 maio 2016.

Barbosa, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. São José dos Campos: INPE, 1997. 157p.

Calheiros, D. F.; Oliveira, M. D. **O rio Paraguai e sua planície de inundação** - o Pantanal Mato-Grossense. *Ciência & Ambiente*, v. 41, p. 113-130, 2011.

Câmara Neto, G.; Casanova, M. A.; Hemerlu, a.s.; Magalhães, G. C.; Medeiros, C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informações Geográficas**. Campinas: Instituto da Computação, Unicamp. 197 p., il. 1996.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2ª Edição. CNPS/EMBRAPA, 2006.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

Fonseca, B. M.; Bezerra, D. P. ; Augustin, C. H. R. R. **Mapeamento de Unidades Geomorfológicas na Borda Nordeste do Quadrilátero Ferrífero-MG**. In: 9º SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2012, Rio de Janeiro. GEOMORFOLOGIA E EVENTOS CATASTRÓFICOS: passado, presente e futuro. Rio de Janeiro, 2012. v. 1.

Instituto Nacional De Pesquisas Espaciais – INPE (Brasil). Grupo de modelagem para estudos da biodiversidade. **Mapa de solos**. [2014]. Disponível em: Acesso em: 20 abr. 2016. Escala 1:5.000.000.

Machado, a. C. P. ; Cunha, C. M. L. . **A importância do mapeamento geomorfológico na identificação de áreas suscetíveis a denudação - um estudo do setor sudoeste da alta bacia do rio Itanhaém (SP)**. In: Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2012, Rio de Janeiro. Geomorfologia e eventos catastróficos: passado, presente e futuro. Rio de Janeiro: UFRJ, 2012. v. 1. p. 1-4.

Mato Grosso Do Sul. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/ Instituto de Meio Ambiente Pantanal. Gerência de Recursos Hídricos. Projeto GEF Pantanal/Alto Paraguai - Implementação de Práticas de Gerenciamento Integrado de Bacia Hidrográfica para o Pantanal e Alto Paraguai (ANA/GEF/ PNUMA/OEA). Subprojeto 1.6/MS - Gerenciamento de Recursos Hídricos nas Vizinhanças da Cidade de Corumbá (MS). **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais da Bacia do Alto Paraguai, MS, 2003**. Campo Grande, MS, 2005. 127p.

Santos, J. R. **Avanços das pesquisas e aplicações de sensoriamento remoto no monitoramento da paisagem: contribuições aos estudos do Pantanal**. Anais 1º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, Brasil, 11-15 novembro 2006, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.675-683.

USGS EROS Data Center. **SRTM30**. <http://earthexplorer.usgs.gov/>. Acessado em 20 de abril de 2016.

WWF. **Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do Solo na Bacia do Alto Paraguai - Porção Brasileira - Período de Análise: 2012 a 2014**. Iniciativa: Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil. Brasília, 2015.



Análise geoespacial das ocorrências de feições erosivas nos planaltos e depressões da faixa norte da bacia do Alto Paraguai

Daniel Dias de Andrade ¹
João dos Santos Vila da Silva ²
Vera Aparecida de Figueiredo ³
Elisa Calhau de Castro ⁴

Embrapa Informática Agropecuária
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 - Campinas, SP - Brasil
^{1,3,4} {diasandrade.daniel, vera.aparecida, ecalhau}@gmail.com
² joao.vila@embrapa.br

Resumo. O transporte de sedimentos das partes mais elevadas da bacia hidrográfica do Alto Paraguai em direção aos terrenos pantaneiros não é um fenômeno moderno, tendo sido estudado com base em perspectivas relacionadas aos períodos mais remotos de formação da bacia. As características naturais podem contribuir para a erosão potencial das encostas e para os desequilíbrios ambientais das bacias hidrográficas e, na maioria das vezes, iniciam os desequilíbrios que serão agravados pelas atividades humanas. A presença de assimetria no diagrama de frequência de uma variável é um fato valioso, e pode indicar irregularidade na ocorrência de eventos ou agregação de eventos em locais preferenciais. Desta forma, este trabalho tem o objetivo de demonstrar o uso em Sistemas de Informações Geográficas (SIG) de análises estatísticas baseadas em padrões de frequência e de distribuição de pontos, por meio de um recorte do mapeamento dos aspectos geotécnicos realizado para o Estado do Mato Grosso, geradas para toda a área de planaltos e depressões da bacia do Alto Paraguai e para as suas unidades internas de bacias de drenagem. Na grande maioria dos recortes utilizados na análise, os valores indicaram que é nula a possibilidade de que os padrões de distribuição das ocorrências erosivas tenham sido resultado do acaso, e o padrão agregado apresentado pode tender a atrair novos pontos, facilitando a transmissão das qualidades das amostras entre si, favorecida pela proximidade entre elas.

Palavras-chave: Pantanal, processos erosivos, padrões de frequência e distribuição de pontos.

Abstract. The sediment transport of the higher parts of Upper Paraguay River Basin towards the Pantanal land is not a modern phenomenon, it has been studied based on perspectives related to the remotest periods of formation of the basin. The natural characteristics may contribute to the potential erosion of the slopes and the environmental imbalances watershed and in most cases starts the imbalances that will be exacerbated by human activities. The presence of asymmetry in a frequency diagram is a valuable fact, and may indicate irregularity in the occurrence of events or aggregation of events in preferred locations. Thus, this work aims to demonstrate the use of Geographic Information Systems (GIS) of statistical analysis based on patterns of frequency and distribution of points through a cutout of the mapping of the geotechnical aspects conducted for Mato Grosso State, generated for the entire area of plateaus and valleys of the Upper Paraguay River Basin and its internal units of drainage basins. In most cutouts used in the analysis, the values indicated that is void the possibility that the distribution patterns of erosive events were the result of chance, and the aggregate pattern shown may tend to attract new points, facilitating the transmission of the sample's qualities through these, favored by your proximity.

Key-words: Pantanal, erosion processes, patterns of frequency and distribution of points.

1. Introdução

Feições erosivas decorrentes de processos endógenos e exógenos relacionam-se muitas vezes com as mudanças no tipo de uso e cobertura das terras, representando a marca que se deixa a partir do desconhecimento do ambiente e do mau uso dos recursos naturais disponíveis.

As características naturais podem contribuir para a erosão potencial das encostas e para os desequilíbrios ambientais das bacias hidrográficas e, na maioria das vezes, esses fatores iniciam os desequilíbrios que serão agravados pelas atividades humanas. Internamente sob o ponto de vista de auto-ajuste, em função das mudanças de entrada e saída de energia, as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas, e revelam-se excelentes áreas de estudos para o planejamento (Guerra; Cunha, 1996).

O transporte de sedimentos das partes mais elevadas da bacia hidrográfica do Alto Paraguai em direção ao terrenos pantaneiros não é um fenômeno moderno, tendo sido estudado com base em perspectivas relacionadas aos períodos mais remotos de formação da bacia.

De acordo com Ab'Sáber (2006), no estudo do Quaternário do Pantanal Mato-Grossense existem documentos importantes como “a presença de uma formação calcária, oriunda da concentração de carbonatos removidos de rochas calcárias muito antigas, em condições de clima e pedogênese semiárida (Formação Xaraiés)”, e “ocorrências significativas de *stone lines* em áreas tão distantes entre si, quanto as colinas de Cuiabá, e as vertentes do maciço do Urucum”, somados aos “gigantescos leques aluviais arenosos formados por todos os quadrantes da depressão pantaneira (menos seu lado ocidental)”.

A umidificação climática pós-pleistocênica teria alterado os materiais transportados, comportando materiais gradualmente mais finos, entretanto não teve força para cancelar a participação de detritos arenosos, sílticos e pró-parte argilosos já maciçamente depositados a partir dos sopés de escarpas estruturais dotadas de drenagens obsequentes, passando a serem retrabalhados. Grandes massas dessas areias herdadas da fase climática anterior passaram, nos últimos milênios, a acumular-se em diques marginais das planícies meândricas (Ab'Sáber, 2006).

Desde a dissecação do pediplano cuiabano até a formação da bacia do Pantanal, após a última crise de secura do Pleistoceno Terminal, houve uma reconquista por diferentes *stocks* de vegetação tropical a partir de refúgios e redutos acantonados nas chapadas, serranias e terras firmes adjacentes. Pelo lado norte da bacia do Alto Paraguai, na área dos planaltos, depressões e escarpas circundantes, entraram massas de vegetação periamazônica, comportando padrões de florestas tropicais decíduas e semidecíduas, além de grandes palmares adaptados a conviver com as condições atuais dos setores setentrionais do Pantanal Mato-Grossense (Ab'Sáber,

2006).

Ainda segundo Ab'Sáber (2006), os rios alóctones em relação ao Pantanal têm outra composição hidrogeoquímica, somadas às condições próprias dos terrenos pantaneiros. Esses rios que chegam ao Pantanal são os que mais trazem cargas poluidoras à planície, devido ao seu trânsito por áreas agrícolas (consolidadas e) em expansão, que liberam caldas de agrotóxicos e fertilizantes durante a estação das águas (Ab'Sáber, 2006).

Segundo as Diretrizes Metodológicas para os Zoneamentos Ecológico-econômicos (ZEE) do Brasil, o diagnóstico do meio físico-biótico deve abarcar desde a coleta até a análise de dados hidrológicos, climatológicos, geológicos, geomorfológicos, pedológicos e de biodiversidade (ecossistemas terrestres e aquáticos), e deve resultar na identificação de unidades ambientais, a partir da detecção da integridade dos sistemas naturais, com suas potencialidades e limitações, tendo como eixo norteador os princípios do desenvolvimento sustentável. Todavia, os ZEE brasileiros encontram-se em diversas fases de execução e implantação, necessitando de apoio técnico, financeiro e institucional.

Dentro desta perspectiva, especificamente para o ZEE estadual anteriormente aprovado para a área de estudo deste trabalho, no Estado do Mato Grosso, este não se fundamenta em um prognóstico que possa orientar os usos futuros do território, e impossibilita a definição das intensidades de intervenção antrópica (MMA, 2012).

A presença de assimetria no diagrama de frequência de uma variável é um fato valioso e pode indicar irregularidade na ocorrência de eventos ou agregação de eventos em locais preferenciais, entre outros. Diferentemente da função densidade de probabilidade Normal, a função de Poisson é assimétrica e pode mostrar influências da localização espacial nos valores de uma variável geográfica (Ferreira, 2014).

Uma técnica utilizada para a comparação de padrões espaciais em mapas de pontos é a análise da distribuição de Frequência de Pontos por Quadrícula amostral. Nesta técnica, cada quadrícula é uma unidade de área onde determinada quantidade de eventos (pontos) ocorre, representando uma variável aleatória discreta que tende a se distribuir segundo a função de Poisson, e o parâmetro que indica se o padrão espacial dos pontos no mapa é mais agregado, aleatório ou mais disperso é a razão “*r*” entre a variância (σ^2) e a média (λ) dos valores do número de pontos por quadrícula (Ferreira, 2014) (Equação 1). A variância será menor que a média se o arranjo dos pontos apresentar um padrão de distribuição mais regular (disperso) que aleatório, entretanto, se o arranjo dos pontos for mais agregado que aleatório, a variância será maior que a média (McConnell; Horn, 1972 *apud* Ferreira, 2014).

$$r = \sigma^2 / \lambda \quad (1)$$

Com a finalidade de reproduzir a variabilidade espacial de uma superfície através de representações do modelo de função aleatória, é necessário definir a hipótese de que o processo estocástico seja estacionário de segunda ordem, ou seja, um processo cuja média é constante no espaço e cuja covariância dependa apenas do vetor distância entre as amostras - ou da estrutura de vizinhança entre elas (Câmara, 2004).

Para a análise dos diferentes graus de organização espacial e da dependência espacial do processo pontual, uma das técnicas mais utilizadas é a da Distância Euclidiana ao Vizinho Mais Próximo. Segundo Taylor (1977), para qualquer análise do vizinho mais próximo, temos uma distância média empírica, ou média real (r_a), e podemos calcular uma distância média esperada (r_e) sob expectativas aleatórias. A divergência entre o padrão real de distribuição dos pontos e a aleatoriedade pode ser expressa como uma razão simples “*R*” (Equação 2):

$$R = r_a / r_e \quad (2)$$

A pontuação “0” para este índice representa uma situação em que a distância média é nula, e temos o caso limite de um padrão agrupado. Quando $R = 1$, a distância média observada é igual a distância média esperada, e então, em média, um padrão aleatório é indicado. Pontuações mais altas representam vários graus de dispersão. A pontuação “2” é resultante de um padrão quadrático regular, e $R = 2,149$ resultante de um padrão regular limitado em uma estrutura triangular. Na prática, exemplos empíricos de padrões de ponto resultam em algum valor entre $R = 0,33$ e $1,67$ (Taylor, 1977).

2. Objetivo

Efetuar análise espacial baseada em padrões de frequência e de distribuição de pontos de amostras geotécnicas para toda a área dos planaltos e depressões da bacia hidrográfica do Alto Paraguai, no Estado do Mato Grosso, e para os limites das sub-bacias selecionadas na mesma área.

3. Material e Métodos

O projeto “Uniformização do zoneamento ecológico-econômico da Amazônia Legal e integração com zoneamentos agroecológicos da região” têm como um dos objetivos a disponibilização, em uma plataforma *WebGIS* i3Geo¹ denominada “Sistema Interativo de Análise Geoespacial da Amazônia Legal” (Siageo Amazônia)², dos diversos mapeamentos derivados dos estudos técnicos que compuseram os Zoneamentos Ecológico-Econômicos (ZEE) dos nove estados que integram a Amazônia Legal.

Nesse contexto insere-se o mapeamento pontual preliminar das amostras de Sulcos, Ravinas e Voçorocas do Siageo, dentro da divisão de Meio Físico, em tema denominado “aspectos geotécnicos”. Em acordo com as áreas de maior contribuição de sedimentos e cargas poluidoras às planícies pantaneiras, foi delimitada para área de estudo a região dos planaltos e depressões da faixa norte da bacia hidrográfica do Alto Paraguai, derivada dos limites de divisores desta bacia (Silva e Abdon, 1998) no Estado do Mato Grosso, subtraindo-se a área de planície do Pantanal.

A área total do polígono dos planaltos e depressões da bacia do Alto Paraguai utilizado para a análise é de aproximadamente 125 mil quilômetros quadrados, sendo que as amostras pontuais dos processos erosivos recortas para esta área de análise abrangem uma quadrícula de Longitude e Latitude mínimas de -58.8458 e -17.9597 e de Longitude e Latitude máximas de -53.3433 e -14.181, em graus decimais, e contabilizam 136 pontos amostrais.

A partir da divisão de Ottobacias de nível 43 disponibilizadas pela Agência Nacional de Águas (ANA), nomeadas em acordo com os nomes dos rios principais da rede hidrográfica em escala 1:250.000, disponibilizada pela mesma agência, foram recortados os pontos das amostras inseridas dentro dos limites de cada bacia selecionada para a análise, totalizando 124 ocorrências, e aplicados os métodos estatísticos da Frequência de Pontos por Quadrícula e da Distância Euclidiana ao Vizinho Mais Próximo. A bacia de drenagem do rio Cabaçal, entre as bacias do rio Jauru e do rio Sepotuba, e a bacia de drenagem do rio Manso, entre as bacias do rio Cuiabá e rio Cuiabazinho, foram excluídas desta etapa por apresentarem apenas 2 amostras (ravinas) e

1 Interface Integrada para Internet de Ferramentas de Geoprocessamento, desenvolvida pelo Ministério do Meio Ambiente, versão 5.0 SP3.

2 Siageo Amazônia, disponível em: <<http://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/>> Acesso em 05 de julho de 2016.

3 Áreas de contribuição dos trechos da rede hidrográfica codificadas segundo o métodos de Otto Pfafstetter para classificação de bacias. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/bibliotecavirtual/solicitacaoBaseDados.asp>> Acesso em 30 de junho de 2016.

1 amostra (voçoroca), respectivamente.

O método da Frequência de Pontos por Quadrícula foi realizado no SIG *Quantum GIS* (QGIS Equipe de desenvolvimento, 2016), versão 2.12.3 *Lyon*, gerando-se uma grade regular de quadrículas de 10 quilômetros de lado, ou 100 quilômetros quadrados de área, e através da ferramenta “pontos no polígono”, contabilizadas as frequências. A **Figura 1** mostra o resultado do número de ocorrências por quadrícula feitas individualmente para cada bacia selecionada para a análise.

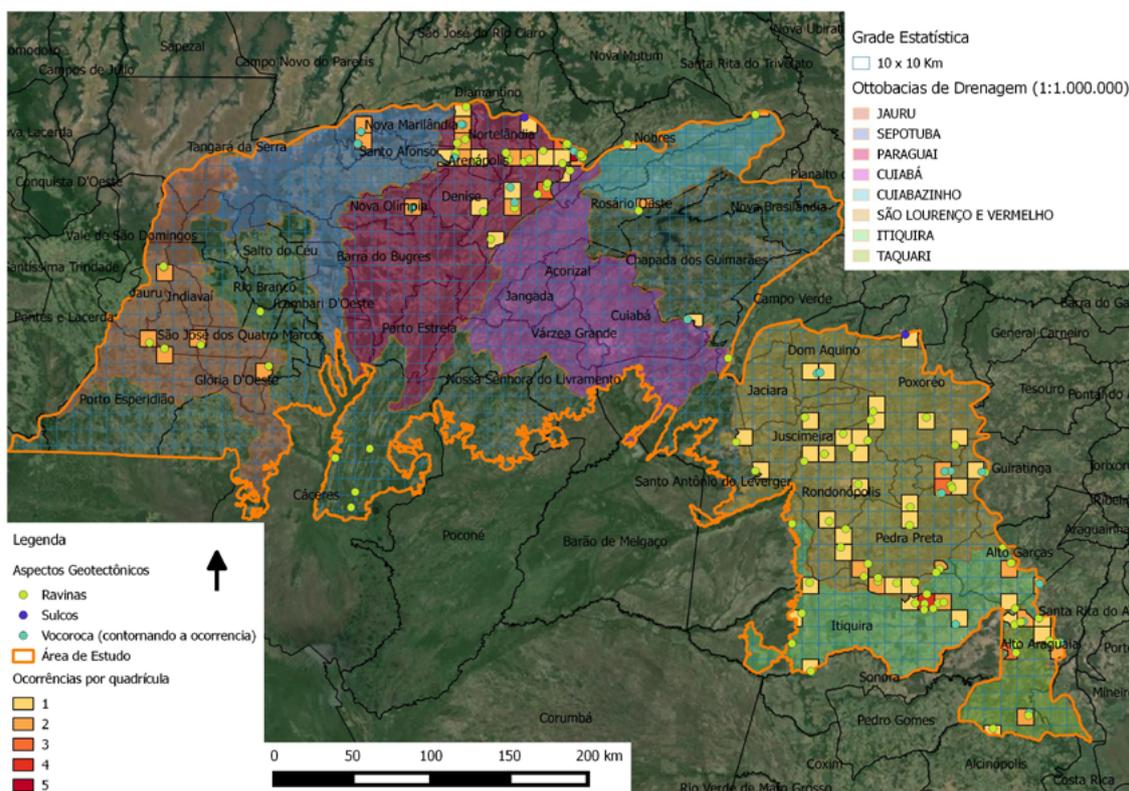


Figura 1. Quantidade de ocorrências de processos erosivos em quadrículas regulares para as bacias selecionadas, nomeadas em sentido horário. Nas quadrículas faltantes, o valor é zero.

Fonte: MMA (2012); *Google Earth* versão 7.1.5.1557.

Posteriormente foram calculadas as estatísticas da média (λ) e variância (σ^2) das ocorrências entre as quadrículas, para toda a área de estudo e para os recortes feitos para as bacias selecionadas separadamente.

A análise da Distância Euclidiana ao Vizinho Mais Próximo foi realizada no mesmo SIG. A função retorna os valores da Distância Média Observada (r_a), Distância Média Esperada (r_e), o Índice do Vizinho Mais Próximo (R), e o corte Z. Os valores de corte Z nos permitem inferir se as diferenças observadas são estatisticamente significativas, sendo que os valores extremos nos permitem rejeitar a hipótese nula de que os padrões observados podem ser resultado do acaso.

4. Resultados e Discussão

Na área situada entre os limites da grade regular de quadrículas recortada para toda a área dos planaltos e depressões da faixa norte da bacia do Alto Paraguai, a média seria de 136 pontos / 124.903 Km², caso a distribuição dos pontos fosse aleatória. Entretanto, observando-se os valores contabilizados apenas nas quadrículas das bacias selecionadas da **Figura 1**, o número de

pontos observados seria muito diferente do esperado, mostrando claramente uma distorção na sua distribuição.

Com base nos valores da variância e da média para a distribuição espacial de pontos, calculou-se então a razão “ r ” (Equação 1), confirmando estatisticamente esta tendência. Para toda a área de estudo, temos variância $\sigma^2 = 0,206$ e média $\lambda = 0,108$; por isso, a razão será igual a 1,899, indicando um padrão de distribuição agregado das ocorrências (*cluster*).

Na análise da Distância Euclidiana ao Vizinho Mais Próximo, os pontos tiveram as distâncias médias aos seus vizinhos calculada, e comparadas à uma distribuição de pontos aleatória hipotética, considerando o mesmo número de pontos cobrindo a mesma área total (Equação 2). A análise feita para toda a área de estudo retornou os valores de corte de “Z” de -14,749 e de “R” de 0,339 (bastante agregado).

A **Tabela 1** apresenta para as análises dentre os limites de divisores das bacias selecionadas individualmente, o número de amostras por bacia (N), os valores de variância (σ^2), da média (λ) e da razão (r) de frequência de pontos por quadrícula, e os valores da Distância Média Real (r_a), Distância Média Esperada (r_e), do Índice do Vizinho Mais Próximo (R) e de corte (Z) para a análise da Distância Euclidiana ao Vizinho Mais Próximo.

Tabela 1. Número de amostras por bacia (N), valores de variância (σ^2), média (λ), e razão (r) da frequência de pontos por quadrícula; e valores de Distância Média Real (r_a), Distância Média Esperada (r_e), Índice do Vizinho Mais Próximo (R) e do corte (Z).

	N	σ^2	λ	r	r_a	r_e	R	Z
JAURO	10	0,140	0,072	1,927	0,003	0,105	0,028	-5,882
SEPOTUBA	4	0,061	0,031	1,969	0,004	0,010	0,393	-2,322
PARAGUAI	34	0,419	0,194	2,159	0,052	0,078	0,663	-3,756
CUIABÁ	3	0,031	0,019	1,648	0,039	0,023	1,700	-2,320
CUIABAZINHO	5	0,150	0,088	1,712	0,086	0,151	0,570	-1,840
SÃO LOUREÇO E VERMELHO	38	0,189	0,156	1,212	0,109	0,126	0,862	-1,636
ITIQUIRA	16	0,270	0,136	1,989	0,089	0,122	0,730	-2,063
TAQUARI	14	0,449	0,286	1,571	0,042	0,070	0,611	-2,784

Em todos os casos os valores de variância apresentados foram maiores que os valores das médias de frequência do número de pontos por quadrícula, resultando em um padrão de frequência de ocorrências (r) mais próximo do agregado que do aleatório. Dentro deste cenário é possível concluir que maiores valores de r representam a presença de áreas de maior susceptibilidade à ocorrência de feições erosivas, onde estas se apresentam mais agregadas em alguns setores do espaço geográfico (bacia de drenagem).

Valores de corte (Z) menores que -2,58 e maiores que 2,58 apresentam uma probabilidade menor que 1% de que os padrões agrupados de distribuição de pontos verificados possam ter resultado do acaso (Ajuda do *ArcGIS Desktop* versão 9.3). Isto posto, há uma probabilidade de menos de 1% de que nas análises das Distâncias Euclidianas ao Vizinho Mais Próximo para toda área dos planaltos e depressões da faixa norte da bacia do Alto Paraguai, e individualmente para as bacias dos rios Jauru, Paraguai e Taquari, os padrões verificados possam ser resultado de uma distribuição aleatória das ocorrências erosivas. Também nos padrões de distribuição verificados nas bacias dos rios Sepotuba, Cuiabá e Itiquira, há uma probabilidade de 5% de que estes possam ter resultado do acaso. Nas bacias dos rios Cuiabazinho e São Lourenço e Vermelho, esta probabilidade é de 10%.

Valores de “R” próximos ao limite mínimo do padrão agregado (*cluster*) conforme Taylor (1977), apresentados pelas bacias dos rios Jauru, Sepotuba, Paraguai, Cuiabazinho e Taquari, representam, no caso de ocorrências de processos erosivos, os casos de maior preocupação,

com base no padrão de distribuição entre as feições.

Dentro de um padrão disperso de distribuição, os pontos preexistentes tendem a repelir novos pontos, enquanto que no padrão agregado, os pontos preexistentes tendem a atrair novos pontos. Este último processo é denominado contágio espacial, e facilita a transmissão de atributos entre dois ou mais objetos, já que é favorecida pela proximidade entre eles (Ferreira, 2014). Já em um padrão aleatório, a localização dos pontos pode não ser influenciada totalmente pelas suas características, como por exemplo, as propriedades físicas de formação de um tipo de solo mais susceptível aos processos erosivos.

Na bacia do rio Cuiabá, em que o padrão da distribuição das ocorrências se mostrou dispersa, esta se deu na presença de um menor número de amostras em comparação com as demais bacias da análise, em uma bacia que abrange integralmente 4 municípios e parcialmente outros 4, sendo que as 3 amostras existentes se concentram no ponto mais extremo ao norte de seus limites, à sudeste do município de Diamantino. Caso fosse considerado um outro recorte para a análise, as amostras em questão estariam em uma região de alta concentração de ocorrências, vizinhas à quadrícula com o maior número apresentado de ocorrências (5), também no município de Diamantino.

Resultados como este podem ter se influenciado em parte, conforme adverte Unwin (1981), por efeitos de borda introduzidos em estudos onde o padrão de pontos mapeados representa meramente uma “janela”, colocada sobre um padrão do mundo real. Pontos perto dos limites do mapa são forçados a encontrar vizinhos dentro da área mapeada, enquanto que no mundo real os verdadeiros vizinhos mais próximos podem estar fora da área de análise.

Adicionalmente, assumirmos que uma geometria euclidiana é apropriada em determinadas análises pode causar alguns problemas. Na prática, reproduções de padrões empíricos são muitos, e os padrões resultantes são muito mais complexos do que o simples caso limite em cada extremidade da escala R. Mesmo quando o processo dominante é contagioso ou competitivo, este não considera possíveis impedâncias do espaço real, e o padrão resultante pode tender apenas em direção a uma posição limite ao longo da escala R (Taylor, 1977).

Quanto ao padrão aleatório, este normalmente indica uma distribuição e uma densidade diferente dos padrões de distribuições geográficas, cujas diferenciações e descontinuidades do território se dão também pelo fator distância, acesso e dependência espacial entre os objetos, influenciadas pelo relevo, pela divisão e uso das terras, pela presença de sistemas de transportes e serviços, etc.

A presença de feições erosivas têm a sua gênese em fatores naturais e também antrópicos, sendo estes últimos favorecidos pelas mudanças no uso e na ocupação das terras. A construção de estradas pode representar um fato importante no aparecimento dessas feições, entretanto, pode representar uma via de mão dupla na conclusão da análise realizada, pois quando se sobrepõe o mapa de estradas ao mapeamento existente dos pontos de aspectos geotécnicos, estes localizam-se coincidentes ao traçado das vias, devendo-se considerar a possibilidade de não-amostragem nas áreas de acesso restrito.

Também deve-se levar em consideração que para este estudo não se estabeleceu, nas análises, pesos relativos para as diferentes feições erosivas, a saber Sulcos, Ravinas e Voçorocas, claramente distintas em sua formação e impacto ambiental.

Considerando as particularidades descritas acima, o valor de “R” indica que é nula a possibilidade de que os padrões espaciais observados nas bacias analisadas reflitam o padrão aleatório hipotético, representado por suas hipóteses nula. Portanto, rejeita-se para estas análises as hipóteses H_0 .

5. Conclusões e Sugestões

Considerando o objetivo de demonstrar análises estatísticas em SIG baseadas na frequência e na distribuição de pontos, o trabalho obteve êxito na execução.

Os padrões de distribuição e frequência podem se apresentar diferentes dependendo do instante da série histórica. Esta evolução dentro do espectro de dispersão espacial depende da ação das forças econômico-sociais e de suas relações com os sistemas naturais (Ferreira, 2014). Dentro desta perspectiva, para a continuidade das análises produzidas, a realização de um novo levantamento dos aspectos geotécnicos para a área de estudo seria fundamental na determinação dos processos de contágio espacial e na análise evolutiva dos padrões espaciais dos processos erosivos.

Adicionalmente, uma análise posterior que considere o número de ocorrências em cada bacia juntamente com a área de cada bacia, ocorreria em uma análise da densidade de ocorrência de feições erosivas que, englobando o fator frequência e distribuição (distância) analisados neste trabalho, constituiria um importante produto a ser utilizado em ações mais pontuais nas políticas de prevenção e mitigação dos processos erosivos nos solos da região.

6. Referências

- Ab'Sáber, A. N. **Brasil: paisagens de exceção: o litoral e o Pantanal Mato-grossense: patrimônios básicos**. Cotia, SP, Ateliê Editorial, 2006. 182 p.
- Câmara, G. E Carvalho, M. Análise Espacial de Eventos. In: Suzana Fucks; Marília Sa Carvalho; Gilberto Câmara; Antônio Miguel Monteiro. (Org.). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: Embrapa, 2004. p. 55-78.
- Ferreira, M. C. **Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para geoprocessamento**. São Paulo, Editora Unesp, 2014. 343 p.
- Guerra, A. J. T. E Cunha, S. B. (Org.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996. 372 p.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Nota Técnica nº 10/2012 - DZT/SEDR/MMA**, 23 de março de 2012.
- QGIS Equipe de desenvolvimento, 2016. **QGIS Sistema de Informações Geográficas**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em <<http://www.qgis.org>> Acesso em 21 de janeiro de 2016.
- Silva, J. S. V. E Abdon, M. M. **Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões**. Pesquisa Agropecuária v.33, Número Especial, Brasília, 1998. p. 1703-1711.
- Taylor, P. J. The spacing approach. In: P.J. Taylor – **Quantitative methods in geography**. Boston, Houghton Mifflin Co., 1977. p. 156-174.
- Unwin, D. Point on maps. In: D. Unwin – **Introductory spatial analysis**. London, Methuen, 1981. p. 29-65.



Delimitação e análise das Áreas de Preservação Permanente dos corpos hídricos no território municipal de Itaqui, RS, Brasil

Dieison Morozoli da Silva ¹
Sidnei Luís Bohn Gass ¹

¹Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA – Campus Itaqui
Rua Luís Joaquin de Sá Brito, sn, Promorar
97650-000 - Itaqui - RS, Brasil
dieison.ufp@gmail.com
sidneigass@unipampa.edu.br

Resumo. As Áreas de Preservação Permanente são locais com importante função ambiental. Com a vigência do Novo Código Florestal, desde 2012, novos parâmetros passaram a definir estas áreas, o que resultou na inclusão desta temática como foco de estudo para diversas pesquisas. Um dos campos de pesquisa que comporta as APPs é o geoprocessamento, que valendo-se de técnicas matemáticas e computacionais, processa informações de natureza variada. No que diz respeito aos municípios, podem existir áreas com intensa atividade antrópica, porém válidas como APP. Dessa forma, a identificação destes locais, através de uma metodologia científica se torna necessária. Considerando isto, este trabalho teve como objetivo a delimitação das Áreas de Preservação Permanente correspondente a rede hidrográfica do município de Itaqui, RS, com o uso de técnicas de geoprocessamento. O processamento de dados foi executado no software QGIS 2.10.1, comportando os procedimentos de *buffer*, recorte, dissolução, eliminação de interseções e cálculo de áreas. Foram observados locais de existência concomitante entre arrozaes e APPs, valendo ressaltar a proximidade a recursos hídricos, comumente existente nestas áreas. Com os procedimentos descritos, foram identificados 262,75Km² de APPs, o que equivale a 7,69% do território do município. Com este trabalho foi possível concluir que os procedimentos adotados são tecnicamente eficazes para a delimitação de APPs, frisando-se seu caráter experimental e recomendando-se a utilização de dados em escalas e datas adequadas a cada contexto estudado.

Palavras-chave: hidrografia, QGIS, geoprocessamento, lavouras de arroz.

Abstract. Permanent Preservation Areas are areas with important environmental role. With the effect of the new Forest Code, since 2012, new parameters have come to define these areas, which resulted in the inclusion of this issue as a focus of study for many researches. One of the fields of research that holds the APPs is geoprocessing, that making use of mathematical and computational techniques, processes varied nature of information. With respect to municipalities, there may be areas of intense human activity, but valid as APP. Thus, the identification of these locations through a scientific methodology becomes necessary. Considering this, this study aimed to delimiting the corresponding Permanent Preservation Areas to hydrographic network of the county of Itaquí, RS, using geoprocessing techniques. Data processing was performed in QGIS software 2.10.1, comprising the buffer procedures, trimming, dissolution, intersections disposal and area calculation. concomitant existence of sites were observed between rice paddies and APPs, worth noting the proximity to water resources, commonly existing in these areas. With the procedures, 262,75 Km² APPs were identified, equivalent to 7,69% of the municipal territory. This work was concluded that the procedures adopted are technically effective for the delimitation of APPs, pointing to its experimental character and recommending the use of data at appropriate scales and dates each studied context.

Key-words: hydrography, QGIS, geoprocessing, rice fields.

1. Introdução

Espaço de convivência de diversos indivíduos e diferentes culturas, variando conforme local e tempo, os municípios e suas respectivas cidades tendem a apresentar algumas diferenças, tanto nas atividades realizadas quanto nos impactos exercidos sobre o meio em que estão situadas. Neste cenário, conforme Martine (2007), uma população pode ocupar o mesmo espaço de diversas maneiras, que podem ter implicações ambientais significativamente diferentes. De fato, este fenômeno pode ser verificado pela existência de planos diretores específicos para cada município, ainda que estes atendam a uma regra norteadora única estipulada pelo Estatuto das Cidades, conforme Brasil (2001).

Considerando a diversidade na organização do espaço para os diferentes municípios, torna-se necessária a utilização de metodologias capazes de atender aos requisitos propostos pelos instrumentos legais, de forma a aplicá-los nestes espaços geográficos.

O Novo Código Florestal, estabelecido por Brasil (2012), dispõe sobre a proteção da vegetação, considerando o ambiente como bem de interesse comum a todos os habitantes do país. De maneira a que cada município atenda a determinados requisitos deste documento, haja vista a diversidade de formas de utilização do espaço, diferentes estruturas de relevo e paisagem, a identificação das áreas de interesse ambiental, o texto agrega ao seu teor de responsabilidade ambiental também a responsabilidade legal.

As Áreas de Preservação Permanente (APPs), conforme Brasil (2012) são áreas protegidas, cobertas ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Estas áreas tem sido o foco de vários estudos que buscam compreender a dinâmica que nelas ocorre, discutindo, inclusive, os parâmetros e fatores que devam ser considerados para a sua delimitação, como pode ser visto em Gass (2010), Silva, et. al, (2011), Gass, Dal Forno, Haas (2013) e Silva (2014), entre outros.

O geoprocessamento, conforme Câmara & Davis (1997), é a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de cartografia, análise de recursos naturais, transportes, comunicações, energia e planejamento urbano e regional. Sendo assim, é possível elencar nesta abrangência a utilização do geoprocessamento para a temática das APPs, aplicando as potencialidades do conjunto de procedimentos para a delimitação destas áreas de interesse. Neste sentido, o presente artigo apresenta uma estreita relação com as geotecnologias uma vez que utiliza o processamento de dados geoespaciais para a definição das APPs a partir do emprego de software de geoprocessamento.

Para além da definição e delimitação das APPs, as técnicas computacionais do geoprocessamento permitem com que se faça também a sua avaliação através do cálculo de áreas, comparativo com outras temáticas e bases de dados.

2. Objetivo

Considerando a relevância da hidrografia para a manutenção da biodiversidade e das atividades humanas, este trabalho objetivou a delimitação das Áreas de Preservação Permanente correspondente a rede hidrográfica do município de Itaqui, RS, com o uso de técnicas de geoprocessamento.

3. Material e Métodos

A área definida para o presente estudo foi o território do município de Itaqui, RS (**Figura 1**), localizado junto à fronteira com a Argentina e pertencente à bacia hidrográfica do rio Uruguai. Sua área é de 3.184 km² e sua população estimada é de 39.129 habitantes, de acordo com a base de dados Cidades@ do IBGE. Vale ressaltar que esta atividade integra o projeto de extensão universitária *Suporte ao Recadastramento Urbano e Processamento de Informações Georreferenciadas no Município de Itaqui – GEOItaqui*.

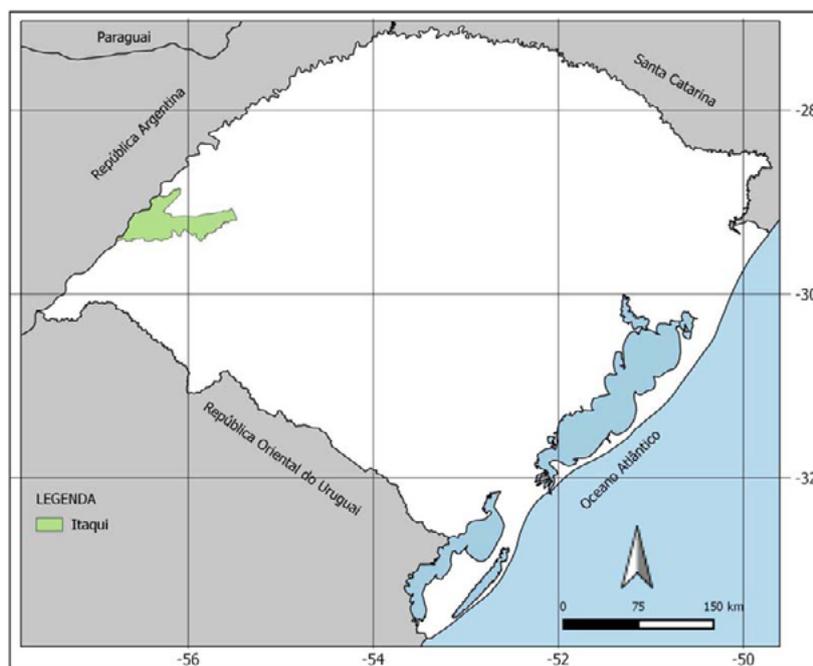


Figura 1. Localização da área de estudo

Os dados utilizados para o desenvolvimento das atividades de delimitação das APPs, foram os seguintes: a) rede hidrográfica vetorial extraída das Cartas Topográficas em escala 1:50.000 da 1ª DL da DSG do Exército Brasileiro, vetorizadas por Hasenack & Weber (2010); b) áreas de banhado e arrozais das Cartas Topográficas em escala 1:50.000 da 1ª DL da DSG do Exército Brasileiro vetorizadas pelo autores, e, c) limite do município de Itaqui, compatível com a escala 1:50.000, elaborado pelos autores a partir dos dados citados nos itens “a” e “b” em comparação com as malhas digitais do IBGE. Os arrozais do ano de 1975 foram utilizados como elementos cartográficos em função da sua conexão com a rede hidrográfica das cartas topográficas. Para a

correta definição da localização das nascentes associadas aos cursos hídricos, foram utilizadas as imagens do Modelo Digital de Elevação processadas pelo projeto TopoData do INPE (Valeriano, 2008).

A definição da localização das nascentes através das imagens do projeto TopoData ocorreu a partir do seu cruzamento com a rede hidrográfica. A partir da sobreposição dos dados identificou-se de forma manual o ponto mais elevado e, a partir deste, observando a direção da drenagem, indicou-se a localização das nascentes.

Para o desenvolvimento das atividades foi selecionado como ferramenta de trabalho o software QGIS, em sua versão 2.10.1, que é um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto, possibilitando assim implementar serviços de geoprocessamento de baixo custo.

A definição das Áreas de Preservação Permanente (APPs) para os elementos selecionados foi realizado considerando as definições da Lei Federal 12.651 de 2012 (Brasil, 2012), que, em seu artigo 4º, estabelece:

Consideram-se Áreas de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros; [...]

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água, qualquer que seja a sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros.

Com relação às áreas do entorno de reservatórios, optou-se por aplicar uma APP de 30 metros, considerando que não se tem acesso aos documentos de licenciamento ambiental dos referidos empreendimentos. Como praticamente todos os reservatórios foram implantados anteriormente a nova legislação ambiental, os 30 metros atendem as definições legais válidas anteriormente, conforme Brasil (1965).

Buscando facilitar o processo interpretativo dos dados a serem gerados, adotou-se o sistema de referência de coordenadas SIRGAS2000 – UTM 21S para a gestão e organização dos dados. Com tal medida, os dados estarão sendo tratados diretamente em unidades métricas.

Após a importação dos dados referentes à hidrografia e os demais elementos mencionados (**Figura 2**), os mesmos foram agrupados considerando a largura entre margens dos cursos hídricos. Neste sentido, considerando a escala dos dados brutos, os elementos representados por linha única receberam a atribuição do valor de 30 metros para a sua APP, em conjunto com os elementos que representam os reservatórios de água. Para as demais feições, buscou-se aplicar um valor médio representativo para cada segmento de rio. Estes valores variam de 50 metros a 500 metros.

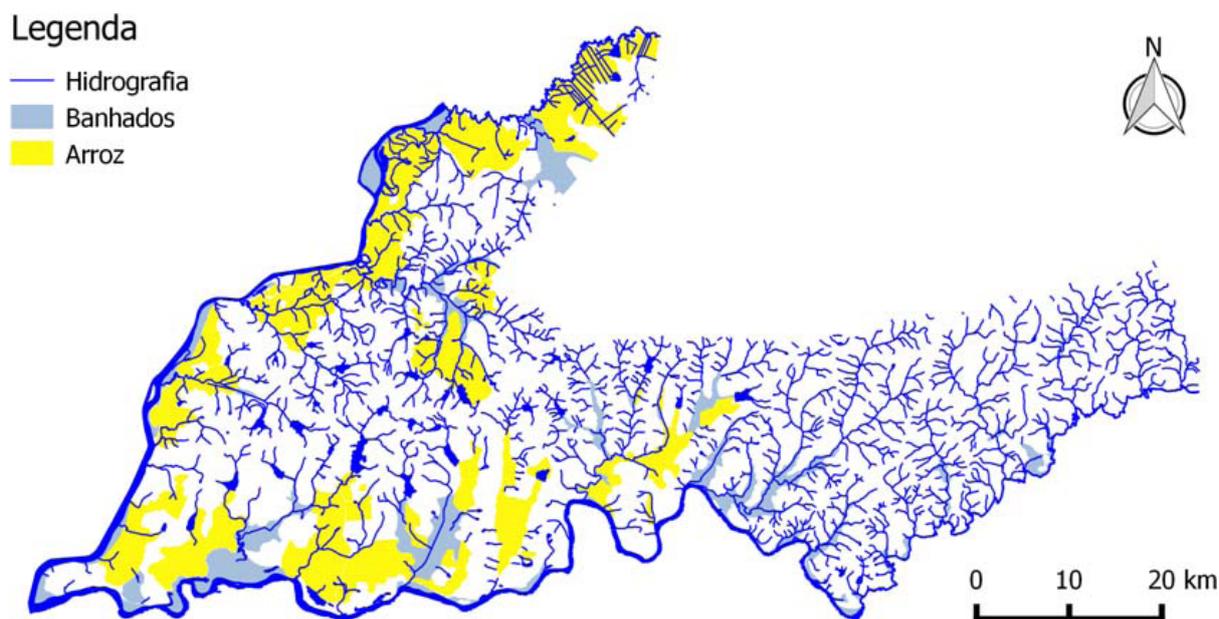


Figura 2 – Representação dos dados importados no QGIS

As APPs, por sua definição são espaços projetados conforme as dimensões do curso d'água. No SIG, o procedimento padrão para a obtenção de uma área projetada a partir de uma feição, considerando-se uma regra para esta projeção é o *buffer*. Este recurso permite projetar, a partir de uma feição, uma área conforme, com expansão de seus limites atendendo a distância definida. Considerando-se as diferenças de largura dos cursos hídricos, os mesmos foram avaliados e as APPs foram projetadas a partir da largura de segmentos uniformes, com o intuito de não ocasionar equívocos nas projeções. Na **Figura 3** é possível verificar a hidrografia e a APP projetada, resultante do processo de aplicação do *buffer*.

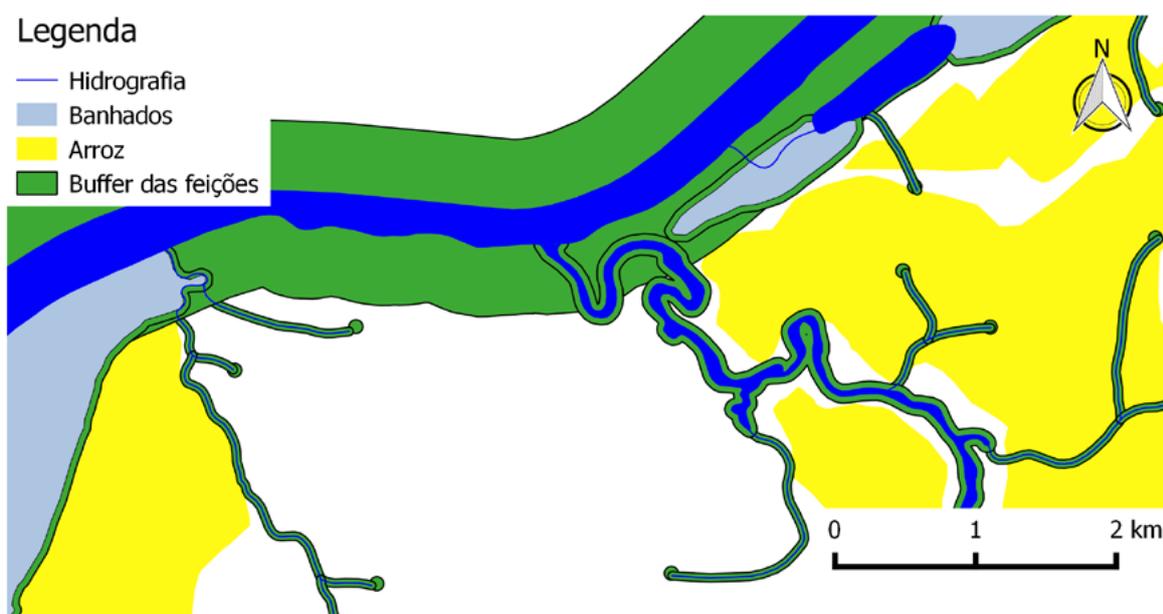


Figura 3. Exemplo da aplicação do *buffer* sobre as feições selecionadas

Uma vez obtida a APP correspondente a cada linha e polígono, iniciou-se a unificação dos locais de interseção de dois buffers, aplicando a técnica de dissolução de dados. Este procedimento se faz necessário para eliminar a contagem de um único local mais de uma vez. Na **Figura 4a** é possível observar a área de interseção da projeção de duas APPs, a do curso hídrico e a da nascente, e, na **Figura 4b** a representação das áreas unificadas através da aplicação da operação dissolver.

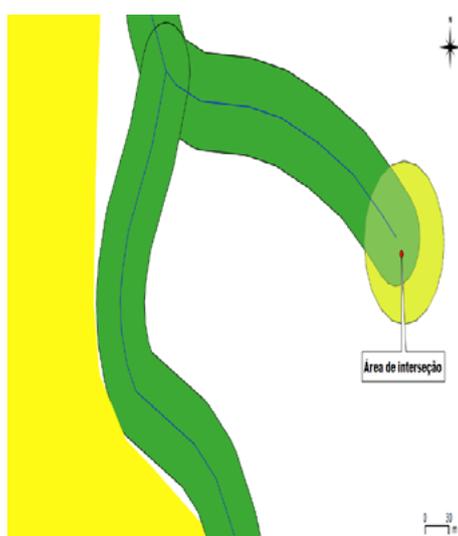


Figura 4a. Representação do buffer de cada elemento e as suas sobreposições

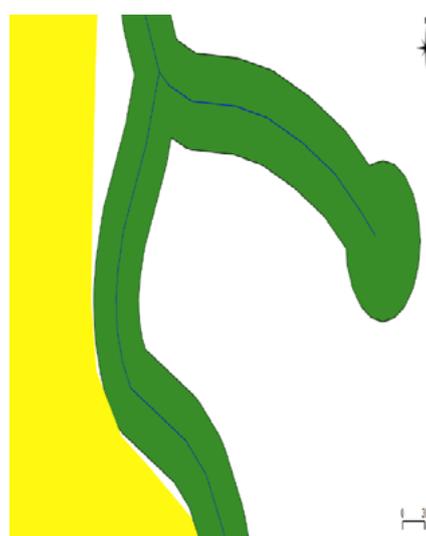


Figura 4b. Representação da dissolução dos dados

Em seguida, foi realizada a eliminação das áreas de interseção entre a hidrografia e as APPs. Nos casos em que a hidrografia está representada por um polígono, o buffer projetou uma linha para ambos os lados do polígono, exigindo assim este procedimento de refinamento dos dados, que consiste na supressão dos dados gerados para a área interna dos polígonos. Na **Figura 5a**, as áreas em azul representam a interseção entre o rio Uruguai e sua APP. Por sua vez, a **Figura 5b** representa somente a APP válida, gerada através dos processos de refinamento dos dados.



Figura 5a. Interseção da hidrografia com o buffer



Figura 5b. Extração das APPs válidas

A obtenção dos polígonos do buffer permitiu a realização do cálculo da área ocupada por cada categoria de dados (arrozal, banhado, entre outros), através da manipulação da tabela de atributos de cada camada vetorial, utilizando, para tanto, a calculadora de campo disponível no

QGIS. De posse destes dados é possível proceder a análise dos mesmos.

4. Resultados e Discussão

Com as técnicas e procedimentos apresentados, é possível inferir que a delimitação das APPs é possível, e apresenta um resultado que auxiliam no processo de gestão ambiental do território municipal.

Conforme as áreas de produção expandem seus limites, torna-se necessária maior atenção quanto à ocupação de áreas de interesse ambiental. Neste contexto, a identificação das APPs e a evolução das interferências humanas sobre tais áreas merecem constante atualização, haja vista a acelerada dinâmica dos processos de produção.

Ao aplicar os critérios apontados pelo Novo Código Florestal (Brasil, 2012) para a definição das APPs dos cursos d'água do território municipal de Itaquí, através dos procedimentos operacionais anteriormente descritos, obteve-se como resultado os dados expressos pela **Figura 6**.

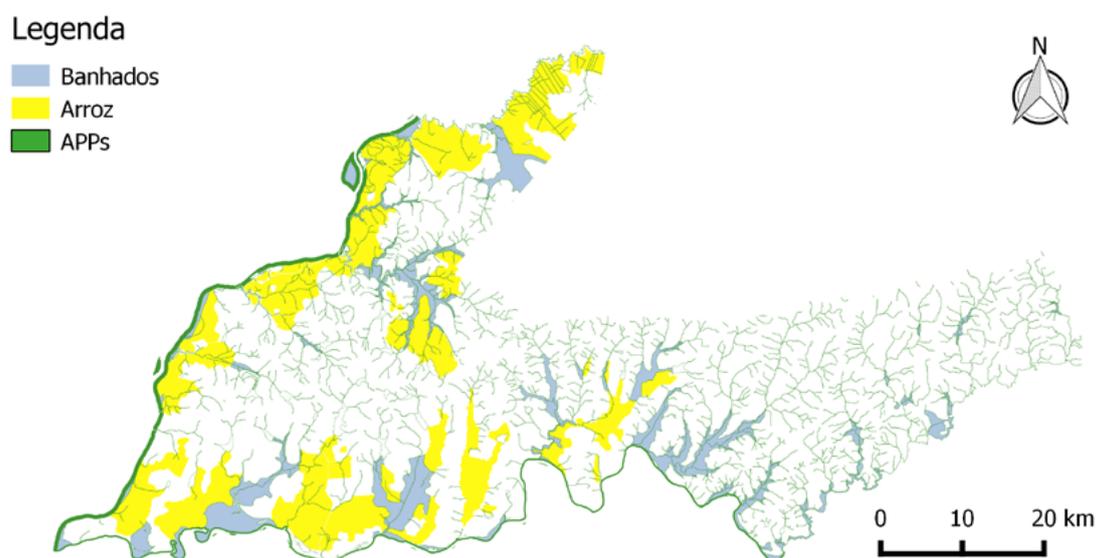


Figura 6. Resultado da geração das APPs dos cursos hídricos para o território municipal de Itaquí

Ao aplicar um zoom sobre os dados resultantes dos processamentos é possível observar que, em vários casos, as atividades agrícolas (produção de arroz) ocorrem em Áreas de Preservação Permanente, como pode ser verificado na **Figura 7**. Este fato é bastante recorrente considerando o potencial produtivo apresentado por estas áreas quando se trata das atividades da rizicultura, considerando a abundância de água nelas disponível.

Em termos quantitativos, foram identificadas as proporções equivalentes a cada uma das áreas de interesse adotadas neste estudo, conforme descrito na **Tabela 1**. Como é possível observar, as APPs equivalem a um total de 7,69% da área total do município, os quais estão distribuídos ao longo dos cursos hídricos, levando-nos a inferir que sua representatividade, perante as áreas que podem ser efetivamente ocupadas com atividades agrícolas, é pequena.

No entanto, as áreas cultivadas com arroz vêm crescendo anualmente. Conforme destacado por Gass. et. al. (2014), em 2012 a área cultivada com arroz foi de 70.800 hectares, um aumento estimado de 10.906 hectares, quando comparado ao obtido através das cartas topográficas para o ano de 1975. De acordo com dados do Instituto Rio-Grandense do Arroz (IRGA, 2016), para

a safra 2013, Itaquí produziu 725.259 toneladas das 8.069.903 toneladas de arroz produzidas no Estado, ocupando a 19ª posição no ranking dos municípios produtores de arroz, destacando assim a expressividade desta atividade para o município. Por sua vez, para a safra 2015-2016, a estimativa obtida pelos autores em dados preliminares ainda não publicados, a área de arroz no município atingiu cerca de 82.300 hectares.



Figura 7. Cultivo de arroz em áreas de APP

Tabela 1. Quantificação dos dados de áreas para os parâmetros analisados

	Hectares	Km ²	%
Área total do município	341317,00	3413,17	100,00
APPs projetadas	26275,77	262,75	7,69
Arrozais	59893,71	598,93	17,54
Banhados	28601,03	286,01	8,37

Nota-se a relevância das informações referentes às APPs e a produção de arroz no município ao se tratar das questões ambientais que tenham por finalidade discutir o papel das APPs conforme definido pela legislação em vigor (Brasil, 2012). Neste sentido, a aplicação dos procedimentos metodológicos aqui apresentados atendem as necessidades sob o aspecto técnico, contudo, a defasagem relativa aos dados de hidrografia deve ser considerada para uma maior precisão na delimitação das APPs como também um processo de gestão ambiental mais eficaz.

5. Conclusões

É possível concluir que os procedimentos adotados são tecnicamente eficazes para o processo de delimitação das APPs dos cursos hídricos. Contudo, a qualidade dos dados precisa ser melhorada, considerando-se que a sua geração ocorreu a partir da restituição aerofotogramétrica de fotografias em escala 1:60.000, o que pode ser melhorado a partir da utilização de novos materiais, em especial imagens de satélite de média e alta resolução, hoje disponíveis no mercado.

Outro elemento que deve ser considerado para estudos futuros, é a utilização de modelos de elevação mais precisos e detalhados, melhorando assim os resultados finais da aplicação do método. Como exemplo, podem ser citados modelos comerciais já disponíveis mas que, por hora, ainda possuem um alto custo de aplicação.

A associação dos dados de produção, em especial do cultivo de arroz, com os dados das

APPs, deve ocorrer com o intuito de implementar um processo efetivo de gestão ambiental no município que vise atender as prerrogativas estabelecidas pela legislação em vigor.

Por fim, cabe mencionar que o método aqui apresentado foi desenvolvido e aplicado em área com características que, de certa maneira, se assemelham às áreas do Pantanal. Neste sentido ressalta-se a presença de extensões significativas de banhados e áreas deprimidas com acúmulo de água, justificando-se assim a possibilidade de aplicação do método também no Pantanal ou em partes de sua área, resguardadas as devidas proporções escalares.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem a Prefeitura Municipal de Itaqui, RS, pela disponibilização da bolsa de estágio no âmbito do projeto GEOItaqui.

7. Referências

Brasil. Lei n. 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 16 de setembro de 1965.

Brasil. Lei n. 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 11 de julho de 2001, 2001.

Brasil. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; [...]; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, 28 de maio de 2012, 2012.

Câmara, G.; Davis, C. Introdução. In: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V. (Org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001.

Gass, S. L. B. **Áreas de preservação permanente (APPs) e o planejamento do seu uso no contexto das bacias hidrográficas: metodologia para adequação dos parâmetros legais**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, RS, 2010.

Gass, S. L. B.; Dal Forno, M. A. R.; Haas, M. B. **Áreas de Preservação Permanente – APPs: legislação, práticas científicas e conservação da natureza**. Ijuí, RS: Ed. Unijuí, 2013.

Gass, S. L. B.; et al. Estruturação do banco de dados e caracterização básica do município de Itaqui, RS, Brasil, para fins de seu Zoneamento Ecológico-Econômico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 4073-4081. Internet. ISBN 978-85-17-0076-8. Disponível em: < <http://marte2.sid.inpe.br/rep/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.15.35.36>>. Acesso em: 26 maio 2016.

Hasenack, H.; Weber, E. (org.) **Base cartográfica vetorial continua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS-IB-Centro de Ecologia, 2010.

IRGA. **Produtividades municipais – safra 2012/13**. Disponível em: < http://www3.irga.rs.gov.br/uploads/anexos/1374499016SAFRA_2012_13_RS_MUNICIPAL.pdf>. Acesso em 14 de maio de 2016.

Martine, G. O lugar do espaço na equação população/meio ambiente. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 24, n. 2, p. 181–190, 2007.

Silva, D. M. da. **Áreas de Preservação Permanente e áreas de inundação: estudo de caso na área urbana de Itaqui, RS, Brasil**. Monografia (Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia. Itaqui, RS. Universidade Federal do Pampa, 2014.

Silva, J. A. A. da; et. al. **O Código Florestal e a Ciência: Contribuições Para o Diálogo**. São Paulo: Sociedade Brasileira Para o Progresso da Ciência, SBPC; Academia Brasileira de Ciências, ABC, 2011.

Valeriano, M. de M. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em <www.dsr.inpe.br/topodata>.



Avaliação dos impactos na drenagem com a implantação de telhados verdes na UFMT – Campus Cuiabá utilizando o software SWMM

Bruna Pereira Leite¹
Jéssika Mayumi Fujimura¹
Jhenifer Stéfani de Araújo Fernandes¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso
Av. Fernando Corrêa da Costa, 2369,
Boa Esperança: 78060-900 - Cuiabá-MT, Brasil
bruna_pereiraleite99@hotmail.com
{jessikafujimura, jheni.ufmt}@gmail.com

Resumo. Um dos maiores problemas das áreas urbanas são as inundações, provocadas pelas chuvas intensas que aliada a altos níveis de impermeabilização do solo, resultam em grandes inundações que chegam a atingir áreas densamente ocupadas, causando prejuízos consideráveis. Nesse contexto, as técnicas compensatórias, sendo uma delas o telhado verde, são recomendadas com o intuito de restaurar as condições hidrológicas anteriores a ocupação, pois atuam no amortecendo os picos de chuvas por meio da retenção ou detenção de escoamentos. Locado em área urbana, o campus Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso enfrenta problemas de alagamentos recorrentes em diversos pontos. Desta forma, o presente trabalho objetiva avaliar o impacto na implantação de telhados verdes nas construções das Universidade Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá, para isto simulou-se dois cenários, a situação atual e outro considerando 100% de aplicação da técnica, no software EPA SWMM (*Storm Water Management Model*) - Modelo de gestão de águas pluviais, versão 5.1, desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – APA. Utilizou-se como dados entrada a medida do dia de maior precipitação da estação climatológica da instituição, dados obtidos por de geoprocessamento manipulados no ArcGIS 10.1 e parâmetros apresentados na literatura. Os resultados mostraram ocorre o amortecimento do pico, ou seja, redução em 18 % o pico do coeficiente de escoamento superficial (*runoff*) com a utilização de telhados verdes. Portanto, esta técnica compensatória poderia ser uma solução para os pontos de alagamentos que ocorrem no Campus da Universidade Federal de Mato Grosso.

Palavras-chave: Telhados verdes, Software SWMM, UFMT, drenagem urbana.

Abstract. One of the biggest urban areas problems are floods, caused by heavy rains combined with high levels of soil impermeabilization, resulting in massive floods that reach densely populated areas, causing considerable damage. In this context, compensatory techniques, being green roof one of them, are recommended in order to restore the hydrological conditions previous the occupation, because they act in dampening the rainfall peaks through the retention or detention flow. Located in urban areas, the Cuiabá campus of the Federal University of Mato Grosso faces recurrent flooding problems at several points. Thus, the present study aims to evaluate the impact on the implementation of green roofs in buildings of the Federal University of Mato Grosso, Cuiabá campus, for this two scenarios were simulated, the current situation and another considering 100% of technical application in the EPA SWMM software (Storm water management Model), version 5.1, developed by the US Environmental Protection Agency - EPA. It was used as data entry handled in ArcGIS 10.1, and parameters presented in the literature. The results showed the damping peak occurs, which was 18% reduction in the runoff coefficient peak with the use of green roofs. So this compensatory technique could be a solution to flooding points that occurs in the campus of the Federal University of Mato Grosso.

Key-words: Green roofs, SWMM software, UFMT, urban drainage.

Introdução

Uma das maiores problemáticas presente nas áreas urbanas são as inundações. A ocorrência de chuvas intensas aliada a altos níveis de impermeabilização do solo, provocam grandes inundações que chegam a atingir áreas densamente ocupadas, causando prejuízos consideráveis e até perdas irreparáveis, como a vida humana. Na maioria das vezes, este tipo de problema ocorre em regiões mal planejadas sob a ótica da drenagem convencional, a qual se baseia em escoar a água pluvial para o corpo hídrico mais próximo em menor tempo. Para Silva & Afonso (2007), “a identificação prévia das áreas suscetíveis a inundações, através de simulações digitais, possibilita a elaboração de instrumento básico de apoio às decisões tomadas em relação ao uso e ocupação do solo, nas esferas pública e privada [...]”.

Nesse contexto, as técnicas compensatórias são aplicadas com o intuito de restaurar as condições hidrológicas anteriores a ocupação, pois atuam no amortecendo os picos de chuvas por meio da retenção ou detenção de escoamentos. Um dos tipos de técnicas compensatórias que tem ganhado destaque no mundo são os telhados verdes. Segundo Santos et al. (2009) citado por Santos (2011), “[...] os telhados verdes se caracterizam pela aplicação de vegetação sobre a cobertura de edificações com impermeabilização e drenagem adequadas”. De acordo com Mentens, et al., (2005), os benefícios que estão agregados a prática da utilização dos telhados verde são inúmeros, sendo alguns deles: redução o escoamento superficial, conforto térmico no interior da construção, uma vez que diminui a temperatura no interior dela, melhora na qualidade do ar pela absorção de CO₂, contribui com o paisagismo, dentre outros.

A International Green Roof Association (IGRA) classifica em três tipos de telhados verdes: os extensivos, semiextensivos e intensivos. Segundo Santos et al. (2009) *apud* Santos (2011), os telhados verdes extensivos têm a concepção inerente de ser quase “autossustentáveis”, ou seja, de necessitar de apenas um mínimo de manutenção, como, por exemplo, irrigações esporádicas e pouco uso de fertilizantes; por outro lado, os telhados intensivos requerem uma razoável profundidade de solo, devido ao grande crescimento das plantas, além disso demandam intensivo trabalho de manutenção como irrigação, fertilizantes, entre outros. Já os semiextensivos são aqueles que apresentam características dos outros dois tipos.

A prática do telhado verde tem sido difundida mundialmente e isso tem sido a solução para muitos problemas relacionados à drenagem e energia. Em Toronto, no Canadá, e Copenhagen, na Dinamarca, foram as primeiras cidades a tornarem obrigatória a construção de telhados verdes. No Brasil, o estado de Recife sancionou a Lei Municipal 18.112/2015 que obriga a construção de telhados verdes em edificações com mais de quatro pavimentos.

Em diagnóstico da situação dos dispositivos de drenagem realizado por Mota, Jesus, Guedes, & Rondon. (2015) no campus Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso verificaram que a maioria dos dispositivos (52%) do sistema de drenagem pluvial estão em más condições e /ou entupidas, além da identificação de 8 pontos de alagamentos.

Assim com o emprego dos recursos de geoprocessamento conjuntamente com software EPA SWMM (Storm Water Management Model) o presente trabalho avaliou os impactos na dinâmica do escoamento superficial com a implantação de telhados verdes nas construções da universidade.

Objetivo

O presente trabalho objetiva avaliar o impacto na implantação de telhados verdes nas construções das Universidade Federal de Mato Grosso, campus Cuiabá. Para isto simulou-se dois cenários, o primeiro correspondendo o cenário atual, sem a instalação de telhados verdes e o segundo considerando 100% de aplicação da técnica, utilizando geoprocessamento conjuntamente com o software EPA SWMM, desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos.

Materiais e Métodos

Área de estudo

O campus Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso endereçada na avenida Fernando Correa da Costa, nº 2367, bairro Boa esperança na cidade de Cuiabá, Mato Grosso e possuindo a seguintes coordenadas geográficas 15°36'33.4" latitude sul e 56°03'55.6" longitude oeste.

O município de Cuiabá tem parte pertence a Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá, que se posiciona no quadrilátero formado pelas coordenadas geográficas de 54°38' e 57°00' de longitude oeste e 14°10' e 15°50' de latitude sul, com área de 22.851,1 km². Chiaranda, Colpini, & Soares (2016)

A Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá constitui-se em um importante manancial tanto para a população nela residente como para o Pantanal Mato-grossense, no qual contribui com os processos da dinâmica das águas superficiais desse sistema hídrico de compensação e vazão, auxiliando na manutenção de sua estabilidade. Chiaranda, Colpini, & Soares (2016)

Aplicação de geoprocessamento

A aplicação dos recursos desta geotecnologia foi realizada com o auxílio do software ArgGIS 10.1 que processou e gerou informações sobre a área de estudo e necessárias para a simulação.

Primeiramente, utilizando o *basemap imagery with labels* vetorizou-se o limite da área de estudo e as edificações, pavimentos entre outros dispositivos presentes dentro dela (lagoa e piscina) para o obter a área ocupada destes elementos. Foi também demarcado a estação climatológica e a localização de instalação dos módulos de telhados verdes construídos por um projeto, que será descrito posteriormente.

Por meio de arquivo SRMT (Shuttle Radar Topographic Mission) fornecido pelo Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) foram geradas com o auxílio do software ArcGIS 10.1 as curvas de níveis (elevation), conforme apresentado na **Figura 1**. O arquivo SRMT apresenta dados de altimetria e contém resolução de 90 metros.



Figura 1. Curvas de níveis da área de estudo

Posteriormente foi calculadas as declividades em percentuais (legenda slope) da área de estudo por meio da ferramenta Slope do ArcGIS, como se pode observar na **Figura 2**.

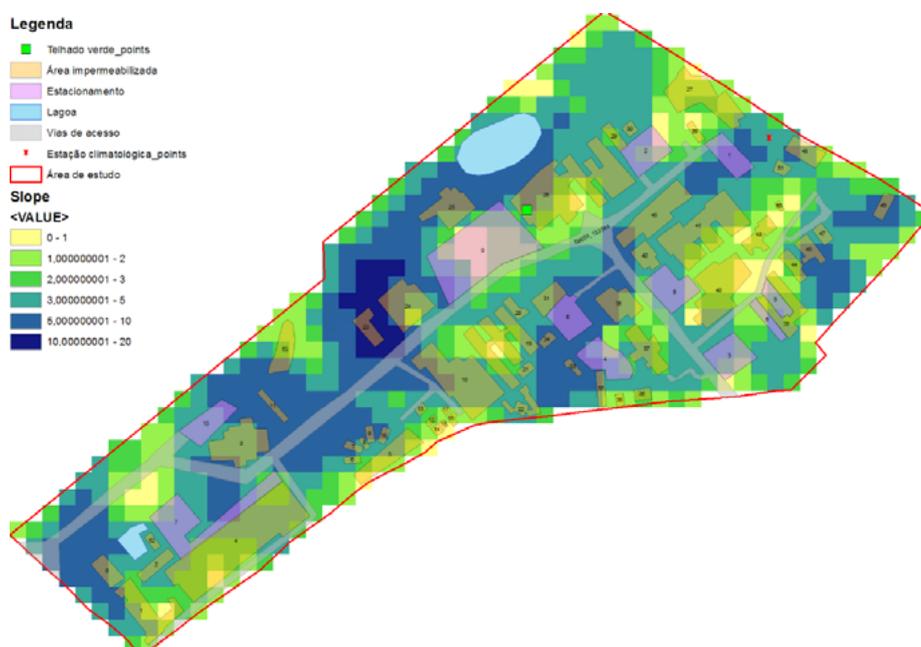


Figura2. Declividade da área de estudo

Para a aplicação da modelagem hidráulica pelo programa EPA SWMM, a área de estudo foi dividida em micro bacias de contribuição A, B, C, D, E, F, G, H, definidas de acordo com a topografia, baseada nas curvas de níveis e a declividade geradas diretamente pelo ArcGIS. Para cada micro bacia foram delimitadas áreas permeáveis, impermeáveis (telhados), estacionamento e vias de acesso, conforme a **Figura 3**.

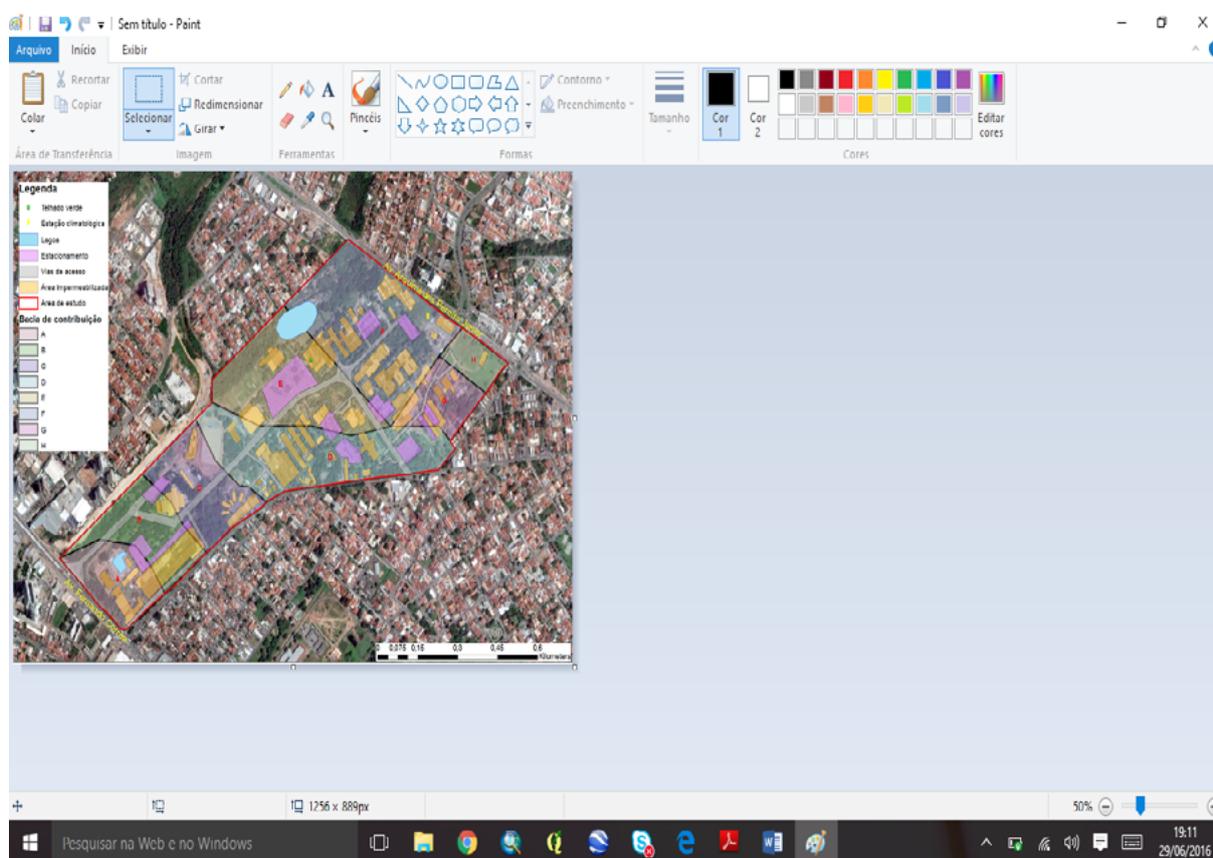


Figura 3. Micro bacias de contribuição da UFMT

Determinação de parâmetros hidráulicos para execução da modelagem

O EPA SWMM - *Storm Water Management Model*, que em português significa Modelo de Gestão de Drenagem Urbana, é um software que permite a modelagem de cenários no gerenciamento de águas pluviais, desenvolvido desde de 1971 pela Agência Nacional de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos (EPA – *Environmental Protection Agency*). Este sofreu diversas atualizações sendo a última versão (SWMM 5.1.010) de livre acesso para download no endereço eletrônico da agência. Segundo o Manual do SWMM 5.0 elaborado por ROSSMAN & UFPB (2010), o software classifica-se como modelo de base física, no qual se aplica os princípios da conservação de energia, momento e massa. É capaz de simular fenômenos hidráulicos e hidrológicos, fornecendo resultados relativos à quantidade e qualidade das águas escoadas, pontos de inundação e poluentes.

O SWMM é uma realização computacional que materializa o modelo chuva-vazão e permite simulações da quantidade e qualidade do escoamento superficial, especialmente na área urbana.

Alguns dados de alimentação são necessários para a simulação com telhados verdes no SWMM entre eles: tipos de solo; Classe do solo; Curva número; Espessura do solo; Porosidade; Pressão de sucção; Capacidade de Campo; Ponto de Murcha; Condutividade; Deficit de umidade do solo; Condutividade (declividade); e coeficiente de Manning.

Para a simulação utilizaram-se dados de solo e vegetação do telhado verde com gramínea instalado e construído pelo projeto: “Avaliação de telhados verdes no controle quali-quantitativo das águas pluviais no município de Cuiabá-MT”, patrocinado pela FAPEMAT (Fundação de Amparo a Pesquisa em Mato Grosso). No desenvolvimento do projeto, foram construídos quatro módulos experimentais, com área de 0,5 m² cada, construídos em duplicata totalizando

1 m² de área. Os módulos representaram o telhado convencional (sem camadas e vegetação); o telhado verde constituído de gramínea (*Zoysia japônica*); o telhado verde com a espécie arbustiva (*Ixora coccínea*); e, o telhado verde com consorcio de espécies (gramínea e arbustiva).

Para a montagem dos módulos do telhado verde seguiu-se o sistema construtivo do telhado verde extensivo. Sendo este: uma camada drenante composta de argila expandida graúda e diâmetro de 32 mm, com aproximadamente 5 cm de altura; uma manta Geodrenante (MacDrain - Maccaferri®); e uma camada de substrato com aproximadamente 15 cm de altura (mistura de terra preta, solo orgânico, e agregado de baixa densidade – vermiculita - na proporção de 1:1:10), como mostra a **Figura 4**.

Quanto à captação da água foram previstos um sistema para a coleta da água escoada e outro para a coleta da água que infiltrada (bambonas de 120 litros), com exceção do módulo que representa o telhado convencional. Todos os módulos foram dispostos a uma declividade de 5 % ($\pm 4^\circ$), conforme a **Figura 5**.

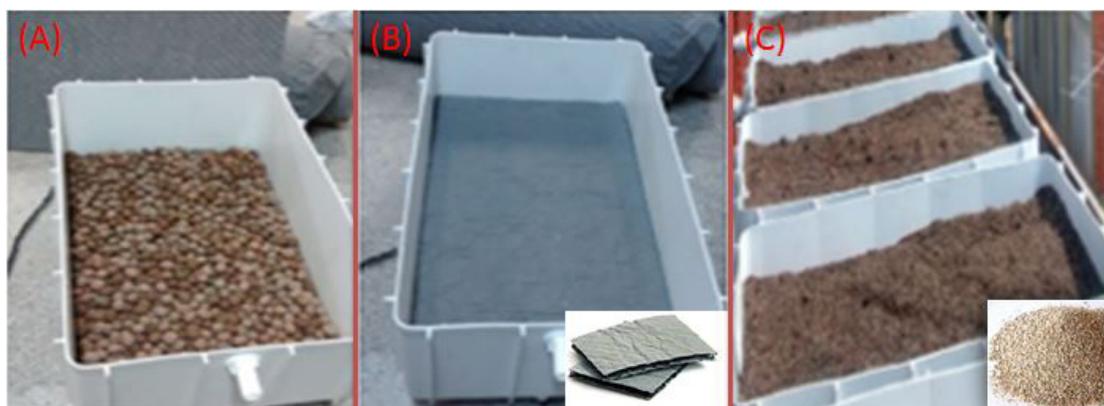


Figura 4. Montagem dos telhados verdes, sistema construtivo telhados verdes extensivos.
Fonte: Jocilan de Lara, 2015.



Figura 5. Módulos montados no telhado da FAET/ICET.
Fonte: Acervo pessoal, 2015

Precipitação

Os dados de precipitação foram obtidos dos registros do pluviômetro e pluviógrafo da Estação Climatológica Mestre *Bombed* situada nas coordenadas 15°36'25.60"S e 56° 3'39.00"O no campus Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso e em operação desde 1989. Para a simulação no software foi considerado somente o dia de maior precipitação entre o período de duração do projeto "Avaliação de telhados verdes no controle quali-quantitativo das águas pluviais no município de Cuiabá-MT", que foi no dia 20 de fevereiro do ano de 2015 atingindo a marca de 126,3 mm, com tempo de duração de 10hs e 30 minutos, de início as 13hs30min00seg se prolongando até o dia seguinte.

Tipo de solo

As variáveis relacionadas ao solo foram obtidas de tabelas contidas no Apêndice A do Manual do usuário do SWMM 5.0 elaborado por (ROSSMAN & UFPB, 2010).

O tipo de solo utilizado no experimento foi o Lemo Franco devido a sua característica de combinação desejável de areia, silte e argila, proporcionando uma drenagem ideal.

Classe do solo

De acordo com a National Resources Conservation Service (NRCS) - Recursos do Serviço Nacional de Conservação, os solos são classificados em A, B, C e D. Desta forma, o solo do experimento foi classificado como tipo B devido suas características de infiltração moderada, com profundidade moderada e textura fina. A partir desta classificação obtemos o intervalo da condutividade hidráulica, de 0,3 a 0,15 (pol.h-1) ou 7,62 a 3,81 (mm.h-1).

Curva Número

Após ter definido o tipo e classe do solo, é possível determinar o coeficiente de infiltração chamado de Curva número (CN). Quando menor a infiltração do solo, mais será este coeficiente.

A *Soil Conservation Service* (SCS) traduzida como Serviço de Conservação do Solo, estipula os valores de CN para os tipos de solo. Para o presente trabalho considerou-se para os telhados verdes o CN de pastagens em boas condições que corresponde a 61. Já para as áreas impermeáveis como pavimento e estacionamento é a curva número corresponde a 98.

Porosidade, pressão de sucção, capacidade de campo, ponto de murcha e condutividade Hidráulica

A porosidade do solo é a relação entre o volume de vazios e o volume total do solo, e é determinada pelo tipo de solo. Como o solo utilizado é o Lemo Franco, a porosidade do solo é igual a 0,501; a condutividade hidráulica é 0,26 pol.h-1 ou 6,60 mm.h-1; pressão de sucção 6,69 pol. ou 169,92 mm; a capacidade de campo igual a 0,284 e o ponto de murcha 0,135, como pode ser visto na **Tabela 1**.

Tabela 1- Características do solo

Classe do Solo	K	Φ	Φ	CC	WP	CN
Lemo arenoso	0,26 pol.h ⁻¹ 6,60 mm.h ⁻¹	6,69 pol. 169,92 mm	0,501	0,284	0,135	61

K= Condutividade hidráulica do solo saturado, polegadas ou milímetros por hora

ϕ = pressão de sucção, polegadas ou milímetros

Φ = porosidade, fração volumétrica

CC= capacidade de campo, fração

WP= ponto de murcha, fração

CN= Curva número, adimensional.

Deficit de umidade do solo

O deficit de umidade do solo é a relação entre a porosidade e o volume do solo (0,15mx-1mx0,5m), e possui um valor de 6,68.

Condutividade (declividade)

A declividade da condutividade hidráulica é a inclinação média da curva do log da condutividade versus o deficit de umidade de solo (porosidade dividida por umidade volumétrica). De acordo com o tipo de solo utilizado, a declividade hidráulica é de 5,476.

Número de *manning*

O número de Manning depende do tipo de solo. De acordo com a ASCE 1992 (Associação Americana de Engenheiros Civis), para o solo utilizado no experimento o *Manning* é igual a 0,1 entretanto para o caso de grama densa o valor é de 0,24.

Resultados e discussões

O volume de detenção determina o atraso dos picos de escoamento da água no influxo para a rede de drenagem. Os picos de amortecimento são devidos à capacidade de armazenamento do solo em curto período de tempo e da capacidade de campo, assim como a capacidade de armazenamento na camada drenante, da inclinação do telhado verde e das condições de umidade do solo.

Na **Figura 6** é apresentado um hidrograma de resposta para o uso do solo em um cenário de conversão de 100 % dos telhados convencionais para telhados verdes, no evento (data) de maior precipitação ocorrido, durante as análises.

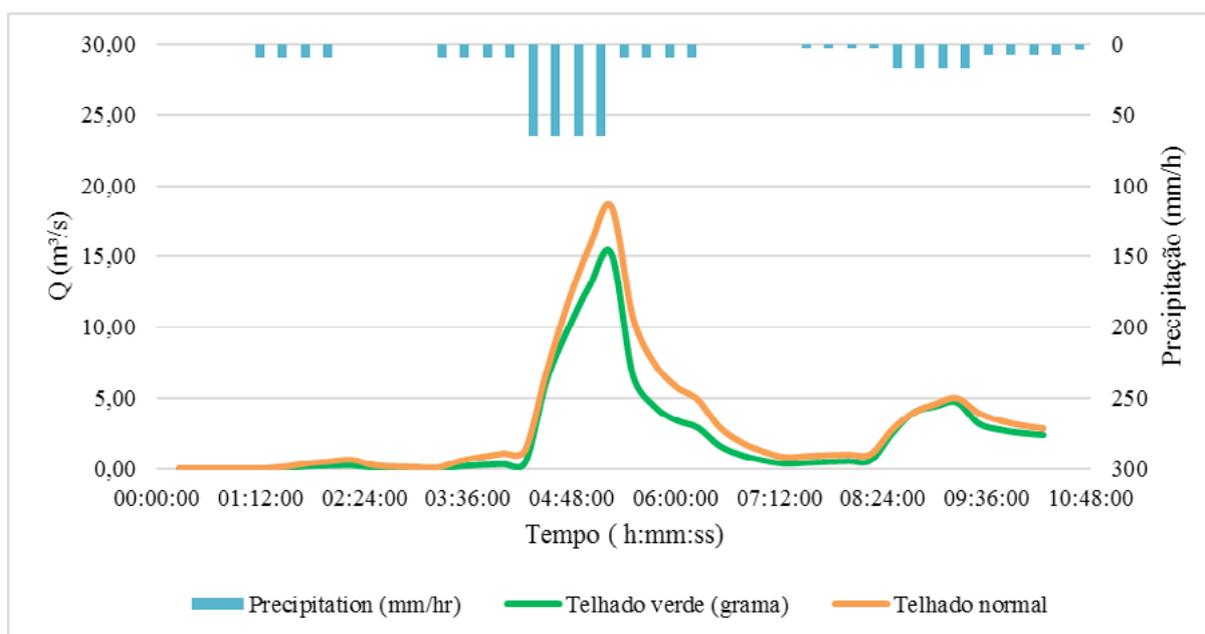


Figura 6. Hidrograma atual e hidrograma gerado a partir do cenário de telhados verdes.

Como visto na **Figura 6**, ocorreu um atenuamento do coeficiente de escoamento superficial (runoff) que representa um amortecimento e atraso no escoamento das águas pluviais em 18 %, o que pode desafogar o sistema de drenagem que está atualmente em funcionamento na Universidade Federal de Mato Grosso, além das outras vantagens dos telhados verdes, como a redução nos gastos de energia devido ao conforto térmico.

A **Figura 7** representa as sub bacias geradas no software EPA SWMM para a situação atual (Telhados convencionais). Observa-se que ao final da precipitação de 126 mm ocorrida no dia (20/02/2015) a área que apresentou maiores problemas com runoff elevado foi a área onde se encontra o estacionamento do Bloco da Faculdade de Arquitetura, Engenharia e tecnologia. Pois como levantado na visita de campo, essa região possui baixa topografia e poucos dispositivos de macrodrenagem (boca de lobo), deixando o canal saturado e alagando a área em período de chuvas de grandes intensidades.



Figura 7. Mapa gerado pelo SWMM ao final da modelagem apresentando telhados convencionais.

Como pode ser observado nas **Figuras 7 e 8** o cenário de cobertura total dos telhados verdes foi satisfatória para diminuir o escoamento superficial.

Conclusões e sugestões

Através dos resultados, a redução e amortecimento do pico do *runoff* mostra que a construção de telhados verdes seria uma técnica compensatória que poderia trazer uma solução para os pontos de alagamentos que ocorrem no campus de Cuiabá da Universidade Federal de Mato Grosso.

Diante disso, sugere-se fazer análises futuras para estudar a viabilidade de se utilizar os telhados verdes em contribuição na minimização do problema de alagamento do viaduto da Fernando Correa, e em outras regiões sujeitas ao alagamento principalmente no bioma do Pantanal. Da mesma forma, para melhoramento do uso da tecnologia (software) aplicada recomenda-se utilizar outras variáveis para melhor calibrar o modelo. Além de se fazer um estudo para outras espécies de plantas e declividades, para o seu melhor aproveitamento construtivo.



Figura 8. Mapa gerado pelo SWMM ao Final da modelagem apresentando 100 % de telhados verdes.

Referências

Chiaranda, R.; Colpini, C.; Soares, T. S. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá. **Advances in Forestry Science**, v.3, n.1, p.13-20, 2016 Disponível em:< <http://periodicoscientificos.ufmt.br/index.php/afor/article/view/2995>> Acesso em 12 de ago. 2016.

IGRA, International Green Roof Association. **Green Roof Types Online**. Disponível em:<http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/> Acesso em 12 de ago. 2016.

MENTENS, J.; RAES, D.; HERMY, M. Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? **Landscape and Urban Planning – Elsevier**, Leuven, Belgium, n. 77, ago. 2006, p. 217–226. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204605000496>> Acesso em 12 de ago. 2016.

Mota, S. D.; Jesus, V. O.; Guedes, D. S.; Rondon, E. N. (novembro de 2015). Diagnóstico do sistema de micro drenagem das áreas comuns da UFMT, campus Cuiabá. In: ENCONTRO EM ENGENHARIA DE EDIFICAÇÕES E AMBIENTAL, 3., 2015, Cuiabá.

NETO, P. D. **Telhados verdes associados com sistema de aproveitamento de água de chuva: projeto de dois protótipos para futuros estudos sobre esta técnica compensatória em drenagem urbana e prática sustentável na construção civil**. 2012. 168 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

Rossmann, L. A.; UFPB, L. E. E. H. S. **SWMM 5.0 MANUAL DO USUÁRIO**. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2010. 280 p.

Santos, P. T. **Balanço hídrico em teto com cobertura vegetal no semiárido pernambucano**. 2011. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologias e Geociências – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011

Silva, C. S.; Afonso, S. (2007). Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas inundáveis em zonas urbanas: estudo de caso da zona urbana de Pelotas/RS. **Paisagem ambiente: ensaios**, São Paulo, n. 24, 2007, p. 319 - 326.

Silva, N. D. **Telhados verdes: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental**. 2011. 61 f. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.



Geoprocessamento aplicado à gestão de recursos hídricos: o caso do semiárido nordestino e do Pantanal

Rafael Wendell Barros Forte da Silva 1
Dálete Maria Lima de Sousa 2

¹Técnico em Geomática da Universidade Federal Ceará
Centro de Tecnologia - Departamento de Engenharia de Transportes
Campus do Pici - Bloco 703 – Fortaleza, CE,
Fone/Fax: (85) 3366-9488
rwsilva@det.ufc.br

²Monitora de Topografia do Departamento de Engenharia de Transportes
Campus do Pici - Bloco 717 – Fortaleza, CE,
Fone/Fax: (85) 3366-9654
dalete@det.ufc.br

Resumo. A gestão dos recursos hídricos no semiárido nordestino e no Pantanal vem refletindo as realidades políticas, sociais e econômicas do Brasil. A forma atualmente presenciada de gestão, voltada à utilização social da água, nos remonta as sugestões apresentadas ainda no século XX, impulsionadas pelas inquietudes e conflitos desenvolvidos entre os diversos protagonistas do ambiente, como a sociedade, o poder público e as condições do próprio meio. Como forma de analisar o perfil hidrogeológico do nordeste traçou-se uma sequência de mapas que justificam a necessidade de gestão desse recurso em especial no semiárido nordestino e na Bacia do Alto Paraguai. Para o embasamento teórico as referências foram de extrema importância visto que proporcionaram um desenvolvimento do estudo, assistindo as análises dos aspectos socioambientais atrelados ao uso desse recurso, verificou-se as diferentes formas de gerir os impactos decorrentes do aumento de demanda e elaborou-se uma cartografia específica para as faculdades exigidas. Para solução da dinâmica desses recursos foi proposta uma gestão integradora que promovesse a utilização sustentável desse bem tão precioso, de forma a satisfazer as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender as suas próprias necessidades. Por tanto se conclui que monitoramento da qualidade da água em uma bacia hidrográfica, através das técnicas de geoprocessamento, é muito mais amplo, e devem atender as exigências regulamentadoras baseadas no estudo de porosidade e da hidroquímica de potabilidade.

Palavras-chave: geoprocessamento, recursos hídricos, gestão.

Abstract. The management of water resources in semi-arid northeast and the Pantanal has been reflecting the political, social and economic Brazil. The currently witnessed form of management, focused on the social use of water in the back suggestions also presented in the twentieth century, driven by concerns and conflicts developed between the various environmental actors, like society, the government and the proper environmental conditions . In order to analyze the hydrogeological profile Northeast drew up a series of maps that justify the need for management of this resource especially in semi-arid northeast and the Upper Paraguay River Basin. For the theoretical background references were extremely important as it provided a development of the study, watching the analysis of the environmental aspects linked to the use of this feature, it was found different ways to manage the impacts of the increased demand and elaborated one specific mapping to the required powers. For solution of the dynamics of these resources has been proposed an integrated management that promote the sustainable use of this precious asset, to meet the current needs without compromising the ability of future generations to meet their own needs. Therefore it is concluded that monitoring of water quality in a watershed through geoprocessing techniques, is much broader, and should meet the regulatory requirements based on study of porosity and hydrochemical potability.

Key words: geoprocessing, water resources, management.

1. Introdução

A gestão dos recursos hídricos no semiárido nordestino vem refletindo as realidades políticas, sociais e econômicas do Brasil. A forma de gestão aplicada atualmente, voltada à utilização social da água, nos remonta as sugestões apresentadas ainda no século XX, impulsionadas pelas inquietudes e conflitos desenvolvidos entre os diversos protagonistas do ambiente, como a sociedade, o poder público e as condições do próprio meio ambiente.

No nordeste, existem ainda dois pontos de problematização relacionados à gerência dos recursos hídricos: a irregularidade do quadro de chuvas, o agravamento das secas e, cercando essa implantação do controle hídrico do semiárido nordestino, vê-se certo descaso na não fomentação de práticas e formação de órgãos gestores para essa gerência.

A relação encontrada no rio Paraguai na sua parte superior, englobando uma das mais importantes wetlands do país que é o Pantanal, nos remete a utilização da gestão participativa. As características naturais e antrópicas da bacia apresentaram grandes variabilidades ao longo do último século que necessitam de uma gestão adequada dos recursos naturais, em especial os recursos hídricos.

O entendimento do comportamento hidrológico deste sistema é essencial para avaliar os seus diferentes condicionantes naturais e sociais regionais.

Seguindo esta linha de raciocínio a administração dos recursos hídricos deve ser integrada, neste artigo são apresentados elementos qualitativos e quantitativos da variabilidade hidrológica dentro de uma visão de macroescala, analisados os usos dos recursos hídricos e os principais impactos ambientais associados.

Mediante este contexto não apenas as bacia hidrográficas do nordeste brasileiro ou mesmo suas sub-bacias integradoras, mas, fundamentalmente os pequenos e grandes tributários, que acumulam água para uso humano e afins, assumem papel fundamental em tempos de estiagens mais severas. Contudo, nem sempre é implementada a conscientização ambiental no entorno desses constituintes hídricos, dessaforma temos consequências danosas à população, uma vez havendo o comprometimento ambiental tanto dos corpos hídricos e a grua, também dos reservatórios.

2. Metodologia de Trabalho

Para a elaboração deste trabalho adotou-se como metodologia, em sua fase inicial de pesquisa, a busca de aspectos relevantes na caracterização da água no Nordeste e na identificação da Bacia do Alto Paraguai, equipando-se de levantamentos bibliográficos levantamentos em livros, arti-

gos científicos e jornais, no intuito de ter uma real noção do assunto a ser abordado bem como de suas nuances.

Os bancos de dados de informações para a elaboração do material cartográfico foram adquiridos em órgãos como a Secretaria de Planejamento e Gestão– SEPLAG, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

No que tange ao geoprocessamento, a sua aplicação se deu na elaboração de mapas dos dados hidrogeológicos e hidroquímicos, fazendo-se a utilização do software gratuito QGIS, empregado também para elaboração de outras **Figuras** deste artigo, em sua versão atual 2.14.3 ‘Essen’, que foi lançada em 20.05.2016 e está disponível para Windows, MacOS X, Linux e Android no sítio < http://qgis.org/pt_BR/site/forusers/download.html>.

As referências subsidiaram o desenvolvimento do estudo, assistindo o embasamento acerca da temática em questão, sendo de fundamental importância, pois permitiu um maior aprofundamento e consolidação do referencial teórico.

Sendo o artigo de cunho descritivo, essa fase de interpretação e análise de dados foi de suma importância e imprescindível para conhecer melhor a utilização desse bem tão precioso, que é a água, auxiliando na verificação das transformações e dinâmicas de gestão, além de fornecer um aparato para os materiais gerados, que serviram de subsídios para os resultados desse estudo, deixando explícito o contato direto dos pesquisadores com o tema abordado.

E por fim em escritório realizou-se o mapeamento de localização e a organização do material iconográfico adquirido através do embasamento teórico. E diante das análises dos aspectos socioambientais atrelados ao uso desse recurso verificou-se as diferentes formas de gerir os impactos decorrentes do aumento de demanda. Desta forma, é preciso que nesse cenário se adote uma gestão participativa, integrada na sociedade, sensibilizando as comunidades, no que concerne a proteção e consumo consciente desse recurso natural.

3. Resultados e Discussão

Com a implementação da Lei 9.433, publicada no Diário Oficial da União no dia 08 de janeiro de 1997, que aborda de forma *sem a/o qual não pode ser*, como um de seus princípios básicos, resolve em seu art. 1º, parágrafo III, que, em situação de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos deve ser para o consumo humano e a dessedentação de animais. No mesmo artigo, no parágrafo VI, essa Lei ratifica, ainda, como embasamento, que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Estado enquanto Poder Público, dos usuários e das comunidades. Branco e Rocha (1987) ponderam que cotidianamente são diversos os usos a que se destinam a água, dentre os quais eles destacam:

a) Provedimento domiciliar e dessedentação - Com relação ao provedimento domiciliar a água deve ser usada de várias maneiras, mas todas elas devem estar alinhadas para o fim mais nobre possível, que é o da água para beber. Branco (1993) nos mostra que o ideal seria, entretanto, dispor de duas formas de abastecimento, as quais caracteriza como *redes abastecedoras diferenciadas*, uma designada a fornecer água de qualidade melhor (para bebida, cozimento de alimentos e asseio pessoal) e outra para usos menos exigentes (lavagem, irrigação, etc.).

b) Fornimento industrial - A água potável, de um modo geral, seria suficiente, mas às vezes não, exigindo, como no caso de certos processos industriais químicos e farmacêuticos, água destilada. Em outras atividades como em indústrias que usem caldeiras o principal cuidado deve ser com a ação corrosiva e incrustante de certos sais contidos na água e capazes de danificar as tubulações mais resistentes.

c) Geração de energia - Citando como exemplo principal as usinas termoeletricas, que

usam imensas caldeiras, os problemas mais importantes são entupimento e corrosão das tubulações. Já no caso das usinas hidroelétricas, que usam diversos tipos de turbinas, as restrições são poucas, a não ser que se trate de águas extremamente contaminadas, onde as emanações de gás sulfídrico podem ganhar forma e se remodelar transformando-se em ácido sulfúrico e danificar as pás das turbinas, que também podem ser afetadas pela excessiva proliferação de vegetação flutuante, tipo aguapé, devido a eutrofização dessas águas.

d) Recreação - Para esse tipo específico exige-se um alto padrão de qualidade, sobretudo quando a água é utilizada para fins de desporto como a natação e o polo aquático, ou mesmo para banho, levando-se em conta que geralmente certa quantidade de água pode ser ingerida e que ela está em contato constante com os olhos, os ouvidos e a pele em geral. Segundo Freitas (2009) o problema dos esgotos serem derramados nos leitos dos rios é um problema muito sério, tanto do ponto de vista estético como sanitário.

Como forma de analisar a o perfil hidrogeológico do nordeste traçou-se uma sequência de mapas que justificam a necessidade de gestão desse recurso em especial no semiárido. O primeiro mapa dessa sequência de análises foi a representação com a delimitação das massas de água disponíveis, conforme a **Figura 1**.

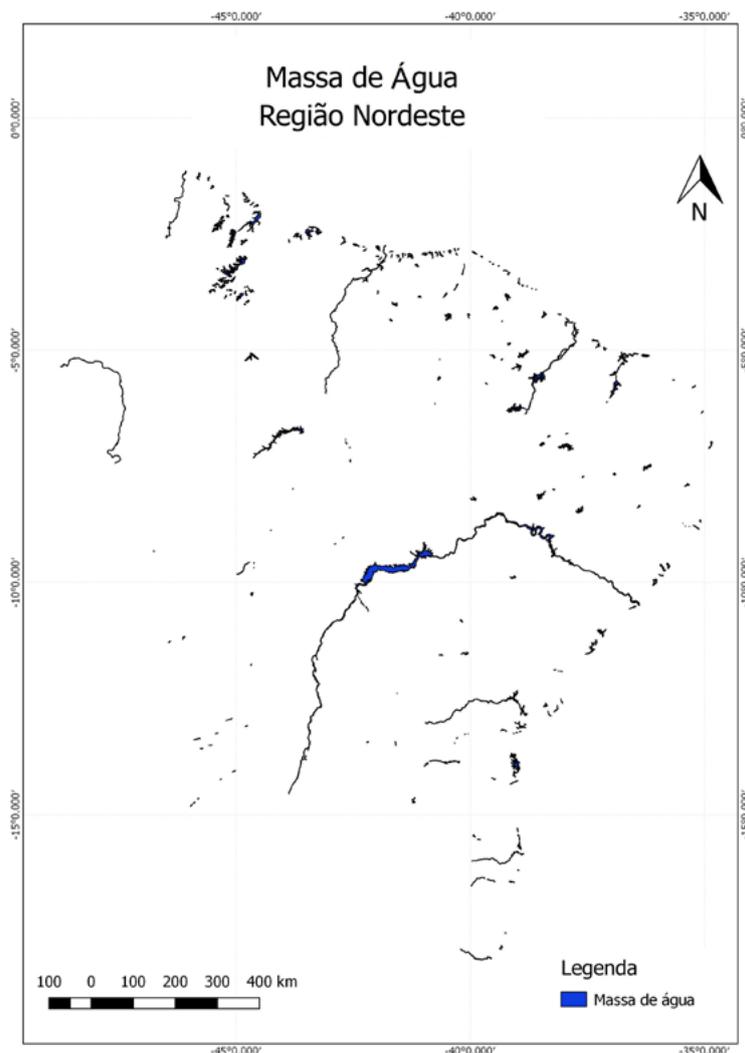


Figura 1. Representação das massas de água disponíveis na Região Nordeste.
Fonte: próprio autor

Analisando ainda segundo o aspecto litológico do aquífero, ou seja, quanto a sua constitu-

ição geológica (assim relacionando porosidade e/ou permeabilidade intergranular ou de fissuras) é que irá determinar a velocidade com que a água se propaga no meio, a qualidade da água e a sua qualidade como reservatório.

Sabe-se assim que a litologia é decorrente da sua origem geológica, que pode ser fluvial (que é o caso do Pantanal, assim o estudo nos permite elaborar o mapa observado na **Figura 2**), lacustre, eólica, glacial e aluvial (rochas sedimentares), vulcânica (rochas fraturadas) e metamórfica (rochas calcáreas), determinando os diferentes tipos de aquíferos.

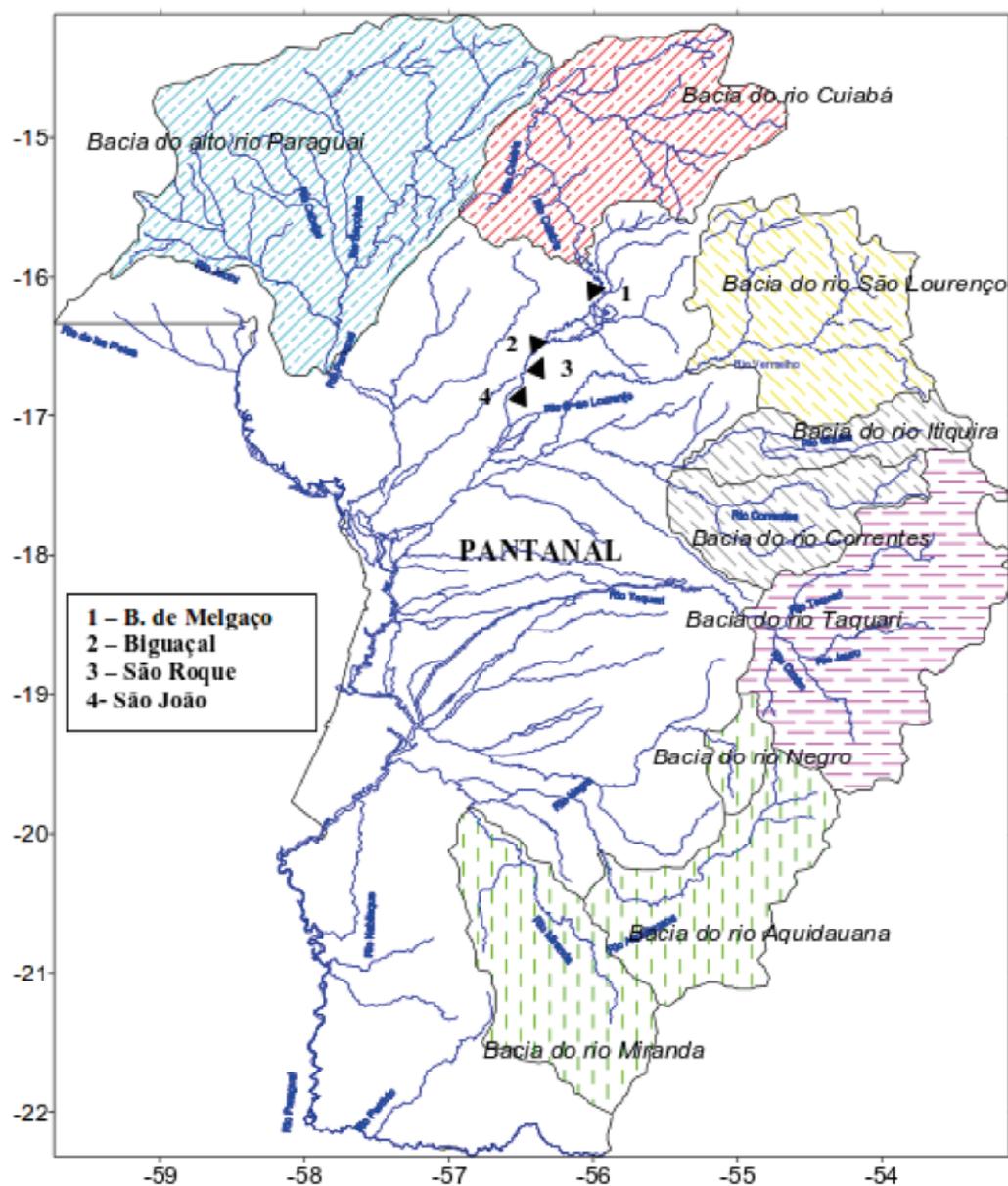


Figura 2. Representação das massas de água disponíveis na região do Pantanal e bacia do Alto Paraguai.

Fonte: TUCCI, 2005

Analisando ainda a porosidade, existem três tipos distintos de aquíferos, conforme a **Figura 3**.

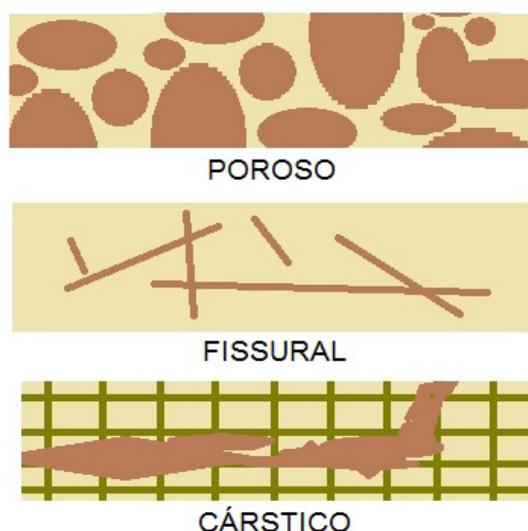


Figura 3. Tipos de aquífero quanto à porosidade.

Fonte: próprio autor

O aquífero poroso, também conhecido como sedimentar, é aquele cuja formação está associada a rochas sedimentares consolidadas, sedimentos inconsolidados ou solos arenosos, onde a circulação da água se faz nos poros formados entre os grãos de areia, silte e argila de granulação variada. Constituem assim os mais importantes aquíferos, pelo grande volume de água que armazenam, e por sua ocorrência em áreas extensas. Uma particularidade desse tipo de aquífero é sua porosidade quase sempre homoganeamente distribuída, permitindo que a água flua para qualquer direção, em função tão somente dos diferenciais de pressão hidrostática ali existente. Esse princípio que percebemos é conhecido como isotropia.

Já para o aquífero do tipo fraturado ou fissural, temos uma formação por rochas cristalinas, ígneas ou metamórficas ou cristalinas, duras e maciças, onde a circulação da água se faz nas fraturas, fendas e falhas, abertas devido ao movimento tectônico. A quantidade de fraturas irá determinar a capacidade dessas rochas de acumularem água, facilitando as suas aberturas e intercomunicações, permitindo a infiltração e o fluxo da água. Poços perfurados nessas rochas fornecem poucos metros cúbicos de água por hora. É sabido que nesses aquíferos a água só pode fluir onde houverem fraturas.

Ainda quanto a análise de aquíferos é importante ressaltar um outro aspecto que é quanto a sua posição e estrutura podendo se classificar como (conforme a **Figura 4**):

(a) livres – aquíferos que se localizam mais próximos à superfície. Como no caso do aquífero Pantanal.

(b) Confinados – presença de uma camada de menor permeabilidade (confinante) que submete as águas a uma pressão superior à atmosférica, caso da porção central do Sistema Aquífero Guarani. Nos aquíferos confinados os poços tubulares profundos podem apresentar artesianismo, isto é, a água jorra do poço sem necessidade de equipamento de bombeamento.

(c) semi-confinados – situação intermediária entre os dois.

Para o caso dos aquíferos Karst, mais conhecidos como cársticos, formados em rochas calcáreas ou carbonáticas, onde a circulação da água é restrita as fraturas e outras discontinuidades que resultaram da dissolução do carbonato pela água infiltrante. Essas aberturas podem ser descontínuas atingindo grandes dimensões, criando, nesse caso, verdadeiros reservatórios subterrâneos, com fluxo em canais. Na **Figura 5**, exposta a seguir, vemos a distribuição na região Nordeste desses aquíferos quanto à porosidade.

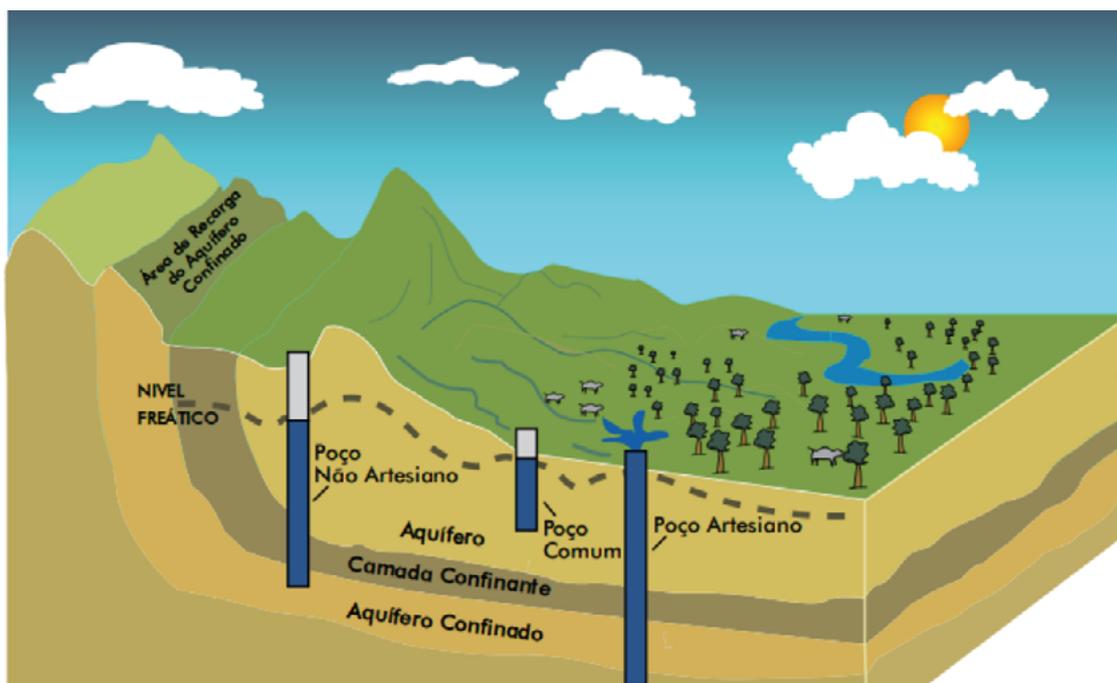


Figura 4. Posição e estrutura de aquíferos - Classificação dos aquíferos, com respectivos níveis de pressão, caracterizando estilos diferentes de aglomeração de massa de água como o nordeste brasileiro e o Pantanal. (Fonte: IMA, 2007)

Após esta análise da porosidade das rochas no Nordeste e tendo em mente que os diferentes usos da água estão associados ao princípio de “bem coletivo”, é de extrema relevância a análise da hidroquímica de potabilidade. Sendo assim foram gerados mapas, conforme a **Figura 6**, mostrando as dinâmicas de superfície e subterrânea.

Em última análise a Constituição de 1988 estabelece que, praticamente, todas as águas são públicas, sendo que, em função da localização do manancial, elas são consideradas bens de domínio da União ou dos estados. Dessa forma deixam de existir as águas comuns, municipais e particulares, cuja existência era prevista no antecessor Código de Águas de 1934.

Consoante à literatura, a noção de gestão integrada dos recursos hídricos assume variadas dimensões e envolve diferentes e complexas implicações: primeiro, no sentido de se considerar os diversos processos de transporte de massa de água do ciclo hidrológico; segundo, é um recurso de usos múltiplos; terceiro, está em constante inter-relacionamento com outros elementos do mesmo ecossistema; quarto envolve co-participação de gestores, usuários e população no planejamento e na gestão desses recursos, e, por último, deve atender aos anseios da sociedade de desenvolvimento socioeconômico com preservação ambiental, na perspectiva de um desenvolvimento sustentável, com uma visão “limpa e planejada”.

Machado (2002) afirma que a prática de uma gestão integrada deve ser orientada pela logística da negociação sociotécnica, face à complexidade, à heterogeneidade e à diversidade de elementos que compõem um espaço geográfico, sendo, por conseguinte, esta negociação um processo dispendioso do ponto de vista político e financeiro; incerto e arriscado.

A Lei 9433/97, nesse contexto, é de extrema relevância, visto que resguarda, no art. 1º, parágrafo VI, que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

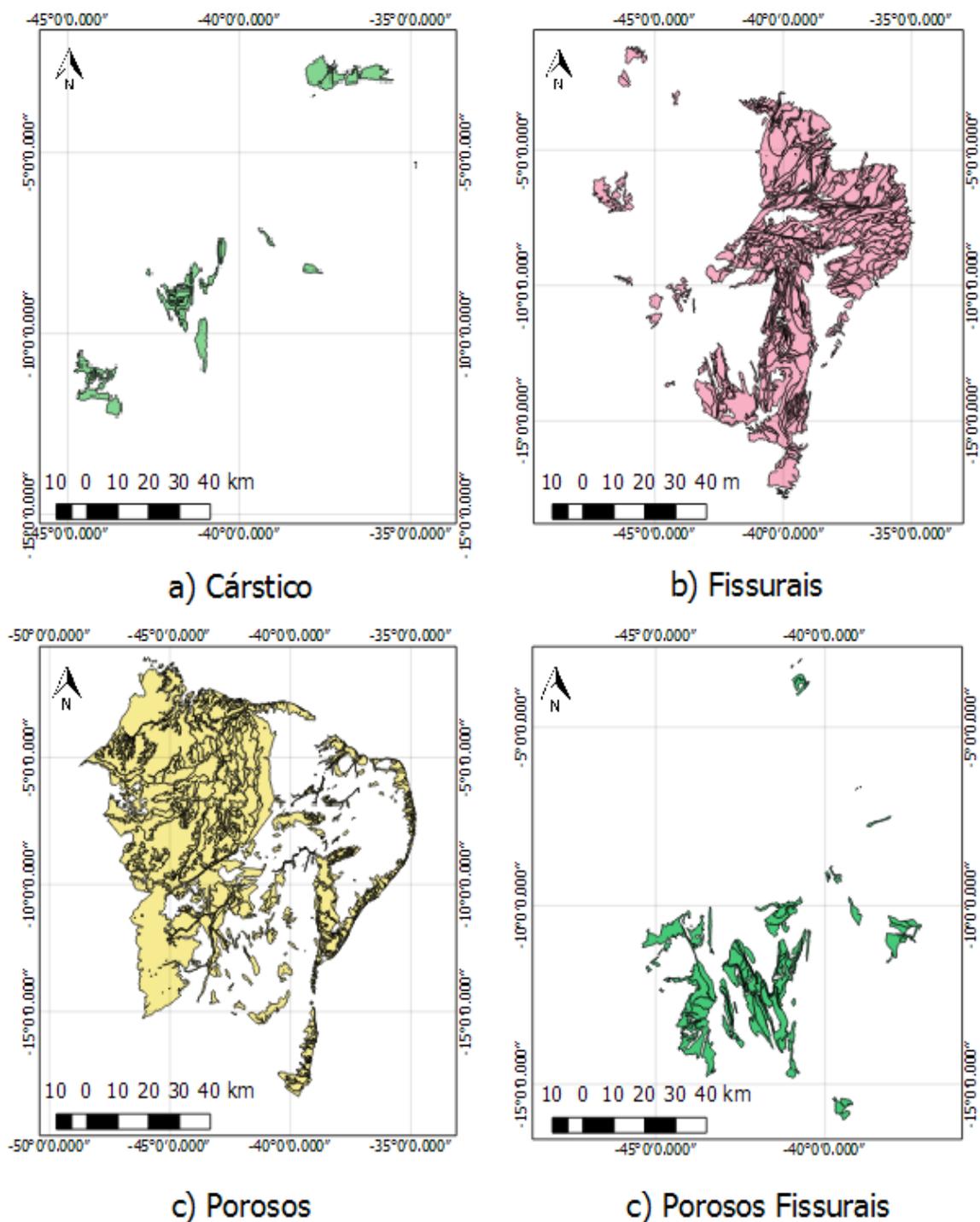


Figura 5. Distribuição de aquíferos no Nordeste, levando em consideração à porosidade da rocha. (Especificam-se dois itens c para uma melhor representação didática dos tipos porosos classificados)

Fonte: próprio autor

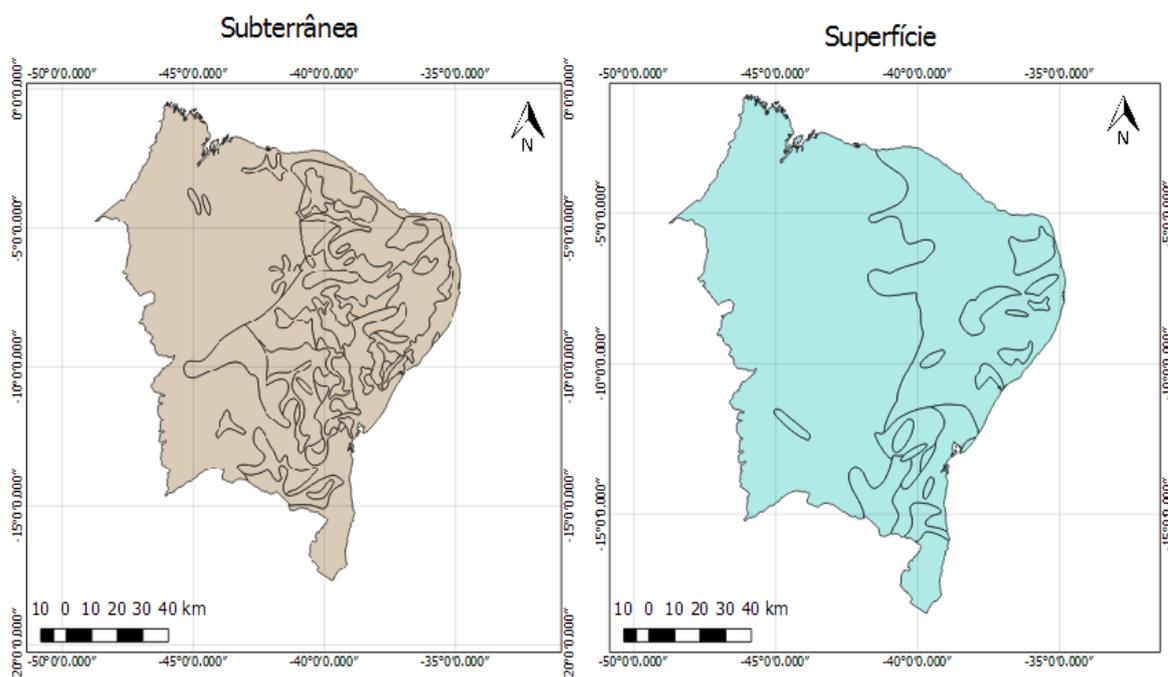


Figura 6. Hidroquímica de potabilidade da Região Nordeste. (Fonte: próprio autor)

Perpassando o contexto da complexidade do planejamento e gestão integrada e sistêmica dos recursos hídricos, Cedraz (2002) ressalta a necessidade de discussões e reflexões profundas envolvendo todos os atores, devendo-se sempre as ações culminar com os princípios do desenvolvimento sustentável tão discutido pela sociedade nas últimas décadas, tendo na água o recurso básico da gestão ambiental e suas relações com o desenvolvimento.

Para enfrentar os desafios dos recursos hídricos, considera-se as ferramentas disponíveis sobre a gestão aplicada, incluindo assim, o geoprocessamento, constando que a gestão do suprimento de água inclui políticas públicas ativas e ações diferenciadas visando identificar, desenvolver e explorar, de forma eficiente, novas fontes desse bem, advindas de fontes subterrâneas ou superficiais, independente do tipo de aquífero a que pertencem, enquanto a gestão da demanda inclui os mecanismos e incentivos que promovem a conservação da água e a eficácia do seu uso. Se levarmos em consideração a região semiárida do Nordeste brasileiro, totalmente diferente da realidade apresentada no Pantanal, caracterizada por um regime de precipitação irregular, a escassez de água sempre foi um problema não solucionado, apesar dos esforços de amenização por parte dos órgãos gestores, com a perfuração de poços profundos.

4. Conclusões

No Nordeste, os fatores climáticos e geológicos, conforme observados têm papel preponderante na renovação das reservas hídricas e, conseqüentemente, nas mudanças da qualidade de suas águas. Nessa região onde a escassez de água sempre se fez presente, seja devido ao aumento da demanda por parte da população, da degradação dos recursos hídricos ou em consequência da instabilidade climática, os conflitos pelo uso da água tendem a aumentar.

Os conflitos e os desenvolvimentos ocorridos no Pantanal no século passado se baseiam na sustentabilidade adequada entre o do gado e a preservação da planície. Nos últimos trinta anos, o desenvolvimento do Planalto, as ocupações urbanas e as potenciais obras hidráulicas podem ser fatores de desequilíbrio.

O planejamento e conservação da bacia dependem de um melhor conhecimento quantitativo de vários aspectos do funcionamento do Pantanal e da bacia como um todo.

Isto posto, buscar soluções para um monitoramento e gerenciamento adequados desses recursos, deverá ser a prioridade dos órgãos gestores. O monitoramento da qualidade da água em uma bacia hidrográfica, através das técnicas de geoprocessamento, é muito mais amplo do que a verificação se os padrões legais de qualidade estão sendo obedecidos, devendo, portanto, atender à necessidade de se responder o que está sendo alterado, o porquê destas modificações estarem ocorrendo e definir e implementar medidas preventivas de delimitação e uso dos recursos hídricos.

Este trabalho visa ampliar as visões a cerca da temática dos recursos hídricos não só nessas regiões, mas em outras áreas que disponham, ou não, deste bem tão precioso que é a água.

Agradecimentos

Agradecemos primeiramente a Deus, pedra angular da nossa vitória, e motivação para provermos um mundo melhor. Aos nossos pais que sempre me forneceram a base educacional e o carinho incondicional. E aos nossos colegas e companheiros do Laboratório de Geomática da Universidade Federal do Ceará.

Referências Bibliográficas

- BRANCO, S. M. e A. A. ROCHA. **Elementos de Ciências do Ambiente**. São Paulo: CETESB / ASCETESB. 1987, 206 p.
- BRANCO, S.M. (1993). **Água: origem, uso e preservação**. São Paulo, Moderna, 72p. (Coleção Polêmica).
- BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal, e altera o Art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de Março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de Dezembro de 1989**. <http://www.presidencia.gov.br/legislacao>. Acesso em 25 de Maio de 2016.
- CEDRAZ, M. **Gestão de recursos hídricos em regiões semiáridas**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL CYTED-XVII, 2002, Salvador, BA. Resumos... Salvador: CYTED/UFBA/UEPS/SRH-BA/MMA-SRH/FAPEX, 2002. Não paginado.
- FREITAS, M. A. V. de, SANTOS, A. H. M. **Importância da água e da informação hidrológica**. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). O estado das águas no Brasil; perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília: ANEEL/MME/ MMA-SRH/OMM, 2009. p. 13-16.
- GARRIDO, R. J. **O combate à seca e a gestão dos recursos hídricos no Brasil**. In: FREITAS, M.A.V. de. (Ed.). O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília: ANEEL/ MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 285-318.
- INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE – **Águas subterrâneas - Um recurso a ser protegido e conhecido**. Brasília, 2007.
- MACHADO, C. J. S. **Por uma negociação sociotécnica na gestão integrada dos recursos hídricos**. ABRH-Notícias, Porto Alegre, v. 7, p. 20-21, 2002.
- SALATI, E.; LEMOS, H. M. de; SALATI, E. **Água e o desenvolvimento sustentável**. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: USP/ABC, Escrituras Editoras, 1999. cap. 2, p. 39-62.
- TUCCI, C. E. M. **Recursos hídricos do Pantanal**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2005.
- WEBER, J. **Gestão de recursos renováveis; fundamentos teóricos de um programa de pesquisas**. In: VIEIRA, P. F. e WEBER, J. **Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez Editora, 2010.



Geotecnologias livres e/ou gratuitas aplicadas ao combate à perda de água em sistema de abastecimento de água

Vinicius de Oliveira Ribeiro¹
Antonio Conceição Paranhos Filho²
Flávia Maria Fogaça¹

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul - UEMS
Rodovia Dourados-Itahum, km 12, Cidade Universitária
79804-970 - Dourados - MS, Brasil
viniciusoribeiro@yahoo.com.br
flaviamariafogaca@gmail.com

² Universidade Federal de Mato Grosso do Sul -UFMS
Cidade Universitária - Caixa Postal 549
79070-900 - Campo Grande - MS, Brasil
toniparanhos@gmail.com

Resumo. Uma das principais prioridades das populações é o atendimento por sistemas de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas. Muitas vezes, devido à escassez de recursos e a prioridade nos custos com abastecimento, deixa-se de investir em ferramentas de geotecnologias devido aos elevados custos de aquisição dos principais Sistemas de Informação Geográfica - SIG comerciais disponíveis no mercado. O presente estudo, com vistas ao combate a perdas no sistema de abastecimento de água, efetuou a composição do banco SIG, com enfoque na especialização dos serviços de reparo e manutenção na rede de água tratada. Foram identificados os padrões nas demandas dos trabalhos que levaram ao estabelecimento de rotinas de manutenção preventiva, resultando na redução no índice de perda gradual no município de Coronel Sapucaia/MS.

Palavras-chave: índice de perdas, geotecnologias, SIG, gvSIG.

Abstract. A key priority is the care of populations by public water supply systems in adequate quantity and quality. Often, due to scarcity of resources and the priority in supply costs, lets you invest in geotechnology tools due to high acquisition costs of the main Geographic Information Systems - GIS available in the commercial market. The present study, aimed at preventing losses in the water supply system, we performed the composition of the GIS database, focusing on the spatial distribution of repair and maintenance services in the treated water supply. Patterns were identified in the demands of the work leading to the establishment of preventive maintenance routines, resulting in a reduction in the gradual loss rate in the city of Coronel Sapucaia / MS.

Key-words: loss index, geotechnology, SIG, gvSIG.

1. Introdução

Uma das principais prioridades das populações é o atendimento por sistemas de abastecimento de água em quantidade e qualidade adequadas, garantindo o atendimento às suas necessidades relacionadas à saúde e ao desenvolvimento industrial (Tsutiya, 2006).

O Brasil pretende até 2030, universalizar o acesso aos serviços de saneamento básico como um direito social, contemplando os componentes de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem das águas da chuva, segundo prevê o Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB (Brasil, 2012).

Para atingir tais objetivos, tornam-se imperativos a otimização na aplicação dos recursos, assim como o combate as perdas nos sistemas de abastecimento existentes, que por muitas vezes, não recebem a manutenção preventiva necessária, tendo apenas a remediação dos problemas (Mckibben, 1994). Medidas de combate à perda, mapeamento de ocorrências e análise global do sistema são fundamentais para redução na perda de água tratada e combate a fraudes (Gomes, 2002).

Considerando o elevado número de variáveis relacionadas na análise dos sistemas de abastecimento de água existentes, o problema inicial está na obtenção de informações de qualidade e em quantidade com o menor ônus possível. Sob esta ótica, o sensoriamento remoto, técnica de obtenção de informações sobre um objeto, uma área ou fenômeno na Terra, sem que haja contato físico direto, constitui-se em uma ferramenta precisa, gerando informações para inventariar permanentemente qualquer região de interesse técnico ou científico, sendo este, um instrumento básico para se nortear suas ações de planejamento (Ramos et al., 2004).

Para a necessidade subsequente da utilização de ferramentas que possibilitem a análise destes dados de maneira ágil, inter-relacionando todos os parâmetros simultaneamente, os Sistemas de Informação Geográfica - SIG, tecnologias de geoprocessamento, constituem-se em uma das ferramentas mais adequadas para o tratamento de grande volume de dados relacionados espacialmente, objetivando resolver problemas complexos de planejamento (Sikorski, 1996).

A espacialização das informações permite uma melhor análise dos problemas, possibilitando uma avaliação simultânea de múltiplos critérios. O cenário em questão pode, por exemplo, auxiliar na identificação de padrões nas ocorrências de vazamento de água tratada num sistema de abastecimento, dificilmente constados em verificações pontuais, fora de um contexto mais amplo que o SIG proporciona.

Para minimizar os custos optou-se pelo trabalho com o gvSIG versão 2.2 (Valenciana, 2015). Trata-se de um software livre de SIG com fonte aberta; o código fonte pode ser acessado e modificado para satisfazer condições do usuário, desenvolvido pela *Conselleria d'Infraestructures i Transports* - CIT da Comunidade de Valência, com o apoio da União Européia. Ele é distribuído sob a licença *General Public License* (Licença Pública Geral – GPL, versão 3), tendo *download* gratuito no *site* do software na internet.

2. Objetivo

Avaliar uso de um SIG em cidade de pequeno porte objetivando o controle de perdas de águas no sistema de abastecimento, e a adequação da geotecnologia aos usuários, as possibilidades de análises oferecidas, a manutenção e o acesso ao SIG pelos operadores locais.

3. Material e Métodos

A área selecionada para o estudo foi o Município de Coronel Sapucaia/MS (**Figura 1**), selecionado por fazer parte do convênio de cooperação técnica celebrado entre a Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul – SANESUL e a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS. A cidade, com 14.064 habitantes (IBGE, 2011), está situada no sul da região Centro-Oeste do Brasil, no sudoeste de Mato Grosso do Sul, fronteira a Cidade de *Capitan Bado* no Paraguai.

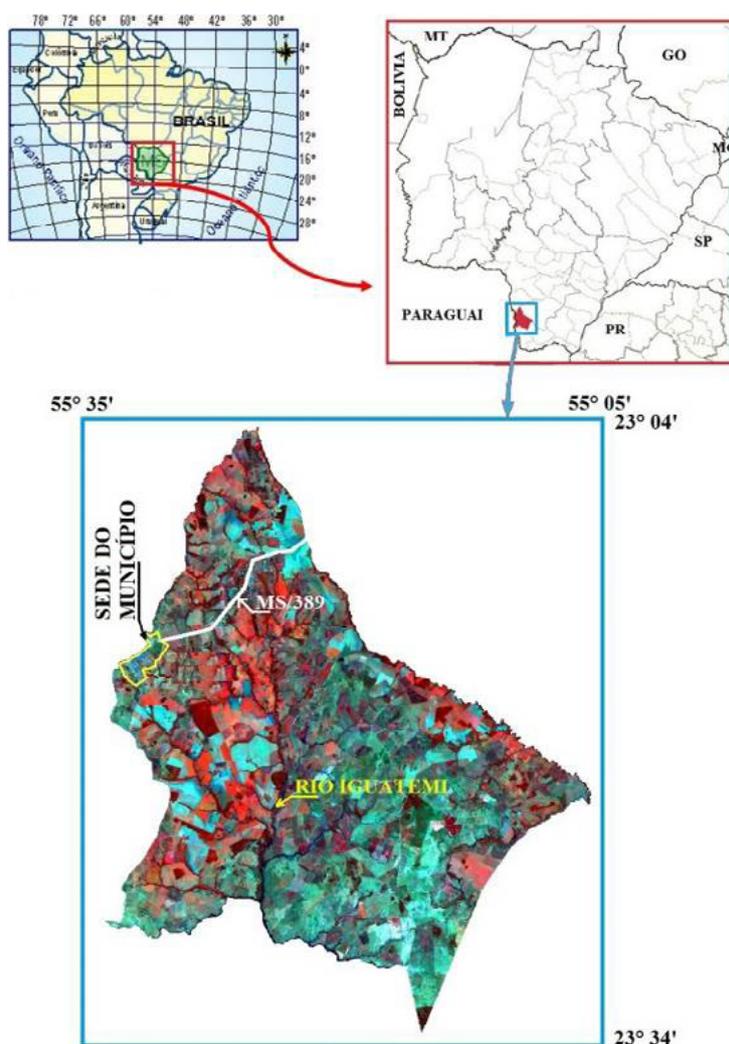


Figura 1. Município de Coronel Sapucaia, área do estudo situada na região sudoeste do Estado de Mato Grosso do Sul.

Para a aquisição de dados efetuou-se o georreferenciamento da base vetorial da SANESUL, que acabou por apresentar grandes distorções. Por tal elaborou-se o levantamento planialtimétrico e colocação dos referenciais de nível-RN's no município de Coronel Sapucaia.

O levantamento teve início com a implantação de uma rede de marcos de coordenadas

geodésicas, transportadas a partir do Marco 92798 do IBGE de Amambaí/MS por equipamento GPS RTK Trimble R6 (equipamento de acurácia milimétrica que opera em tempo real). A implantação e levantamento geodésico dos marcos tiveram como finalidade apoiar as poligonais topográficas checando e melhorando suas precisões. A medição dos marcos de apoio foi executada por rastreamento de satélite do sistema GPS RTK com tempo de espera de rastreamento de 5 minutos. Todos os marcos e piquetes tiveram suas altitudes determinadas por nivelamento geométrico conforme item 3.20 da NBR 13.133/94 (ABNT, 1994).

As estações de marcos de apoio foram medidas por rastreamento dos satélites com utilização de GPS no modo estático com utilização de receptores de precisão geodésica, ou seja, receptores de dupla frequência (código C/A e portadoras L1 e L2).

Como os receptores GPS geodésicos utilizam sistema em tempo real, as informações coletadas em campo tiveram a correção da ambiguidade realizada através de comunicação de ondas de rádio RTK, não exigindo um pós-processamento, extraindo-se as coordenadas em tempo real. Os marcos de apoio geodésico foram implantados em locais específicos e de relevância em locais de boa visibilidade e proteção e possuem as seguintes configurações: topo 0,15 m x 0,40 m; base de concreto de 0,15 m x 0,15 m; aflorando 0,10 m do solo.

Como o levantamento partiu de uma coordenada conhecida georreferenciada com o marco MS 11 do IBGE não foi necessário o pós-processamento através de RBMC.

Para o levantamento, a altitude de Referência foi a altitude geométrica do elipsoide, coletada a partir do marco geométrico MS11 descrito acima, e os dados de campo foram checados com a tolerância através da verificação da caderneta, e nos relatórios de caderneta.

A partir de um levantamento de campo e observações expeditas na imagem de satélite foram elaboradas as diretrizes de distribuição de uma rede de apoio de marcos de referenciais de nível - RN's (**Figura 2**) e suas coordenadas (**Tabela 1**), que foram implantados na área urbanizada. Adotou-se como critério de nivelamento o método geométrico, sempre acompanhado de contranivelamento, sendo deixado referencias de nível em pontos específicos de relevância para este estudo.

Para os RN's, adotou-se como critério materializa-los nos marcos de concreto tipo tronco de 10 x 10 x 40 cm, e em piquetes de madeira que posteriormente serão substituídos por marcos em concreto.

No levantamento foram coletados dados cadastrais a partir das poligonais de campo referentes ao sistema de esgoto existente, sistema de abastecimento de água existente, caixas de inspeção de água, esgoto, redes elétricas e telefônicas, alinhamentos prediais, vias pavimentadas, sarjetas e meio-fio, formações rochosas, talvegues, córregos, pontes, drenagem pluvial e altimetria.

Na etapa de processamento de dados, os pontos coletados foram descarregados no computador e lançados no DraftSight (DASSAULT, 2011) para elaboração dos desenhos, e posterior agrupamento de dados em camadas (*Layers*), com os pontos sendo interligados para formar os desenhos das unidades levantadas.

As redes de água e esgoto não identificadas no levantamento de campo foram cadastradas com base nas plantas cadastrais existentes, tomando-se por base as amarrações indicadas nas mesmas com cantos de quadras, postes e outros pontos de referência, sendo posteriormente vetorializadas.

Tanto às redes de água como de esgoto sanitário, atribuiu-se banco de dados com informações constantes da **Tabela 2**, de forma a melhor caracterizar seu diâmetro, material, data de instalação dentre outras.

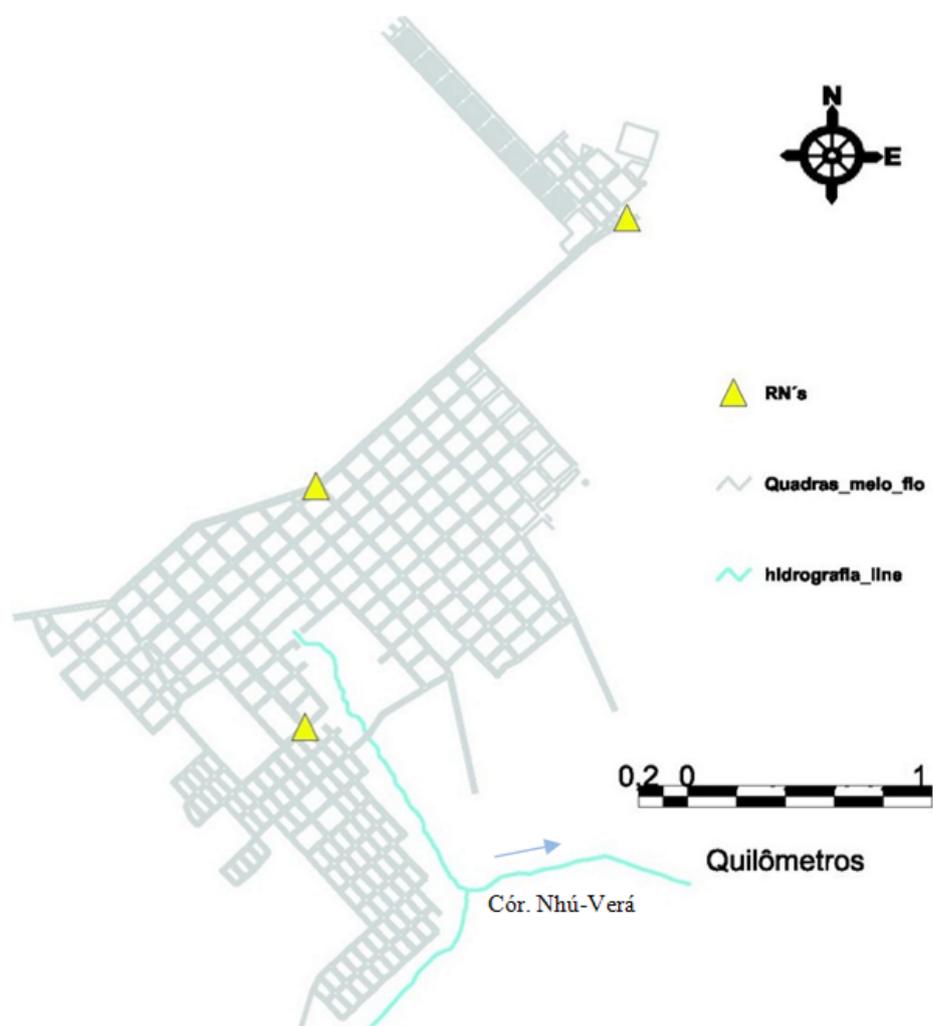


Figura 2. Localização dos RN's, em Coronel Sapucaia/MS.

Tabela 1. Coordenadas dos Marcos de Apoio.

Marcos Utilizados no Levantamento topográfico de Coronel Sapucaia - MS		
Identificação	Coordenadas	
	X	Y
Marco 1	651.402	7.427.028
Marco 2	650.127	7.425.908
Marco 3	650.081	7.424.893

Tabela 2. Fragmento da tabela de informações da rede cadastrada.

Coordenadas do centro do trecho		Material da rede	Diâmetro da rede	Data de Instalação
X	Y			
649.907	7.425.258	PVC	150	dez/10
649.909	7.425.262	PVC	200	dez/10
649.934	7.425.277	PVC	200	out/09
649.957	7.425.294	MBV	300	mar/86

As unidades consumidoras foram cadastradas como base no cadastro do sistema comercial da SANESUL. Este sistema guarda o histórico de consumo de cada usuário, e serve de base para efetuar o sistema de cobrança. Para efetuar seu georreferenciamento elaborou-se um dicionário de dados (**Tabela 3**). Quando o leitorista do hidrômetro foi efetuar a medição nos consumidores, com um GPS de navegação o mesmo cadastrou o ponto geográfico relacionado à coordenada. O SIG utilizado para tal procedimento foi o gvSIG *Mobile* (VALENCIANA, 2012), e o equipamento foi um DGPS Trimble Juno SB (receptor com portadora L1). Por fim, as coordenadas foram atribuídas à planilha eletrônica de cadastro dos consumidores (**Tabela 4**).

Tabela 3. Parte da tabela de Dados para georreferenciamento dos dados de consumo.

Rota	Nome da Rua	Número da Residência	Coordenadas	
			X	Y
4	João Basílio de Oliveira	312	7.425.384	650.807
4	João Basílio de Oliveira	322	7.425.391	650.812
4	João Basílio de Oliveira	456	7.425.411	650.832

Tabela 4. Parte da tabela cadastro de usuário com ligações de água.

Rota	Nome da Rua	Número da Residência	Coordenadas		Consumo Médio 2010-2012 (m ³ /Mês)
			X	Y	
4	João Basílio de Oliveira	312	7.425.384	650.807	15
4	João Basílio de Oliveira	322	7.425.386	650.822	10
4	João Basílio de Oliveira	456	7.425.394	650.824	12

Para mapeamento dos serviços realizados elaborou-se planilha de controle de campo para ser preenchido pelos encanadores, quando da execução de serviços de reparo e manutenção no sistema de Coronel Sapucaia/MS. Devido à baixa escolaridade de alguns funcionários de campo (encanadores), a planilha foi concebida de maneira simplificada, de modo a possibilitar a locação mais exata o possível do serviço executado.

Lançaram-se as zonas de pressão referentes ao Sistema de Abastecimento de água do município (**Figura 3**), inseridos em formato dxf, obtidos do software de dimensionamento EPANET (EPA, 2008).

As zonas de pressão foram definidas de acordo com os limites estabelecidos na ABNT 12218/94 (ABNT, 1994), sendo classificadas como baixa (menor que 10 mca), média (entre 10 e 50 mca) e alta (acima de 50 mca).

Para efetuar a espacialização das planilhas de registros dos serviços preenchidas pelos encanadores, houve a necessidade de recorrer ao banco SIG já composto. Com o nome da rua e o número da ligação mais próxima, foi possível georreferenciar a ocorrência. No período de janeiro de 2010 a dezembro 2012 se registraram 318 serviços distribuídos conforme **Tabela 5**.

Tabela 5. Divisão das atividades registradas no ano de 2010 em Coronel Sapucaia/MS.

Serviço	2010	2011	2012
Reparo de rede	53	42	46
Substituição de Ramal	22	13	19
Troca de Hidrômetro	17	23	9
Substituição de rede	15	5	10
Outros	21	9	14

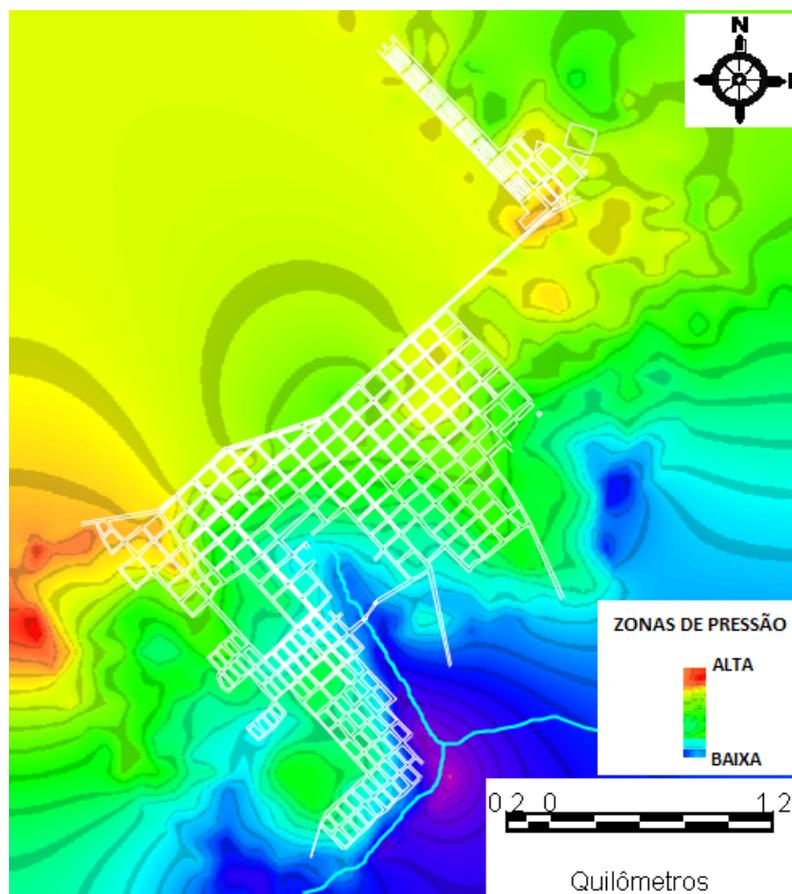


Figura 3. Classes de pressão na rede de abastecimento de água, Coronel Sapucaia/MS.

Os dados dos serviços do ano de 2010 foram os primeiros a serem tabulados para que se pudessem identificar regiões mais sensíveis no tocante a reparos e manutenções na rede de abastecimento de água, ou seja, com mais ocorrências. Estas informações serviram de base para norteamento das ações preventivas e corretivas por parte do pessoal de apoio operacional para os anos subsequentes.

O levantamento planialtimétrico e cadastral foi efetuado com Datum SIRGAS 2000, por ser a nova base para o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB) e para o Sistema Cartográfico Nacional (SCN) (IBGE, 2010).

Os dados da base planialtimétrica e cadastral foram inseridos em camadas em formato dwg, individualizadas por informação, e dentro do software SIG convertidos ao formato shp, para, na sequência, atrelar-se os banco de dados de informações das redes de água, esgoto e ligação. Utilizou-se o software SIG gvSIG (Valenciana, 2015) para a elaboração dos trabalhos e composição do sistema.

4. Resultados e Discussão

A composição por camada vetorial com informações distintas do banco de dados resultou em um SIG dinâmico e, apesar de robusto, estável às demandas do trabalho, tanta na execução de tarefas envolvendo camadas raster ou vetoriais.

Os dados dos serviços foram tabulados e salvos em formato dbf, conforme **Tabela 6**, para posteriormente serem importados no gvSIG para visualização espacial das informações conforme **Figura 4**.

Tabela 6. Fragmento da planilha dos serviços tabulados em Coronel Sapucaia.

Coordenadas		Serviço	Data
X	Y		
649.907	7.425.258	Substituição	17/12/2010
649.908	7.425.264	Substituição	18/06/2011
649.944	7.425.275	Reparo	19/07/2012
649.947	7.425.295	Troca de Ramal	25/01/2012

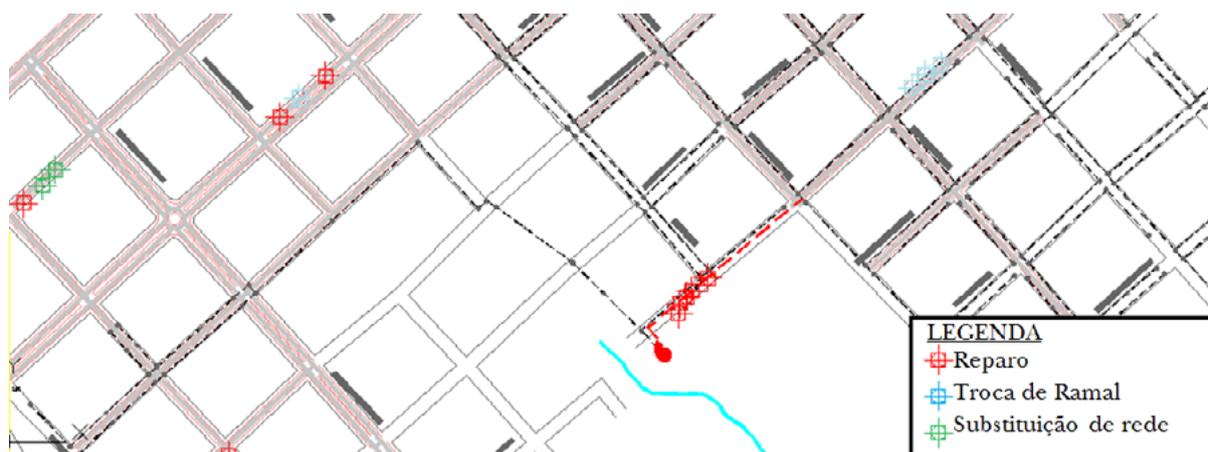


Figura 4. Vista em detalhe da distribuição dos serviços na rede de abastecimento de água no Coronel Sapucaia/MS.

A baixa instrução dos funcionários de campo dificultou parte da aquisição de dados, contudo, a planilha de serviços proposta atendeu às demandas de informação. A **Figura 5** apresenta as informações obtidas para o ano de 2010.

A partir da **Figura 5** observou-se que a maioria dos serviços de reparo e substituição de rede se concentrava em redes de cimento amianto da região de altas e médias pressões, implantadas a mais de 20 anos. Sendo estes alvos de monitoramento constante, bem como sendo definidas regiões prioritárias para substituição de infraestrutura e novos investimentos.

Com este mapeamento também foi possível efetuar um planejamento de rotina e prevenção em regiões sensíveis, com alto índice de solicitações de serviços. Ações preventivas foram empregadas nos anos de 2011 e 2012, como uso de geofones nas proximidades dos pontos de reparo. Outro ponto fundamental foi à conscientização da população vizinha, para alertar imediatamente o escritório da SANESUL no município, assim que constataste vazamentos na rede de abastecimento, bem como a agilidade e comprometimento dos funcionários na resolução dos problemas. Como resultado tem-se gradativamente reduzido o índice de perda de água por ligação no município, conforme apresentado no **Tabela 7**.

Tabela 7. Índice de perda líquida de água tratada por ligação em Coronel Sapucaia/MS (SANESUL, 2013).

Índice de Perda Líquida. (m³/lig/ano)	Ano		
	2010	2011	2012
	78,24	67,99	66,56

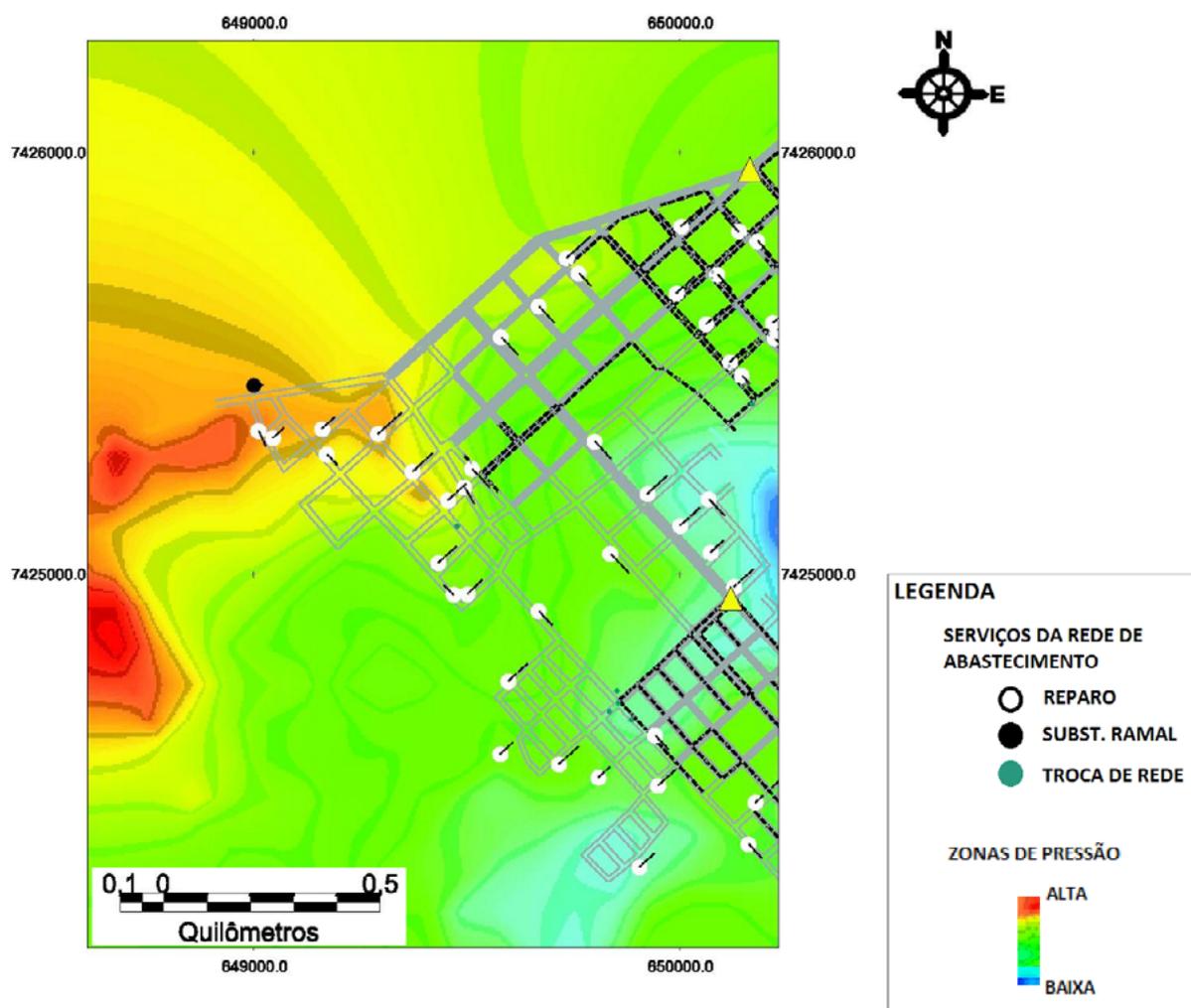


Figura 5. Mapa de localização dos serviços na rede de abastecimento tendo como plano de fundo as zonas de pressão na rede, em Coronel Sapucaia/MS no ano de 2010.

5. Conclusões

A própria natureza da infraestrutura física do saneamento básico, com vida útil de vários anos, já justifica a utilização de um banco de dados único, que contenha a caracterização física da mesma, bem como o histórico de ocorrências e manutenções executadas, de maneira georreferenciada, a fim de que tais informações possam ser analisadas juntamente com outras de interesse e de característica distintas, como ocorreu neste trabalho.

Fica claro que para a correta integração entre os modelos de água e esgoto e o banco de dados SIG seja possível, é necessário o planejamento cuidadoso da série de etapas a serem seguidas, desde a composição da base, até a forma de alimentação do sistema somente através de um banco de dados adequadamente projetado, aplicações e sistema de informação distintos podem compartilhar dados de maneira eficiente.

O gvSIG atendeu as expectativas para escala de trabalho adotado, por possuir interface bastante intuitiva, e interoperabilidade com uma vasta gama de softwares utilizados tanto na área das geotecnologias como engenharia.

Por fim, cabe salientar que a metodologia utilizada neste trabalho pode ser aplicada a outras regiões sem a necessidade de grandes adaptações, podendo portanto ser reproduzida no Pantanal e outras áreas correlatas.

6. Referências

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT 12218/NB 594**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público: Procedimento. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, 1994.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- Brasil. Governo Federal: Plano Nacional de saneamento Básico. 2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/arquivos/2012/08/14/brasil-quer-universalizar-servico-de-saneamento-basico-ate-2030>>. Acesso em: 12 out. 2012.
- Dassault, D. S. **DraftSight: Professional-grade, free CAD software**. 2011. Disponível em: <<http://www.3ds.com/products/draftsight/overview/>>. Acesso em: 19 mar. 2012.
- EPA. United States Environment Protection Agency: **EPANET**: Software That Models the Hydraulic and Water Quality Behavior of Water Distribution Piping Systems. 2008. Disponível em: <<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet.html>>. Acesso em: 12 jan. 2010.
- Gomes, H. P. **Sistemas de abastecimento de água**. João Pessoa: Universitária – UFPB, 2002.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema Geodésico Brasileiro: Banco de Dados Geodésicos – Modo Textual**. 2007. Disponível em: <<http://www.bdg.ibge.gov.br/bdg/pdf/relatorio.asp?L1=93542>>. Acesso em: 12 nov. 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados Históricos dos Censos**. 2011. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censohistorico/default_hist.shtm>. Acesso em: 28 dez. 2010.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Projeto SIRGAS 2000**. 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/sirgas_proc/introducao.shtm>. Acesso em: 11 nov. 2011.
- Mckibben, W. **Wastewater Collection System Plannig With GIS in a Large System**. Urisa, 1994.
- Ramos, P. R.; Ramos, L. A.; Loch, C. Sensoriamento Remoto como Ferramenta para a Gestão Ambiental e o Desenvolvimento Local. **7º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. Florianópolis: UFSC, COBRAC, 2004.
- Sanesul, Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul. Cadastro de rede de abastecimento de água de Cel Sapucaia/MS. Campo Grande: GEOTEC, 1992.
- Sanesul, Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul. SiiBO- Sistemas de Informações Gerenciais. Campo Grande: GETI, 2013.
- Sikorski, S. R. Geoprocessamento como instrumento de planejamento urbano. **GIS BRASIL**, Curitiba, p. 40-45, 1996.
- Tsutiya, M. T. **Abastecimento de água**. 4.ed. São Paulo, SP, Brasil: ABES, 2006.
- Valenciana, G. **Conselleria d'Infrastructures i Transport. gvSIG versão 2.2**. 2015. Disponível em: <<http://www.gvsig.org/web/>>. Acesso em: 15 nov. 2015.



Deslocamento dos Sistemas Convectivos de Mesoescala que atingiram o Rio Grande do Sul entre 2004 e 2008 e geraram granizo

Bruno Maon Fernandes 1
Cláudia Rejane Jacondino de Campos 1

¹ Universidade Federal de Pelotas
Av. Eng. Ildefonso Simões Lopes, 2751
96001-970 - Pelotas - RS, Brasil
bruno.maon@gmail.com
cjc campos@ufpel.edu.br

Resumo. O Rio Grande do Sul (RS), dada a sua localização numa área subtropical, está sujeito à atuação de diversos fenômenos meteorológicos capazes de gerar eventos severos (ES). Dentre estes fenômenos destacam-se os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM), definidos como aglomerados de nuvens convectivas. Os SCM são responsáveis pela maior parte dos ES ocorridos no RS, dos quais o granizo é o mais destrutivo, uma vez que a economia do estado é voltada à agroindústria e este tipo de evento severo causa impactos diretos no setor agrícola. Por isso este trabalho teve como objetivo analisar os deslocamentos dos 34 SCM que atingiram o RS e geraram granizo (SCM_{GRA}) entre 2004 e 2008, a partir da distribuição total e sazonal dos SCM_{GRA} , discriminados de acordo com sua origem: continental ou oceânico, diurno ou noturno, frontal e não-frontal. Para a seleção dos SCM_{GRA} foi utilizado o aplicativo ForTraCC (Forecasting and Tracking Active Cloud Clusters), imagens brutas do satélite GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) 10 e 12 do canal 4 (infravermelho termal) com resolução espacial no seu ponto subsatélite de 4 km x 4 km e resolução temporal de 30 minutos, e os registros de ES e municípios atingidos notificados no bando de dados da Defesa Civil do RS (DCRS) do período de 01/01/2004 a 31/12/2008. Os resultados mostraram que os SCM_{GRA} tiveram deslocamento preferencial de oeste para leste e apresentaram pouca variabilidade sazonal. Com relação aos diferentes tipos de SCM_{GRA} também não houve variabilidade significativa no deslocamento preferencial.

Palavras-chave: Sistemas Convectivos de Mesoescala, ForTraCC, eventos severos, granizo.

Abstract. The state of Rio Grande do Sul (RS), due to its subtropical location, is under the influence of various meteorological phenomena capable of generating severe weather condition (SWC). Among these phenomena, highlight the Meso-scale Convective Systems (MCS), defined as convective cloud clusters. The MCS are responsible for the most SWC in RS, which hail the most destructive, since the state's economy is focused on agribusiness and this type of SW directly impacts the agricultural sector. Therefore, this study aimed to analyze the displacement of the 34 MCS that affected RS and caused hail (MCS_{HAIL}) between 2004 and 2008, from total and seasonal distribution of MCS_{HAIL} , differentiated according to their origin: continental or oceanic, diurnal or nocturnal and frontal or non-frontal. For the selection of MCS_{HAIL} was utilized the ForTraCC (Forecasting and Tracking Active Cloud Clusters) application, the rough images of the GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) 10 and 12 satellite of the channel 4 (thermal infrared) with space resolution in the subsatellite point of 4 km x 4 km and the time resolution of 30 minutes, and records of SW and municipalities affected obtained from the database of the State Civil Defense Coordination of RS (DCRS) of the period of 1/1/2004 to 12/31/2008. The results showed that the MCS_{HAIL} had preferential displacement toward east and exhibited little seasonal variability. Relative to different types of MCS_{HAIL} also there was no significant variability in the preferential displacement.

Key-words: Meso-scale Convective Systems, ForTraCC, severe weather, hail.

1. Introdução

A região Sul do Brasil, em especial o Rio Grande do Sul (RS), é influenciada por diversos fenômenos meteorológicos que atuam para a formação da precipitação, dentre os quais se destacam os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCM). Os SCM são constituídos por aglomerados de nuvens convectivas de formas variadas, com uma área contínua de precipitação na região de atuação, podendo ser parcialmente convectiva e parcialmente estratiforme (Houze, 1993).

Os SCM ocorrem com maior frequência no período quente do ano (Dias et al., 2009) e são de particular interesse para a meteorologia devido aos impactos que causam nas regiões onde atuam, pois são geralmente acompanhados de precipitações intensas, fortes rajadas de vento e granizo. São, portanto, um dos tipos de sistemas meteorológicos associados à ocorrência de desastres desencadeados por fenômenos meteorológicos severos, também conhecidos como Eventos Severos (ES).

Assim como o RS, a região do Pantanal também está na rota dos SCM. E embora ocorram anualmente com menos frequência comparado ao Sul do Brasil, o Pantanal é a região da América do Sul mais atingida por SCM durante o verão (Salio et al., 2007).

O RS, por possuir uma economia voltada à agroindústria (SPMDR, 2016), é um dos estados que mais sofre com quebra de safras causadas por ES (DCRS, 2016), e por isso é de fundamental importância o estudo de SCM que geram ES. Dentre os diferentes tipos de ES, o granizo merece destaque, pois frequentemente acompanha os SCM e é responsável por causar grandes impactos econômicos e sociais nas regiões onde atua. Além disso, este tipo de ES é um dos mais frequentes notificados pela Defesa Civil do RS (DCRS), bem como um dos mais frequentes gerados por SCM que atuam no estado (Campos; Rasera, 2014).

O granizo consiste em pedras de gelo arredondadas com diâmetro que normalmente oscila de 0,5 a 5 centímetros e podem pesar de 5 a 500 gramas. Seu desenvolvimento ocorre na parte superior de nuvens convectivas do tipo Cumulonimbus, onde as temperaturas mais baixas são encontradas, o que agregada a outros fatores, gera as condições propícias para a formação deste hidrometeoro (Marcelino et al., 2004). Tempestades de granizo podem devastar plantações inteiras, tornando as colheitas irrecuperáveis (Eden; Twist, 1997). Portanto, percebe-se a grande importância do estudo dos SCM que afetam o RS e geram granizo (SCM_{GRA}), uma vez que este tipo de ES no RS, além de ser um dos mais frequentes, ocorre em todos os períodos do ano

(Vargas Jr. et al., 2011; Campos; Rasera, 2014).

2. Objetivo

O objetivo geral deste trabalho foi analisar os deslocamentos dos SCM_{GRA} no período de 2004 a 2008.

3. Material e Métodos

Foram utilizados dados dos SCM_{GRA} que foram selecionados por Campos e Rasera (2014) para o período de 2004 a 2008. Para selecionar os SCM_{GRA} estes autores utilizaram dados dos SCM que afetaram o RS (SCM_{RS}), definidos como sendo aqueles SCM que atingiram em algum momento de seu ciclo de vida a grade do RS, compreendida entre as latitudes de 27° a 34° S e as longitudes de 58° a 49° W, obtidos por Campos e Eichholz (2011); e registros de ES e municípios atingidos, notificados no banco de dados da DCRS.

Para a seleção dos SCM_{RS} entre 2004 e 2008, Campos e Eichholz (2011) utilizaram o aplicativo ForTraCC (Forecasting and Tracking of Active Cloud Clusters, Vila et al., 2008) no modo diagnóstico e como base de dados as imagens brutas do satélite GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) 10 e 12, no canal 4 (infravermelho termal), com resolução espacial de 4 km x 4 km no ponto subsatélite e resolução temporal de 30 minutos, fornecidas pela DSA/CPTEC/INPE (Divisão de Satélites e Sistemas Ambientais, do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

O ForTraCC é uma importante ferramenta de geotecnologia para a identificação e acompanhamento dos SCM, que fornece informações sobre as características físicas e morfológicas dos SCM identificados, durante o seu ciclo de vida utilizando imagens brutas de satélite. De todos os SCM identificados pelo ForTraCC no período de 2004 a 2008, Campos e Eichholz (2011) consideraram em seu estudo somente aqueles SCM que: i) mantiveram seu centro de massa durante todo o seu ciclo de vida abaixo de 20°S; ii) apresentaram ciclo de vida de no mínimo 6 horas; iii) apresentaram iniciação espontânea e dissipação normal, ou seja, tanto no momento de iniciação quanto no de dissipação não houve interação (fusão) com outros SCM, nem a separação do SCM identificado e, iv) afetaram o RS.

Para selecionar os SCM_{GRA} Campos e Rasera (2014) utilizaram os registros de granizo e municípios atingidos, notificados no banco de dados da DCRS, e observaram que dos 626 SCM_{RS} , 34 geraram granizo. Os 34 SCM_{GRA} selecionados foram classificados por Fernandes e Campos (2015) em função de sua origem: i) Continental (SCM_{GRA-C}) aqueles cuja gênese, definida por sua posição (latitude e longitude), ocorreu sobre o continente e Oceânica aqueles cuja gênese ocorreu sobre o oceano (SCM_{GRA-O}); ii) Diurno (SCM_{GRA-D}) aqueles cuja gênese ocorreu entre as 09UTC e 21UTC e Noturno (SCM_{GRA-N}) entre 21UTC e 9UTC. Para esta classificação foram utilizados os horários de nascimento (iniciação) de cada SCM_{GRA} e, iii) Frontais (SCM_{GRA-F}) e Não-Frontais (SCM_{GRA-NF}) aqueles associados ou não à incursão de sistemas frontais. Para esta classificação foram utilizadas as imagens de satélite relativas ao ciclo de vida de cada SCM_{GRA} . Após essa classificação os SCM_{GRA} foram contabilizados e separados em trimestres representando as estações do ano: período quente (JFM – Janeiro, Fevereiro, Março), período temperado frio (AMJ – Abril, Maio, Junho), período frio (JAS – Julho, Agosto, Setembro) e período temperado quente (OND – Outubro, Novembro, Dezembro).

Na sequência analisou-se o deslocamento dos SCM_{GRA} utilizando-se a posição (latitude e longitude) nos instantes de iniciação, maturação e dissipação. Os resultados foram plotados em mapas, contendo os deslocamentos individuais e também o deslocamento médio dos SCM_{GRA} por trimestre e por tipo. Além disso, os resultados foram mostrados em uma tabela separando os

deslocamentos preferenciais de cada tipo de SCM_{GRA} por quadrante (sudeste, sudoeste, nordeste e noroeste).

A mesma técnica utilizada neste estudo pode ser também aplicada ao Pantanal, modificando-se apenas as latitudes e longitudes da grade nas configurações iniciais do FORTRACC.

4. Resultados e Discussão

A análise dos resultados mostrou que 85% dos SCM_{GRA} se deslocaram para leste (**Tabela 1**), sendo para nordeste o quadrante preferencial (55%). Em relação aos seis diferentes tipos de SCM_{GRA} considerados neste estudo, cinco (SCM_{GRA-C} , SCM_{GRA-D} , SCM_{GRA-N} , SCM_{GRA-F} e SCM_{GRA-NF}) apresentaram deslocamento preferencial para leste e apenas um (SCM_{GRA-O}) para oeste. O deslocamento médio total e sazonal e os deslocamentos individuais totais e sazonais dos 34 SCM_{GRA} são apresentados na **Figura 1**, corroborando os resultados apresentados na **Tabela 1**. De maneira geral (**Figura 1a**) nota-se que o deslocamento preferencial é de oeste para leste, similar à circulação de grande escala em latitudes médias. Vários autores (Velasco, Fritsch, 1987; Guedes et al., 1994; Nicolini et al., 2002; Campos, Eichholz, 2011; Siqueira, Marques; 2008) mostram que esse deslocamento preferencial é explicado em grande parte pela incursão de SF, pela atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e também pelo gradiente zonal de temperatura, que geram uma circulação neste sentido. Sazonalmente, apenas JFM (**Figura 1b**) apresentou deslocamento no sentido oposto, de leste para oeste. Porém, o trimestre JFM registrou a ocorrência de apenas um SCM_{GRA} durante os cinco anos compreendidos no estudo, o que não é suficiente para se determinar um deslocamento médio. Por este motivo, na análise detalhada de deslocamento sazonal, não serão avaliados os resultados do trimestre JFM. Os demais trimestres (**Figuras 1c, 1d e 1e**) apresentaram deslocamentos preferenciais para leste, sendo que no trimestre AMJ (**Figura 1c**) o deslocamento preferencial é para sudeste, enquanto nos trimestres JAS (**Figura 1d**) e OND (**Figura 1e**) os deslocamentos preferenciais são para nordeste. O deslocamento para sudeste no trimestre AMJ pode ser explicado pela atuação de SF estacionários, conforme observado por Sakamoto (2009) num estudo sobre SCM na região subtropical da América do Sul, em que a autora observou que 42% dos sistemas que se deslocaram para leste, tinham uma componente para sul. Camargo et al. (2014) observaram que os SCM_{ES} ocorridos no trimestre

Tabela 1. Direção e quadrante médio preferencial de deslocamento total e para cada tipo de SCM_{GRA} observado entre 2004 e 2008.

SCM_{GRA}	Direção de deslocamento			
	Leste - 85%		Oeste - 15%	
Total (34 casos)	NE - 55%	SE - 45%	NO - 80%	SO - 20%
Continental (31 casos)	Leste - 90%		Oeste - 10%	
	NE - 56%	SE - 44%	NO - 100%	SO - 0%
Oceânico (3 casos)	Leste - 33%		Oeste - 67%	
	NE - 0%	SE - 100%	NO - 50%	SO - 50%
Diurno (19 casos)	Leste - 84%		Oeste - 16%	
	NE - 56%	SE - 44%	NO - 100%	SO - 0%
Noturno (15 casos)	Leste - 88%		Oeste - 12%	
	NE - 47%	SE - 53%	NO - 50%	SO - 50%
Frontal (24 casos)	Leste - 87%		Oeste - 13%	
	NE - 48%	SE - 52%	NO - 67%	SO - 33%
Não-frontal (10 casos)	Leste - 80%		Oeste - 20%	
	NE - 75%	SE - 25%	NO - 100%	SO - 0%

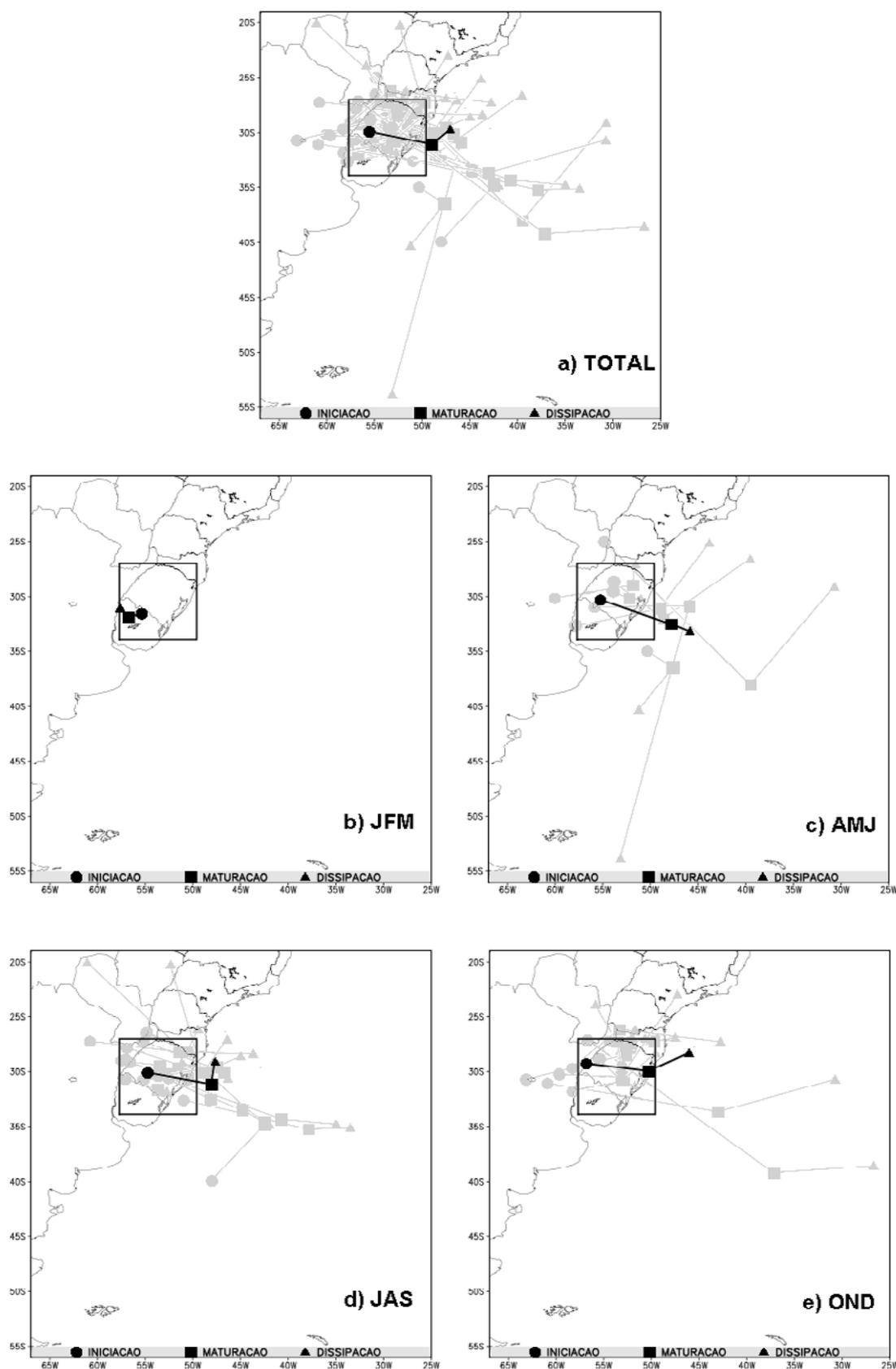


Figura 1. Deslocamento médio preferencial (linha preta) total e sazonal dos SCM_{GRA} no período de 2004 a 2008 e os deslocamentos individuais de cada SCM_{GRA} (linhas cinzas). a) Total, b) JFM, c) AMJ, d) JAS e e) OND.

AMJ também apresentaram deslocamento médio para sudeste, o que segundo os autores ocorreu devido a incursão de SF estacionários. Nos trimestres JAS e OND, segundo Rasera (2013), os SCM podem ser modulados pela incursão de SF não estacionários (JAS) ou pelo aquecimento diurno (OND), o que explicaria o deslocamento preferencial para nordeste nestes períodos. tipo de SCM se deslocar para nordeste em função da interação com os SF, que apresentam deslocamento preferencial neste mesmo sentido na AS. Uma possível explicação para o movimento em sentido contrário ao relatado por outros autores é a presença do JBN. Este fenômeno, comum em casos de SCM_{GRA} , transporta ar quente e úmido do norte do Brasil em direção ao sudeste da AS na direção noroeste-sudeste (Marengo et al., 2004; Salio et al., 2007; Santos et al., 2008).

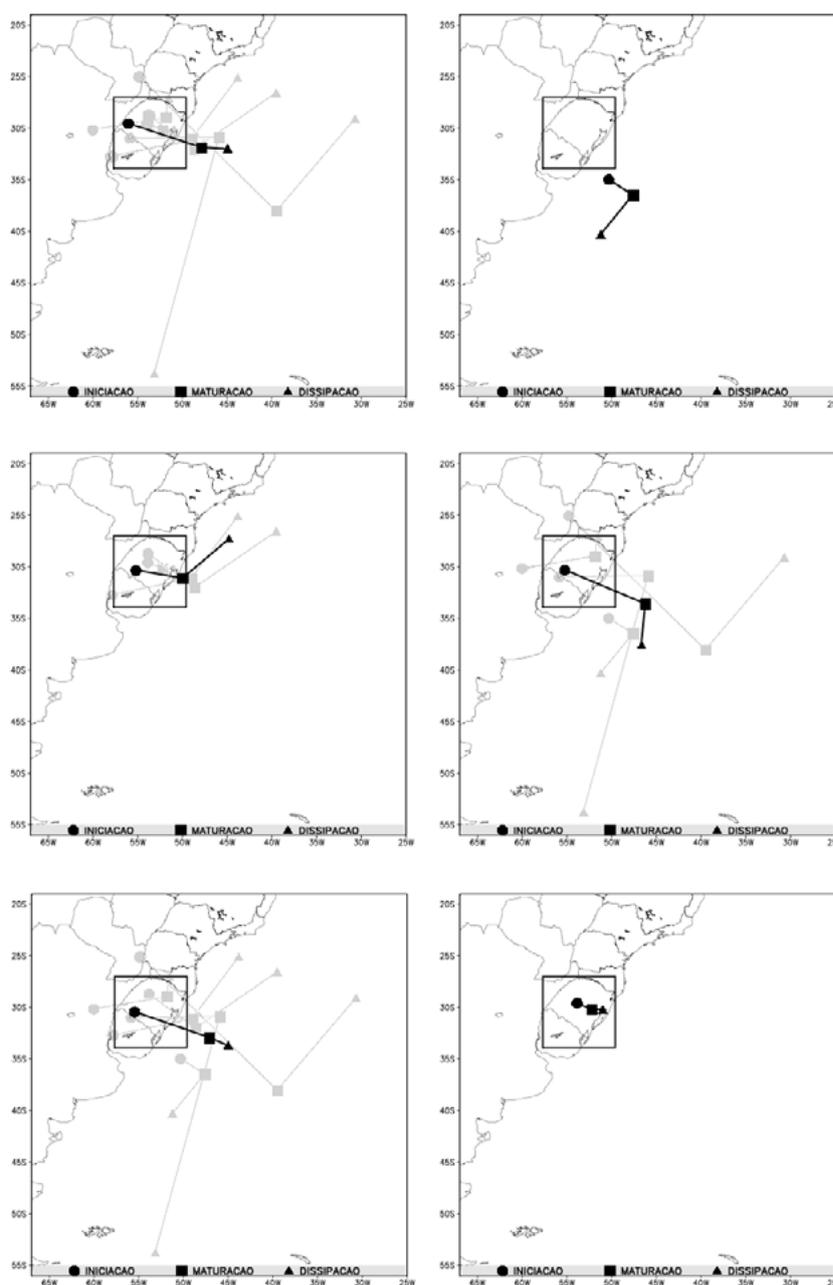


Figura 2. Deslocamento médio preferencial (linha preta) e deslocamentos individuais (linhas cinzas) para cada tipo de SCM_{GRA} observado entre 2004 e 2008 no trimestre AMJ. a) SCM_{GRA-C} , b) SCM_{GRA-O} , c) SCM_{GRA-D} , d) SCM_{GRA-N} , e) SCM_{GRA-F} e f) SCM_{GRA-NF} .

A **Figura 3** mostra os deslocamentos preferenciais dos diferentes tipos de SCM_{GRA} durante o trimestre JAS. Nota-se muita semelhança entre todos os tipos exceto o SCM_{GRA-O} (**Figura 3b**), que apresentou um comportamento diferente dos demais. Os SCM_{GRA-C} (**Figura 3a**), SCM_{GRA-D} (**Figura 3c**), SCM_{GRA-N} (**Figura 3d**) e SCM_{GRA-F} (**Figura 3e**) apresentaram deslocamento preferencial para leste, com predomínio da componente zonal nos deslocamentos médios. Os SCM_{GRA-O} , embora também tenham apresentado deslocamento preferencial para leste, mostraram-se com predomínio da componente meridional no deslocamento médio. Sakamoto (2009) num estudo sobre SCM de origem continental e oceânica na AS, observou que embora o JBN fosse de suma importância para a formação e deslocamento dos SCM de origem continental, ao mesmo tempo era pouco relevante para os SCM de origem oceânica, o que explica o resultado apresentado neste estudo. Não houve a ocorrência de SCM_{GRA-NF} neste trimestre.

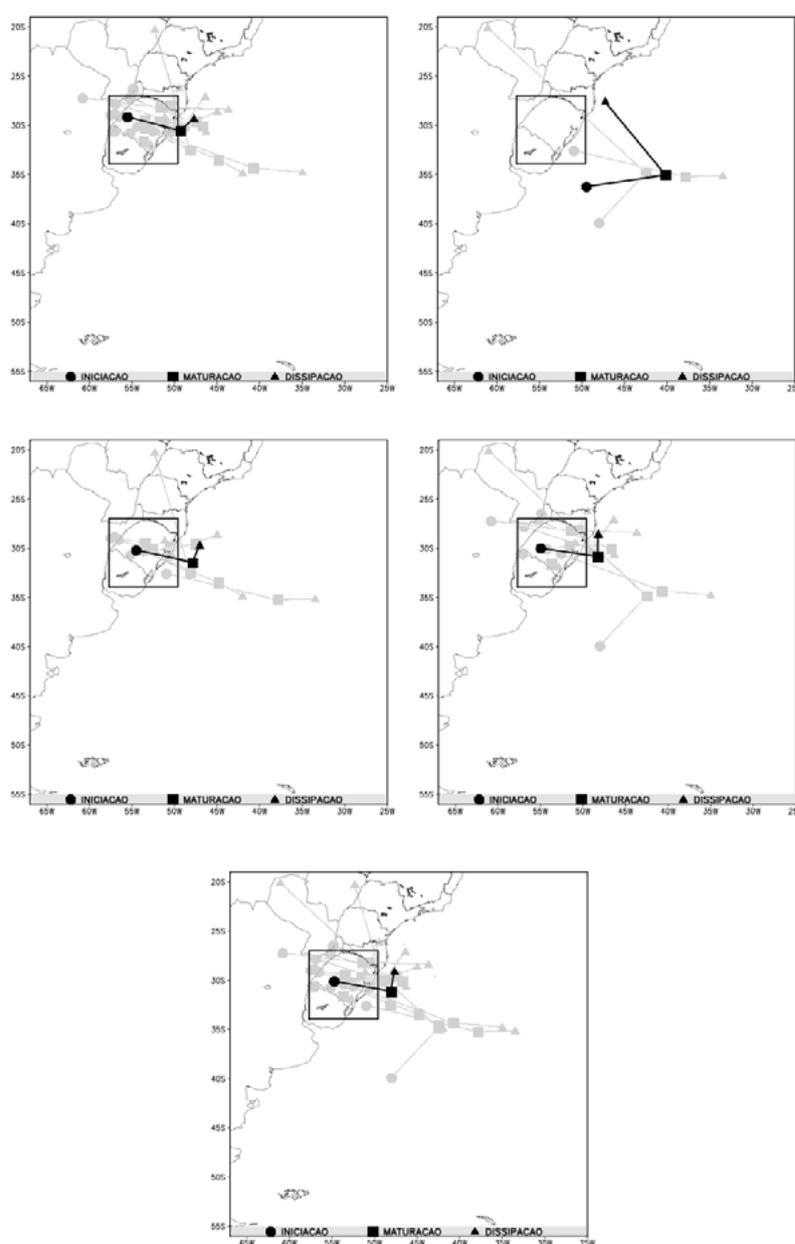


Figura 3. Deslocamento médio preferencial (linha preta) e deslocamentos individuais (linhas cinzas) para cada tipo de SCM_{GRA} observado entre 2004 e 2008 no trimestre JAS. a) SCM_{GRA-C} , b) SCM_{GRA-O} , c) SCM_{GRA-D} , d) SCM_{GRA-N} , e e) SCM_{GRA-F} .

Para o trimestre OND os resultados dos deslocamentos médios e individuais para cada tipo de SCM_{GRA} são apresentados na **Figura 4**. Novamente os deslocamentos são semelhantes para todos os tipos, sendo preferencialmente para o quadrante nordeste em todos os casos exceto para os SCM_{GRA-F} (**Figura 4d**), que apresentaram deslocamento médio para o quadrante sudeste. O gradiente térmico zonal é mais intenso nesta época do ano, quando o continente apresenta aquecimento enquanto o oceano e áreas adjacentes permanecem com temperaturas mais baixas, fator que segundo diversos autores (Guedes et al., 1994; Nicolini et al., 2002; Siqueira, Marques; 2008) favorece o deslocamento dos SCM para leste. Não houve ocorrência de SCM_{GRA-O} neste trimestre.

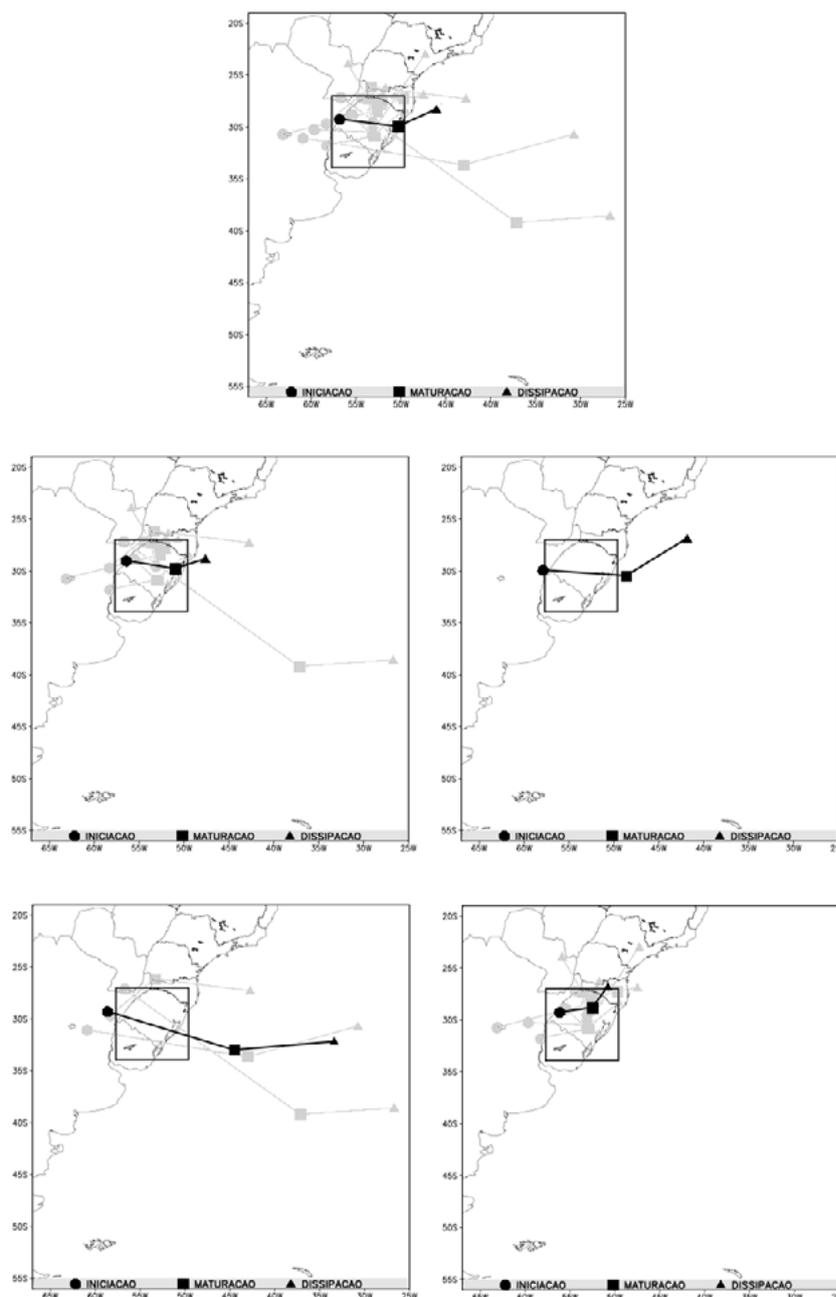


Figura 4. Deslocamento médio preferencial (linha preta) e deslocamentos individuais (linhas cinzas) para cada tipo de SCM_{GRA} observado entre 2004 e 2008 no trimestre OND. a) SCM_{GRA-C} , b) SCM_{GRA-D} , c) SCM_{GRA-N} , d) SCM_{GRA-F} e e) SCM_{GRA-NF}

5. Conclusões

Os resultados deste trabalho mostraram que a maioria dos SCM_{GRA} se deslocou para leste. Dos seis diferentes tipos de SCM_{GRA} considerados neste estudo (continental, oceânico, diurno, noturno, frontal e não-frontal), apenas os oceânicos apresentaram deslocamento preferencial para oeste. Com relação à distribuição sazonal dos deslocamentos médios preferenciais, apenas o trimestre JFM apresentou deslocamento para oeste, porém trata-se de um trimestre em que houve a ocorrência de apenas um SCM_{GRA} durante os cinco anos abordados no estudo. Nos demais trimestres o deslocamento preferencial foi para leste.

6. Referências

- Camargo, P. F. J.; Alves, M. A. A.; Campos, C. R. J. Trajetória e forma dos Sistemas Convectivos de Mesoescala que afetaram o RS e dos que geraram eventos severos entre 2004 e 2008. In: Congresso de Iniciação Científica da Universidade Federal de Pelotas, 23.2014. **Anais...** Pelotas/RS, 2014.
- Campos, C. R. J.; Eichholz, C. W. Características físicas dos Sistemas Convectivos de Mesoescala que afetaram o Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2008. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 29, p. 331-345, 2011.
- Campos, C. R. J.; Maria, D. M. Ocorrência de granizo associada a um SCM que afetou o Rio Grande do Sul em agosto de 2006. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 1, p. 46-60, 2014.
- Campos, C. R. J.; Rasesa, G. Análise sazonal dos SCM que geraram eventos severos no Rio Grande do Sul entre 2004 e 2008. **Ciência e Natura**, v. 36, p. 481-491, 2014.
- DCRS – Defesa Civil do RS. Disponível em: <<http://www.defesacivil.rs.gov.br>>. Acesso em: 20 mar. 2016.
- Dias, M. A. F. S.; Rozante, J. R.; Machado, L. A. T. Complexos Convectivos de Mesoescala na América do Sul. In: Cavalcanti, I. F. A.; Ferreira, N. J.; Silva, M. G. A. J.; Dias, M. A. F. S. **Tempo e clima no Brasil**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 464 p.
- Eden, P.; Twist, C. **Gran Enciclopedia de Bolsillo: Tiempo y Clima**. Barcelona: Editora Molino. 1997. p. 104-105.
- Fernandes, B. M.; Campos, C. R. J. Origem dos Sistemas Convectivos de Mesoescala que geraram granizo no Rio Grande do Sul entre 2004 e 2008. In: Encontro de Pós-Graduação UFPel, 17.2015. **Anais...** Pelotas/RS, 2015.
- Guedes, R. L.; Machado, L. A. T.; Silveira, J. M. B.; Alves, M. A. S.; Waltz, R. C. Trajetórias dos sistemas convectivos sobre o continente americano. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8.1994. **Anais...** Belo Horizonte/MG, 1994. v. 2, p. 77-80.
- Houze, R. A. Mesoscale convective systems. In: Houze, R. A. **Cloud dynamics**. Academic Press, Inc, 1993, v. 53, p. 334-404.
- Marcelino, I. P. V. O.; Mendonça, M.; Rudorff, F. M. Ocorrências de granizo no estado de Santa Catarina. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais, 1.2004, Florianópolis-SC. **Anais...** Florianópolis, 2004. CDROM.
- Marengo, J. A., Soares, W. R., Saulo, C.; Nicolini, M. Climatology of the Low-Level Jet East of the Andes as Derived from the NCEP-NCAR Reanalyses: Characteristics and Temporal Variability. **Journal of Climate**, v. 17, n. 12, p. 2261-2280, 2004.
- Nicolini, M.; Saulo, A. C.; Torres, J. C.; Salio, P. Enhanced precipitation over Southeastern South America related to strong low-level jet events during austral warm season. **Meteorological Special Issue for the South American Monsoon System**, v. 27, p. 59-69, 2002.
- Rasesa, G. **Eventos Severos gerados por SCM que atingiram o Rio Grande do Sul no período de 2004 a 2008**. Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Dissertação de Mestrado. 2013.
- Sakamoto, M. S. **Sistemas Convectivos de Mesoescala observados na Região Subtropical da América do Sul durante o SALLJEX**. 2009, 243p. Tese (Doutorado em Meteorologia) – USP, São Paulo. 2009.
- Salio, P.; Nicolini, M.; Zipser, E. J. Mesoscale Convective Systems over Southeastern South America and Their

Relationship with the South American Low-Level Jet. **Monthly Weather Review**, v. 135, p. 1290-1309, 2007.

Santos, G. M.; Campos, C. R. J.; Lima, K. C. Análise de Jatos de Baixos Níveis associados a um sistema Convectivo de Mesoescala na América do Sul: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 26, n. 4, p. 451-468, 2008.

Siqueira, J. R.; Marques, V. S. Occurrence frequencies and trajectories of Mesoscale Convective Systems over southeast Brazil related to cold frontal and non-frontal incursions. **Australian Meteorological Magazine**, v. 57, n. 4, p. 345-357, 2008.

SPMDR - Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional. Disponível em: <<http://planejamento.rs.gov.br/>>. Acesso em: 30 mar. 2016.

Vargas Jr., V. R.; Rasesa, G.; Eichholz, C. W.; Campos, C. R. J. Análise da ocorrência de granizo no RS de 2004 a 2008. In: Congresso de Iniciação Científica, 20 e Mostra Científica UFPEL,3.2011, Pelotas/RS. **Anais... Pelotas: CIC UFPEL**, 2011.

Velasco, I.; Fritsch, J. M. Mesoscale Convective Complexes in the Americas. **Journal Geophysical Research**. v. 92, p. 9591-9613, 1987.

Vila, D. A.; Machado, L. A. T.; Laurent, H.; Velasco, I. Forecast and Tracking the Evolution of Cloud Clusters (ForTraCC) Using Satellite Infrared Imagery: Methodology and Validation. **Weather and Forecasting**. v. 23, p. 233-245, 2008.



Carta de Potencial dos meios físico e antrópico ao escoamento superficial para a bacia hidrográfica do Ribeirão Bocaina-MG

Ana Cláudia Pereira Carvalho ¹

Osni José Pejon ¹

Eduardo Goulart Collares ²

¹ Universidade de São Paulo - EESC/USP
Av. Trabalhador Sancarlense, Parque Arnold Schimidt
13566-590 - São Carlos-SP, Brasil
ana.carvalho01@usp.br
pejon@sc.usp.br

² Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG/ Campus Passos
Av. Juca Stockler nº: 1130, Bairro Belo Horizonte
37900-106 - Passos-MG, Brasil
collaresambiental@hotmail.com

Resumo. O escoamento superficial envolve o excesso de água, proveniente do acontecimento de uma precipitação intensa, que se desloca livremente pela superfície do terreno. No presente trabalho estão sendo apresentadas duas cartas de potencial ao escoamento superficial para a bacia hidrográfica do Ribeirão Bocaina, a qual abrange toda a área urbana do município de Passos-MG, que vem sofrendo com o problema das inundações. Uma das duas cartas envolve atributos relacionados ao meio físico (geologia, densidade de drenagem, materiais inconsolidados, declividade), ao passo que a outra acrescenta o plano de informação referente ao uso e ocupação do solo. Todo o processamento aconteceu em ambiente SIG, com a utilização do software ArcGIS10[®], adotando técnicas de geoprocessamento. Para a elaboração destes documentos interpretativos foi aplicada a metodologia de Pejon e Zuquette (1993) que baseia-se na atribuição de pesos para cada plano de informação, utilizando o método AHP. O resultado final deste processamento permitiu identificar as áreas com maior potencial ao escoamento superficial, fornecendo aporte aos gestores em suas tomadas de decisões com vistas a minimizar o problema das inundações, visto que estas podem ser agravadas com o crescimento da cidade e/ou pela ocupação de áreas a montante da área urbanizada.

Palavras-chave: geoprocessamento, geotecnologia, SIG, Processo de Análise Hierárquica (AHP).

Abstract. Runoff consists of excess of water from a heavy rainfall, which moves freely through the ground surface. In this study, two runoff potential charts were performed to the basin of Ribeirão Bocaina covering the urban area of the municipal of Passos-MG, which has suffered with flooding. The first one includes attributes related to the physical environment (geology, drainage density, unconsolidated materials, and slope), while the other also takes into account the information about land use. Geoprocessing took place in a GIS environment, using the ArcGIS10® software. Runoff potential charts were carried out based on the method proposed by Pejon and Zuquette (1993) which assigns weights to each attribute, using the AHP techniques. The result of this analysis showed the areas with highest potential of runoff and provides information to managers to support decision making allowing to reduce the flood problems already registered in urban area, which may worsen with city growing.

Key-words: geoprocessing, geotechnology, GIS, Analytical Hierarchy Process (AHP).

1. Introdução

Quando ocorre uma precipitação, toda a água que chega ao solo passa a ser infiltrada até o momento em que ocorre a saturação de sua superfície. Posteriormente, a água continua a infiltrar, e simultaneamente inicia-se o processo de escoamento superficial, de forma simplificada, é o deflúvio que excede do processo de infiltração (PEIXOTO, 2011).

Os fatores que atuam no escoamento superficial podem ser de natureza climática, com relação à precipitação, ou de natureza fisiográfica, interligados às características físicas de uma bacia hidrográfica. Dentre os fatores climáticos pode-se evidenciar a intensidade e a duração da precipitação, visto que quanto maior a intensidade, breve o solo chega a sua capacidade de infiltração, gerando um excesso de precipitação que escoará superficialmente. A duração da precipitação também é importante no escoamento, porque para precipitação com intensidade constante há maior oportunidade de escoamento quanto maior for a sua duração. Quanto os fatores fisiográficos, vale ressaltar a área e a forma da bacia, a permeabilidade e a capacidade de infiltração do solo e a topografia da bacia (LIMA JÚNIOR, 2014).

Conhecer os processos de escoamento superficial e de infiltração no terreno permite definir de maneira adequada o coeficiente de deflúvio, o qual constitui a razão entre o volume de água do escoamento superficial e o volume da água da precipitação (PEJON; ZUQUETTE, 1993). Para Pejon (1992), as informações sobre esses processos são de essencial importância na implantação de diversos tipos de obras de engenharia, como estradas, áreas urbanas, pequenas barragens, entre outras.

Pejon e Zuquette (1993) apresentam uma metodologia para obtenção da carta de potencial ao escoamento superficial, cujo procedimento envolve a atribuição de pesos para planos de informação relacionados ao meio físico, esta técnica corresponde à aplicação do método AHP (*Analytical Hierarchy Process*) definida por Saaty (1980) levando em consideração uma escala de valores hierárquicos. Os atributos básicos considerados pelos autores para a geração deste documento foram: declividade; pedologia; geologia; densidade de drenagem e permeabilidade do solo. No presente trabalho foram acrescentadas informações que retratam o meio antrópico que é caracterizado pelo uso e ocupação do solo, deste modo o documento aqui proposto é denominado de Carta de Potencial dos meios físico e antrópico ao escoamento superficial.

2. Objetivo

O objetivo principal do trabalho é a elaboração da carta do potencial de escoamento superficial, na escala 1:50.000, para a bacia hidrográfica do Ribeirão Bocaina, na qual se insere a cidade de Passos-MG, como forma de subsidiar o planejamento da ocupação da região e minimizar os problemas de inundação que vem ocorrendo na área urbana.

3. Materiais e Métodos

3.1. Caracterização da área de estudo

A área de estudo é a bacia hidrográfica do Ribeirão Bocaina, uma das 34 sub-bacias que compõem a Bacia Hidrográfica do Médio Rio Grande (**Figura 1**). A bacia do Ribeirão Bocaina é localizada entre as coordenadas UTM 320000 - 345000mE e 7688000 - 7720000mN, com área de 457,9 km². Situa-se integralmente no município de Passos-MG, ocupando 34% de sua área total; a cidade possui uma população de 106.290 habitantes segundo o censo do IBGE referente ao ano de 2010.

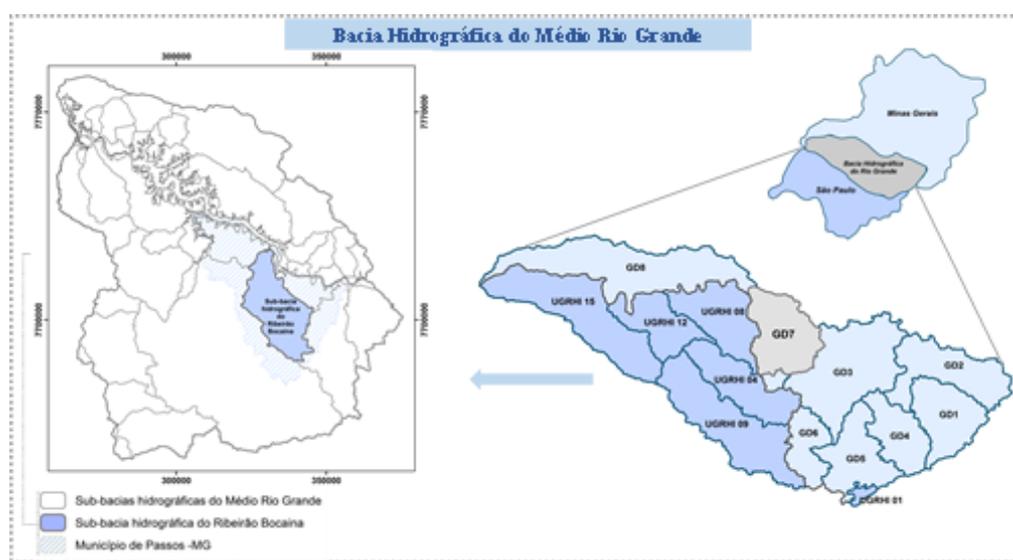


Figura 1. Localização da área de estudo.

De acordo com dados do IBGE (2016) a área de estudo é caracterizada pelos biomas Mata Atlântica e Cerrado. Segundo o mapeamento de uso e ocupação do solo realizado por Dias et al. (2013) a área é composta por pastagem, silvicultura, culturas permanente e anual; quanto às áreas de preservação natural a região abrange mata, capoeira e campo.

No contexto geológico, a região estudada apresenta como litologias predominantes o mica-xisto e o gnaíse com intercalações de xisto pertencentes à formações do Grupo Araxá e gnaíse com a presença secundária de migmatitos pertencentes ao Complexo Barbacena e Sequência Greenstone Morro de Ferro (COLLARES; GOMES, 2013).

3.2. Procedimentos Metodológicos

Neste trabalho foram utilizados dados básicos existentes, além da geração de novos planos de informação (Declividade e Densidade de Drenagem). Para a realização dos processamentos foi utilizado o software ArcGIS10[®]. Os dados pré-existentes utilizados foram: o Mapa de Materiais Inconsolidados (Magri et al., 2013), o Mapa Geológico (Collares e Gomes, 2013) e o Mapa de Uso e Ocupação (Dias et al., 2013), todos na escala de 1:50.000, sendo utilizados no formato vetorial e matricial.

Vale ressaltar que foram geradas duas cartas de potencial ao escoamento superficial, visto que uma contempla somente atributos do meio físico, enquanto que a outra considera também o Mapa de uso e ocupação do solo. A **Figura 2** apresenta as etapas metodológicas para

a elaboração da Carta de Potencial dos meios físico e antrópico ao escoamento superficial. A metodologia também pode ser aplicada na região do Pantanal, pois a área apresenta baixas declividades, o que é um fator condicionante aos processos de inundação. Segundo Souza; Lani e Sousa (2006) estes eventos acontecem nas direções de norte para sul e de leste para oeste, na extensão do rio Paraguai e seus afluentes, um dos motivos é o efeito da contribuição da água do subsolo e do escoamento superficial, com isso, a região do Pantanal pode ser inundada tanto por águas dos rios, que ultrapassam seus leitos, como pela consequência do aumento do nível da água subterrânea que ocorre em período de chuvas.

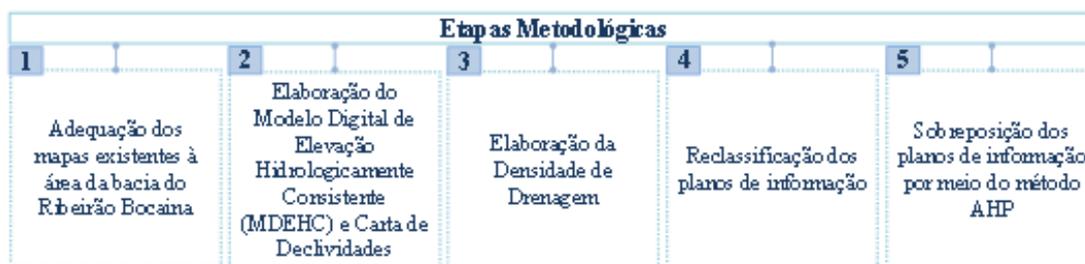


Figura 2. Etapas metodológicas do trabalho.

3.2.1. Adequação dos mapas existentes à área da bacia do Ribeirão Bocaina

Nesta etapa foi necessário adequar os produtos já existentes, elaborados na escala de 1:50.000, visto que estes documentos abrangem a área total da Bacia Hidrográfica do Médio Rio Grande. Diante disto para obter informações somente da área de estudo, foi utilizada a ferramenta *Clip* do software ArcGIS10®.

3.2.2. Elaboração do Modelo Digital de Elevação Hidrológicamente Consistente (MDEHC) e Carta de Declividade

Por meio da interpolação das curvas de nível, rede de drenagem e pontos cotados, na escala 1:50.000, informações estas extraídas dos dados do Projeto Grande Minas (Collares et al., 2013) com auxílio da ferramenta *Topo to raster* do software ArcGIS10®, foi elaborado o Modelo Digital de Elevação Hidrológicamente Consistente, com pixel de saída de 10 m.

Com base neste modelo, foi gerada a Carta de Declividades utilizando as ferramentas do software ArcGIS10® localizadas no *ArcToolBox (Spatial Analyst Tools - Surface - Slope)*.

3.2.3. Elaboração da Carta de Densidade de Drenagem

A densidade de canais de drenagem é considerada uma informação essencial para a definição do potencial de escoamento superficial, pois é proporcional à velocidade com que a água precipitada irá atingir os canais permanentes de escoamento da bacia (DIAS, 2013).

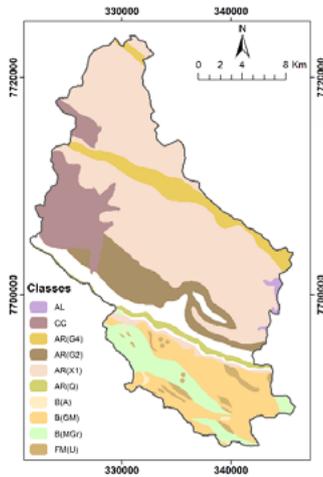
Para a elaboração deste atributo foi utilizada a ferramenta *Kernel Density* do software ArcGIS10®. De acordo com ESRI (2016), esta ferramenta tem a função de calcular uma área de grandeza por unidade de ponto ou polilinha utilizando recursos da função do *Kernel* para ajustar uma superfície suavemente cônica para cada ponto ou polilinha.

Como dado de entrada para a realização do processamento foi utilizada a rede de drenagem em formato vetorial (*shapefile*). De acordo com Dias (2013), o raio estabelecido foi 1128, e o tamanho do pixel de saída foi 10.

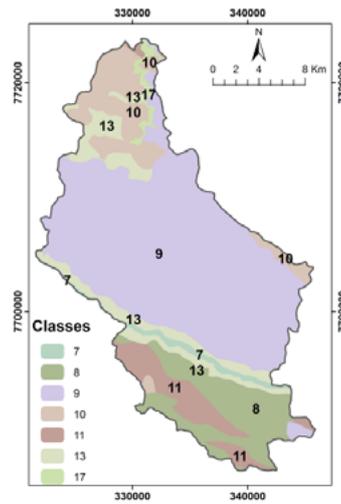
3.2.4. Transformação de arquivos vetoriais para matriciais

Esta etapa consistiu em transformar os planos de informação do formato *shapefile* em arquivos matriciais (**Figura 3**), sendo assim, foi possível inserir os pesos nos atributos utilizados. A descrição das classes representadas nos mapas está apresentada na **Tabela 2**, juntamente com os pesos atribuídos para cada classe, de acordo com a escala de valores definida por Saaty (1980) (**Tabela 1**).

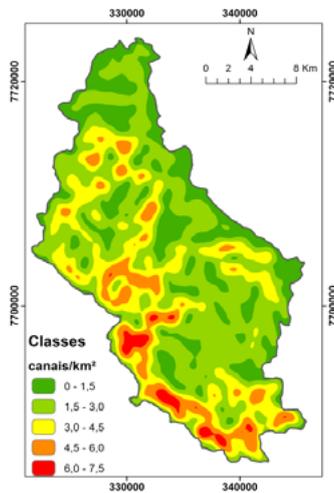
Geologia



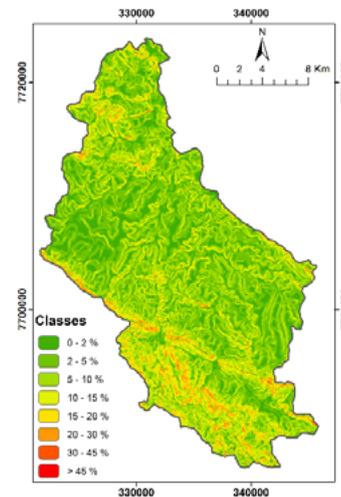
Materiais Inconsolidados



Carta de Densidade de Drenagem



Carta de Declividades



Uso e Ocupação do Solo

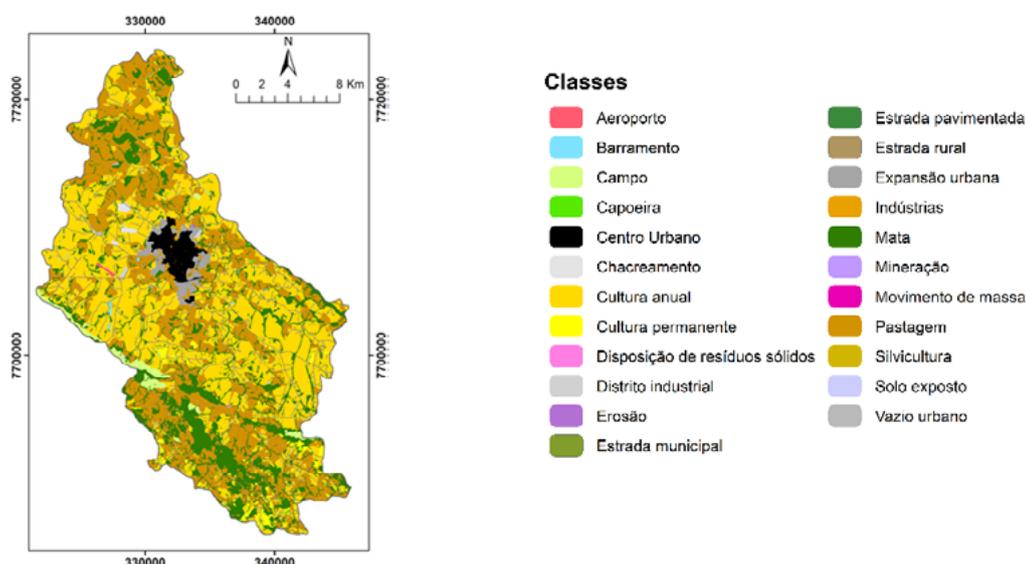


Figura 3. Planos de informação dos meios físico e antrópico utilizados para a elaboração das Cartas de Potencial ao escoamento superficial.

3.2.5. Sobreposição dos planos de informação considerando os pesos obtidos pelo método AHP

O procedimento realizado nesta etapa utiliza a metodologia estabelecida por Pejon e Zuquette (1993) que se baseia no método AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Esta técnica consiste na sobreposição de atributos do meio físico e o uso e ocupação do solo, os quais recebem pesos por meio de uma análise hierárquica paritária, definida por Saaty (1980) (**Tabela 1**).

Os procedimentos deste método envolveram a comparação par a par das classes de cada atributo e dos próprios planos de informação em matrizes, atribuindo pesos com base na escala de valores de Saaty (1980), de maneira a refletir a importância de cada classe em relação a outra quanto ao processo de escoamento superficial. Vale ressaltar que a adoção dos pesos foi definida considerando as características da área de estudo e por meio de pesquisas bibliográficas.

Tabela 1. Escala de valores definida por Saaty (1980).

Escala de Valores			
Valores	Importância	Valores	Importância
1/9	Extremamente menos importante	3	Moderadamente mais importante
1/7	Muito menos fortemente importante	5	Fortemente mais importante
1/5	Fortemente menos importante	7	Muito mais fortemente importante
1/3	Moderadamente menos importante	9	Extremamente mais importante
1	Igualmente importante	2, 4, 6 e 8	Valores intermediários

Logo depois da atribuição de pesos, foram estabelecidos os auto-vetores para cada classe dos atributos, bem como para os planos de informação. Para obtê-los, as matrizes de comparação par a par foram normalizadas, ou seja, foi realizada uma divisão de cada elemento pela soma dos elementos da coluna a que se referem. Posteriormente foi realizada uma média aritmética de cada linha da matriz normalizada, resultando nos auto-vetores.

Para cada um dos planos de informação (arquivo matricial) foi adicionada na tabela de atributos uma coluna específica do tipo *double* nomeada de “Peso” onde foram inseridos os auto-vetores para cada uma das classes (**Tabela 2**).

Tabela 2. Pesos para cada classe dos planos de informação utilizados para a elaboração das cartas de potencial ao escoamento superficial.

Plano de informação	Classes	Peso
Geologia	AL - Coberturas Aluvionares (latossolo vermelho e vermelho amarelo)	0,0483
	CC - Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (latossolo vermelho e vermelho amarelo)	0,0483
	AR(Q) - Quartzito com intercalações de mica-xisto	0,0483
	CC - Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas (argissolos vermelhos amarelos)	0,0657
	AR(XI) - Xisto com intercalações de quartzito, gnaiss e lentes de mármore	0,0913
	B(A) - Anfibolito e gnaiss dioríticos	0,0913
	B(MGr) - Migmatitos e granitóides gnáissificados, graníticos e gnáiss dioríticos, localmente com lentes dioríticas, anfibolíticas e ultramáficas	0,0913
	AR(G2) - Gnaiss e com intercalações de xisto, quartzito, anfibolito	0,1289
	B(GM) - Gnaiss e migmatitos com intercalações de anfibolito ultramáficas e metassedimentos	0,1289
	AR(G4) - Gnaiss migmatítico	0,1289
FM(U) - Rochas ultramáficas com intercalações de gnaiss e metassedimentos	0,1289	
Densidade de drenagem (canais por km ²)	0 - 1,50	0,0523
	1,50 - 3,0	0,1046
	3,0 - 4,50	0,1546
	4,50 - 6,0	0,2984
	6,0 - 7,50	0,3902
Declividade	0 - 2 %	0,0347
	2 - 5 %	0,0694
	5 - 10 %	0,1090
	10 - 20 %	0,1721
	20 - 30 %	0,2636
	> 30 %	0,3513

Tabela 2. Pesos para cada classe dos planos de informação utilizados para a elaboração das cartas de potencial ao escoamento superficial (Continuação).

Plano de informação	Classes	Peso
Materiais inconsolidados	Unidade 7 - Apresenta uma camada de solo laterítico composta por areia com pouca argila, com espessura inferior a meio metro. Sotoposto a este material, são os quartzitos dos Grupos Canastra e Araxá associados a relevos compostos por serras e escarpas.	0,0259
	Unidade 8 - Prevalece o horizonte de saprolito formado por um silte arenoso. A este horizonte está sobreposto o solo laterítico com textura argilo-arenosa e espessura não superior a dois metros. Incide em relevos de morros e morrotes sustentados por gnaiss e rochas ultramáficas do Complexo de Barbacena.	0,0362
	Unidade 9 - O horizonte de solo laterítico possui espessura entre 1 e 15 metros e é formado por uma areia argilosa. Sotoposto a este horizonte, apresenta-se o solo saprolítico constituído por uma argila areno-siltosa e, por fim, o horizonte de saprolito (silte arenoso). Acontece em relevos colinosos, sustentados por gnaiss e xistos com intercalações ocasionais de quartzito do Grupo Araxá.	0,0704
	Unidade 10 - O horizonte de solo laterítico tem textura argilo-silto-arenosa, e espessura inferior a 10 metros, apresenta-se sobreposto ao saprolítico areno-siltoso, com espessura máxima de 7 metros, seguido pelo saprolito, composto por um silte arenoso. Com associação a platôs, morrotes e nas regiões de morros que apresentam declividades inferiores a 15%, esta unidade exibe como substrato rochoso gnaiss e xistos com intercalações ocasionais de quartzito do Grupo Araxá.	0,1023
	Unidade 11 - Há predomínio do horizonte de solo saprolítico com espessura entre 0,5 e 4 metros, e textura areno-siltosa, sotoposto ao solo saprolito composto por silte arenoso. Sobreposto ao solo saprolítico, ocorre o horizonte de solo laterítico silto-argiloso com espessura inferior a 2 metros. Esta unidade acontece em morros com declividades superiores que 15%, associados a gnaiss do Grupo Araxá e Complexo Barbacena.	0,1896
	Unidade 13 - Predominam os horizontes de solo saprolítico (silto-argiloso), com espessura entre 1 e 3 metros, e saprolito (siltoso), com espessura inferior a 6 metros, sobrepostos a xistos com intercalações ocasionais de quartzito. Sobreposto a estes horizontes, ocorre o solo laterítico (silte argiloso), com espessura inferior a 2 metros. Esta unidade está relacionada a declividades menores que 30% em relevos de serras e escarpas e, em morros e morrotes com declividades maiores que 15%.	0,2274
	Unidade 17 - Condiza depósitos aluvionares das áreas de inundação adjacentes ao Rio Grande, e de áreas adjacentes a outros canais de drenagem da área de estudo. A textura destes materiais é bastante variável, consequente dos processos de deposição fluvial.	0,3481
Uso e ocupação do solo	Barramento	0,0294
	Mata e Silvicultura	0,0323
	Campo, Capoeira, Pastagem	0,0504
	Cultura Anual, Cultura Permanente	0,0978
	Disposição de Resíduos Sólidos, Erosão, Estradas (Municipal, Pavimentada e Rural) e Mineração	0,1629
	Vazio Urbano, Chacreamento, Expansão Urbana	0,3086
Aeroporto, Centro urbano, Distrito industrial e Indústrias	0,3186	

Para a sobreposição foi necessário à utilização da ferramenta *Weighted Sum* que realiza a multiplicação da importância relativa de cada classe dos planos de informação (arquivos em formato matricial) pelo peso específico considerado no plano de informação. Deste modo, posteriormente à multiplicação, ocorreu à soma de cada um dos arquivos matriciais de entrada para a elaboração de um arquivo matricial de saída. As **Tabelas 3 e 4** apresentam as matrizes AHP com os pesos adotados para cada plano de informação.

Tabela 3. Matriz AHP de atribuição de pesos para cada plano de informação utilizado para a elaboração da Carta de Potencial do meio físico ao escoamento superficial.

	<i>Geologia</i>	<i>Densidade de drenagem</i>	<i>Materiais inconsolidados</i>	<i>Declividade</i>	<i>R (razão de consistência)</i>
<i>Geologia</i>	1	2/3	1/2	1/4	0,0020
<i>Densidade de drenagem</i>	1,50	1	5/6	1/3	0,20%
<i>Materiais inconsolidados</i>	2,00	1,20	1	1/2	
<i>Declividade</i>	4,00	3,00	2,00	1	
SOMA	8,50	5,87	4,33	2,08	
<i>Matriz Normalizada</i>					<i>Auto Vetor</i>
<i>Geologia</i>	0,1176	0,1136	0,1154	0,1200	0,1167
<i>Densidade de drenagem</i>	0,1765	0,1705	0,1923	0,1600	0,1748
<i>Materiais inconsolidados</i>	0,2353	0,2045	0,2308	0,2400	0,2277
<i>Declividade</i>	0,4706	0,5114	0,4615	0,4800	0,4809

Tabela 4. Matriz AHP de atribuição de pesos para cada plano de informação utilizado para a elaboração da Carta de Potencial dos meios físico e antrópico ao escoamento superficial.

	<i>Geologia</i>	<i>Densidade de drenagem</i>	<i>Materiais inconsolidados</i>	<i>Uso e ocupação</i>	<i>Declividade</i>	<i>R (razão de consistência)</i>
<i>Geologia</i>	1	2/3	1/2	1/3	1/4	0,0012
<i>Densidade de drenagem</i>	1,50	1	5/6	1/2	1/3	0,12%
<i>Materiais inconsolidados</i>	2,00	1,20	1	2/3	1/2	
<i>Uso e ocupação</i>	3,00	2,00	1,50	1	2/3	
<i>Declividade</i>	4,00	3,00	2,00	1,50	1	
SOMA	11,50	7,87	5,83	4,00	2,75	
<i>Matriz Normalizada</i>						<i>Auto Vetor</i>
<i>Geologia</i>	0,0870	0,0847	0,0857	0,0833	0,0909	0,0863
<i>Densidade de drenagem</i>	0,1304	0,1271	0,1429	0,1250	0,1212	0,1293
<i>Materiais inconsolidados</i>	0,1739	0,1525	0,1714	0,1667	0,1818	0,1693
<i>Uso e ocupação</i>	0,2609	0,2542	0,2571	0,2500	0,2424	0,2529
<i>Declividade</i>	0,3478	0,3814	0,3429	0,3750	0,3636	0,3621

4. Resultados e Discussão

As Cartas de Potencial ao escoamento superficial foram geradas com base em uma soma ponderada de pesos para cada plano de informação utilizado. O resultado deste procedimento caracteriza o escoamento superficial na bacia hidrográfica do Ribeirão Bocaina de forma qualitativa, assim, quanto menor for o valor de cada pixel, conseqüentemente, menor é a velocidade do escoamento superficial e maior será a infiltração (**Figura 4**). Para a classificação das cartas foi utilizado o método *Natural Breaks* que visa buscar diferenças estatisticamente relevantes entre os pares adjacentes aos dados, assim, baseia-se em agrupamentos naturais inerentes aos dados (ESRI, 2016).

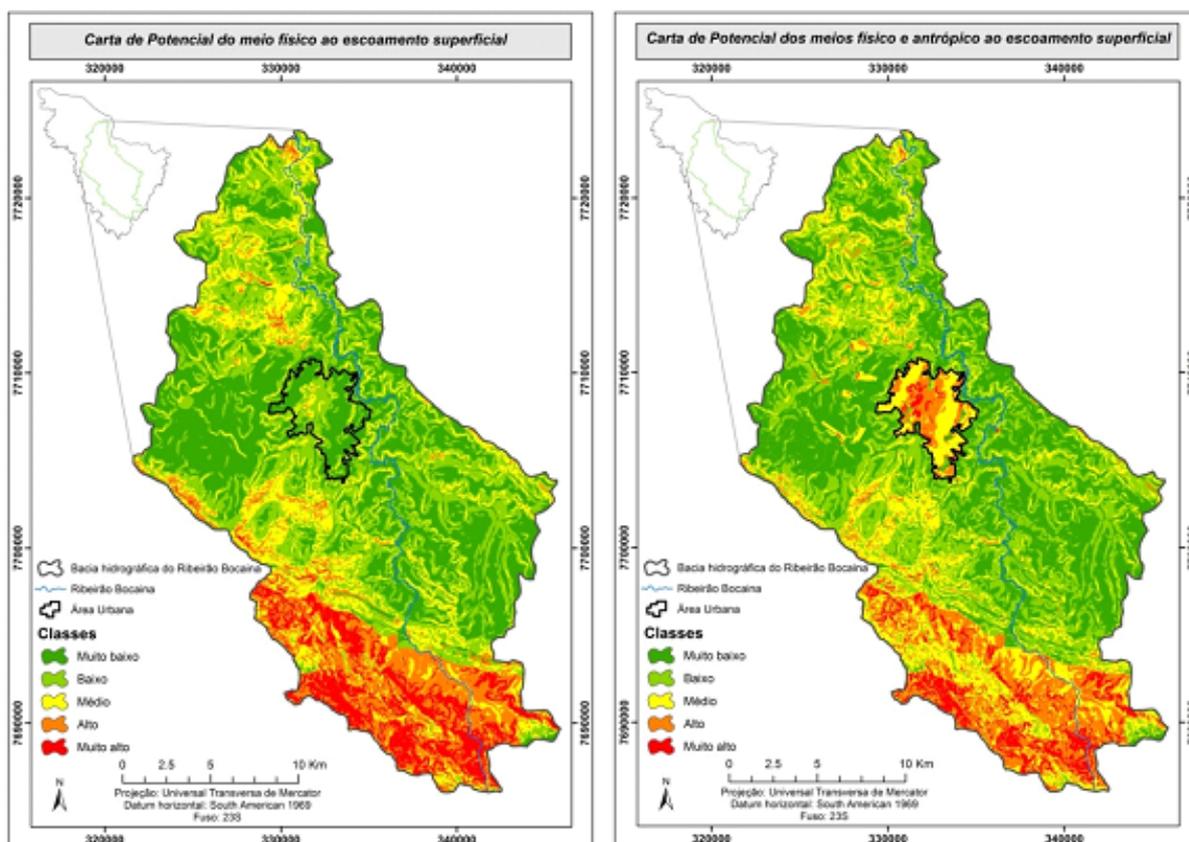


Figura 4. Carta de Potencial dos meios físico e antrópico ao escoamento superficial da bacia hidrográfica do Ribeirão Bocaina.

A Carta de Potencial dos meios físico e antrópico apresenta claramente a influência de uma área impermeabilizada no processo de escoamento superficial, perceptível onde está destacada a área urbana do município de Passos-MG. Sem a adição do uso e ocupação o local onde está situada a área urbana é classificado como muito baixo a baixo potencial, com pequena ocorrência da classe médio e alto potencial, já quando se considera o meio antrópico ficam evidenciadas as classes de médio a um potencial muito alto ao escoamento superficial.

No espaço urbano, a saturação de edificações e pavimentações alteram significativamente tanto a superfície topográfica, como a dinâmica hidrológica (GURNELL; LEE; SOUCH, 2007). Devido ao processo de urbanização, a impermeabilização do solo pode acontecer de maneira total ou parcial, assim, não possibilita a infiltração da água da chuva de forma eficiente, resultando no acréscimo de volume e o aumento da velocidade do escoamento superficial, que se agrupam nos arruamentos e galerias de águas pluviais (ARNOLD; GIBBONS, 1996).

Por outro lado, na cabeceira da bacia, em que as altas declividades tendem a aumentar o potencial de escoamento superficial, a consideração do uso do terreno, principalmente devido à presença de vegetação, promoveu uma diminuição nos potenciais alto e muito alto. Assim sendo, apesar da influência em áreas localizadas, não houve modificações significativas nos percentuais das diversas classes de escoamento na bacia como um todo (**Tabela 5**). Esta tabela apresenta as áreas e o percentual de áreas em cada classe, distribuídas na bacia hidrográfica, considerando tanto os atributos do meio físico como do meio antrópico.

Tabela 5. Áreas e percentual de áreas de cada classe da carta de potencial dos meios físico e antrópico ao escoamento superficial da bacia hidrográfica do Ribeirão Bocaina.

Classes	Meio físico		Meios físico e antrópico	
	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Muito baixo	146,7	32	145,4	31,7
Baixo	144,3	31,5	147,7	32,3
Médio	76,7	16,7	87,2	19,1
Alto	56	12,2	57,7	12,6
Muito alto	34,2	7,5	19,9	4,3
Área total da bacia hidrográfica = 457,9 km ²				

5. Conclusões

Este trabalho apresentou como objetivo elaborar a Carta de Potencial ao escoamento superficial para uma bacia hidrográfica, que contempla toda a área urbana da cidade de Passos-MG, utilizando atributos relacionados ao meio físico, bem como o antrópico, por meio da ponderação de pesos atribuídos aos planos de informação adotados, segundo metodologia definida por Pejon e Zuquette (1993). Deste modo, foram elaboradas duas cartas, uma que compreende somente planos de informação do meio físico, e outra que utiliza além das informações do meio físico, o uso e ocupação do solo. Com a adição do uso e ocupação pode-se perceber nitidamente que a influência deste atributo é considerável em áreas específicas, mas não alterou significativamente os potenciais de escoamento da área como um todo. No entanto, na área urbana e proximidades observou-se aumento importante do potencial de escoamento, o que pode vir a provocar inundações em partes da cidade.

Conclui-se que a aplicação desta metodologia permitiu verificar a potencialidade da área quanto a este processo, evidenciando quais os locais que demandam maiores cuidados quanto à sua ocupação, de forma a evitar o aumento do escoamento superficial e o agravamento dos problemas de inundação que a cidade já vem enfrentando. Os procedimentos metodológicos utilizados neste trabalho podem ser aplicados também na região do Pantanal, pois a área apresenta características fisiográficas que favorecem a ocorrência de inundação.

6. Referências

- ARNOLD, C. L. Jr; GIBBONS, C. J. Impervious Surface Coverage: the emergence of a key environmental indicator. **Journal Of The American Planning Association**, Chicago, v. 62, n. 2, p.243-258, jan./dez. 1996.
- COLLARES, E. G; GOMES, D. M. Geologia. In: COLLARES, E. G. **Zoneamento Ambiental das Sub-bacias Hidrográficas dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande: Aspectos dos Meios Físico e Biótico**. Passos: Edifesp, 2013. Cap. 6. p. 154-164.
- COLLARES, A. C. Z. B. Aspectos metodológicos: Hidrografia e caracterização morfométrica. In: COLLARES, Eduardo Goulart. **Zoneamento Ambiental das Sub-bacias Hidrográficas dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande: Aspectos metodológicos**. Passos: Edifesp, 2013. p. 151-162.
- DIAS, C. C. et al. Diagnóstico do uso e ocupação do solo. In: COLLARES, E. G. **Zoneamento Ambiental das Sub-bacias Hidrográficas dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande: Aspectos Socioeconômicos e de Uso e Ocupação do Solo**. Passos: Edifesp, 2013. Cap. 3. p. 138-153.
- DIAS, C. C. **Avaliação geoambiental da região do Médio Rio Grande**. 2013. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnologia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.
- ESRI. **How Kernel Density works**. 2016. Disponível em: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/tool-reference/spatial-analyst/how-kernel-density-works.htm#ESRI_SECTION1_B6405A4584AA4250BE7CB071928B60F1>. Acesso em: 23 jun. 2016.

ESRI. **Data classification methods**: Natural breaks (Jenks). 2016. Disponível em: <<http://pro.arcgis.com/en/pro-app/help/mapping/symbols-and-styles/data-classification-methods.htm>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

GURNELL, A.; LEE, M.; SOUCH, C. Urban Rivers: Hydrology, Geomorphology, Ecology and Opportunities for Change Geography Compass v. 1/5, p. 1118-1137, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Biomass**. 2016. Disponível em: <<http://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa349>>. Acesso em: 26 jun. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População 2010**. 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=3147907>>. Acesso em: 30 jun. 2016.

LIMA JÚNIOR, J. C. de. **Estudo do desempenho de barreiras de geotêxtil para contenção de sedimentos carregados pelo escoamento superficial**. 2014. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Guaratinguetá, 2014.

MAGRI, R. A. F. et al. Materiais Inconsolidados. In: COLLARES, E. G. **Zoneamento Ambiental das sub-bacias hidrográficas dos afluentes mineiros do Médio Rio Grande**: Aspectos dos Meios Físico e Biótico. Passos: Edifesp, 2013. p. 171-187.

PEIXOTO, V. C. **Análise paramétrica e dimensionamento de poços de infiltração para fins de drenagem urbana**. 2011. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

PEJON, O. J. **Mapeamento Geotécnico da Folha de Piracicaba - SP (Escala 1:100.000)**: Estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação dos atributos. 1992. 224 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

PEJON, O. J.; ZUQUETTE, L. V. Carta de potencial de escoamento superficial da folha de Piracicaba/SP. **Revista de Geociências**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 1015-1023, 1993.

SAATY, T. L., 1980. **The Analytic Hierarchy Process**. McGraw-Hill, New York.

SOUZA, C. A.; LANI, J L; SOUSA, J B. Origem e evolução do Pantanal Mato-grossense. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6., 2006, Goiânia. **Anais...** . Goiânia: 2006. p. 1 - 11.



Proposta de monitoramento da qualidade das águas do rio Cuiabá, com o uso de processos estatísticos e de geotecnologia, prevendo possíveis impactos ambientais à Região do Pantanal

Claudionor Alves da Santa Rosa

Faculdade de Tecnologia Victor Civita-FATEC
Rua Adolfo Severino Candido, 186 – Parque Santa Thereza
06340-690 - Carapicuíba, SP - Brasil
csrrosa@terra.com.br

Resumo. A proteção dos recursos hídricos envolve o monitoramento e avaliação de sua qualidade ao longo do tempo e em locais distintos dos rios, com o objetivo de controlar os lançamentos de poluentes e manter aceitável a qualidade da água para tratamento e de proteção à biota. Prevendo futuros impactos ambientais à Região do Pantanal, com lançamento de poluentes em suas águas, este trabalho tem como objetivo propor metodologia de monitoramento da qualidade das águas do rio Cuiabá, Estado de Mato Grosso, Região Hidrográfica do Paraguai, tendo como parâmetro as estações CBA406 CBA437, CBA464 e CBA561, com o uso de processos estatísticos e de geotecnologia. Concluiu-se que, a qualidade das águas nas estações está em crescente degradação, o que pode comprometer a qualidade futura das águas para tratamento e posterior distribuição à população da região, afetando, inclusive, a biota, se mantidas as condições atuais, o que requer metas e ações para reverter este processo.

Palavras-chave: rio Cuiabá, qualidade das águas, Pantanal, regressão linear, geotecnologia.

Abstract. The protection of water resources involves monitoring and evaluation of their quality over time and in different places of the rivers in order to control pollutant releases and maintain acceptable water quality for treatment and protection of biota. Anticipating future environmental impacts to the Pantanal, with discharge of pollutants in their waters, this work aims to propose monitoring methodology of the quality of the river Cuiaba, Mato Grosso, Hydrographic Region of Paraguay, having as parameter the points CBA406, CBA437, CBA464 and CBA561, using statistical techniques and geospatial. It was concluded that the water quality at points is degradation, which can compromise the future quality of water for treatment and subsequent distribution to the population of the region, affecting the biota if kept current conditions, which it requires goals and actions to reverse this process.

Keywords: Cuiabá River, water quality, Pantanal, linear regression, geospatial.

1. Introdução

A Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá localizada no Estado de Mato Grosso, compõe um importante manancial para a população. A sub-bacia do Alto Cuiabá corresponde ao trecho das cabeceiras do rio, enquanto a sub-bacia do Médio Cuiabá abrange, em parte, área característica do Pantanal Mato-grossense (Chiaranda; Colpini; Soares, 2016).

O Rio Cuiabá, com cerca de 750 quilômetros de extensão, percorre os estados de Mato Grosso e de Mato Grosso do Sul até a confluência com o Rio São Lourenço. Este, com 230 quilômetros, segue até o Rio Paraguai (Antaq, 2013).

O rio Cuiabá, em virtude de sua importância no contexto regional, representa o principal polo de ocupação e desenvolvimento do estado de Mato Grosso, sendo um dos principais afluentes do complexo Pantanal (Libos; Lima, 2002). Os usos da água na região são mais significativos para a agropecuária; no entanto, a demanda urbana cresce, com possível crescimento de uso para a agrícola irrigada (MMA, 2006).

A retirada da cobertura vegetal, inclusive das matas ciliares, agrava os processos erosivos, modifica o regime hidrológico, diminui a qualidade das águas e a quantidade disponível nos mananciais (Vargas, 1999). E o lançamento de esgoto doméstico e industrial nos rios, modifica os ciclos naturais das águas, comprometendo a autodepuração (Santa Rosa, 2013).

Os municípios polos da Região Metropolitana do Vale do Rio Cuiabá, são os principais responsáveis pelo lançamento de efluentes de poluição doméstica e industrial lançados no rio Cuiabá, além da falta de esgotamento sanitário, limpeza urbana, coleta de lixo, drenagem (IPEA, 2015). A poluição das águas em regiões do Pantanal pode afetar o desenvolvimento econômico, social e ambiental de toda a região.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é propor metodologia de monitoramento da qualidade das águas do rio Cuiabá, tendo como modelo as estações de monitoramento CBA406, CBA437, CBA464 e CBA561, utilizando o IQA, senso National Sanitation Foundation (IQA/NSF) e respectivas tendências ao longo do tempo, por regressão linear, contribuindo com os órgãos competentes na adoção de medidas de proteção presente e futura de suas águas.

3. Materiais e métodos

Os materiais e métodos adotados para se atingir os objetivos propostos, estão a seguir apresentados segundo as atividades pesquisadas.

3.1. Estações de amostragem

As estações de amostragem CBA406, CBA437, CBA464 e CBA561, localizam-se na bacia do rio Cuiabá, Estado do Mato Grosso, Região Hidrográfica do Paraguai (**Figura 1**).

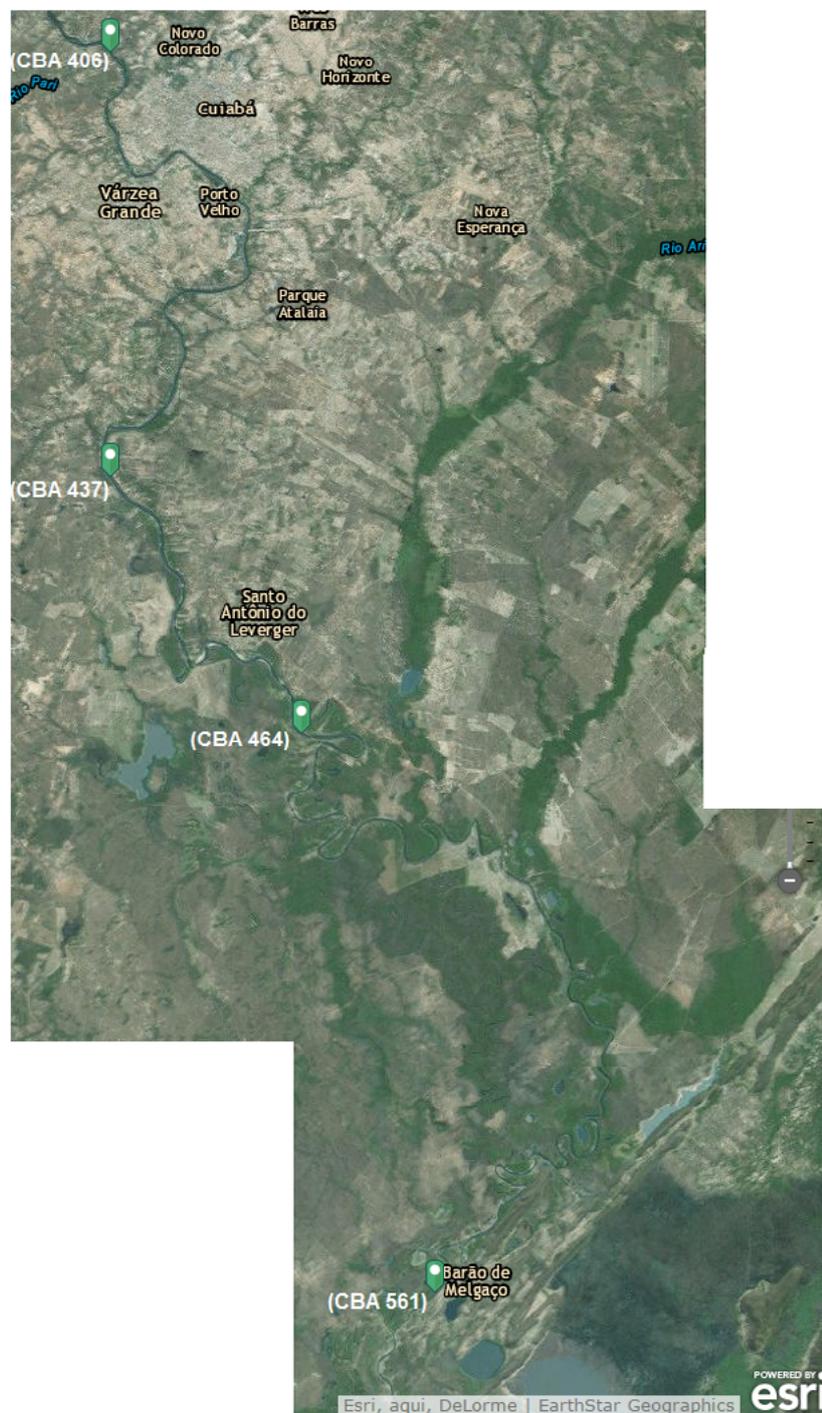


Figura 1. Localização das estações de monitoramento no rio Cuiabá-MT.
Fonte: SEMA (2016); Landsat 7 (2016).

As duas primeiras estações localizam-se no município de Cuiabá, a terceira no município de Santo Antônio do Leverger e a última no município de Barão de Melgaço (**Tabela 1**).

Tabela 1. Estações de monitoramento da qualidade das águas no Rio Cuiabá.

Nome da Estação	Município	Código da Estação	Altitude	Coordenadas
Passagem da Conceição	Cuiabá	CBA406	156	15°33'53,52" S - 56°8'29,83" W
Jusante do Córrego Ribeirão dos Cocais	Cuiabá	CBA437	146	15°46'51,03" S - 56°8'34,59" W
Praia do Poço	Santo Antônio do Leverger	CBA464	142	15°54'48,22" S - 56°1'47,27" W
Jusante de Barão de Melgaço	Barão de Melgaço	CBA561	138	16°11'43,19" S - 55°58'7,27" W

Fonte: SEMA (2016)

A distância percorrida pelas águas, seguindo o canal de escoamento do rio Cuiabá, entre as estações de monitoramento CBA406 e CBA437 é cerca de 38 km; entre as estações CBA437 e CBA464 é de cerca de 35 km e, entre as estações CBA464 e CBA561 é de cerca de 64 km.

3.2. Levantamento de dados da qualidade das águas

Os dados do IQA das águas do rio Cuiabá, nas estações de monitoramento CBA406, CBA437, CBA464 e CBA561, entre os anos 2003 e 2014, é uma coleção de dados disponibilizados pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA).

O Índice de Qualidade da Água (IQA) foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (NSF), com base no método DELPHI (da *Rand Corporation*), uma técnica de pesquisa de opinião que pode ser utilizada para extrair informações de um grupo de profissionais, buscando uma maior convergência nos dados dos parâmetros para avaliar a qualidade da água bruta, visando seu uso para o abastecimento público, cujas variáveis indicam, principalmente, o lançamento de esgotos domésticos. Este índice também pode indicar contribuições de efluentes industriais, desde que sejam de natureza orgânica biodegradável (CETESB, 2003; SEMA, 2005; ANA, 2013).

O IQA retrata através de um único índice, a qualidade das águas em determinada estação de monitoramento e podem ser interpretados como “notas”, retratando a qualidade das águas variando de “péssima” a “excelente”, ou que permitam inferências sobre alguns aspectos específicos sobre o curso d’água, tal como biodiversidade e toxicidade (Sperling, 2007).

O IQA adotado pela SEMA define um conjunto de nove parâmetros considerados mais representativos para a caracterização da qualidade das águas, atribuído um peso para cada parâmetro, de acordo com sua importância relativa ao cálculo do IQA (**Tabela 2**)

Tabela 2. Variação dos parâmetros de qualidade das águas para o cálculo do IQA.

Item	Parametro	Unidade	Peso (w)
1	Oxigênio Dissolvido	% saturação	0,17
2	<i>Escherichia coli</i>	NMP/100ml	0,15
3	pH	-	0,12
4	DBO5	mg O2/L	0,10
5	Nitrogênio Nitrato	mg N/L	0,10
6	Fósforo Total	mg P/L	0,10
7	Turbidez	UNT	0,08
8	Sólidos Totais	mg/L	0,08
9	Temperatura de Desvio	°C	0,10

Fonte: SEMA (2016)

O IQA final é calculado como um produto das notas individuais de cada parâmetro, eleva-

das aos respectivos pesos. Os valores do índice variam entre 0 e 100 (**Tabela 3**).

Tabela 3. Faixa de variação para avaliação do IQA.

Classificação	Faixa de variação
ÓTIMA	91 < IQA ≤ 100
BOA	71 < IQA ≤ 90
REGULAR	51 < IQA ≤ 70
RUIM	26 < IQA ≤ 50
PÉSSIMA	00 < IQA ≤ 25

Fonte: SEMA (2016)

Conforme SEMA (2016), a seguinte fórmula é utilizada para determinação do IQA:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (2)$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

qi: qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (3)$$

Em que:

n: número de parâmetros que entram no cálculo do IQA.

No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas que, indicada pelo IQA, é classificada para abastecimento público.

Esse índice é usado como acessório na interpretação de dados, auxiliando na avaliação dos resultados, e representa a qualidade da água numa escala numérica, pois fornece um meio de julgar a efetividade de medidas de controle ambiental, podendo dar uma ideia geral da tendência de evolução da qualidade ao longo do tempo, além de permitir uma comparação entre diferentes corpos hídricos e também o comportamento do mesmo corpo hídrico em diferentes períodos (SEMA, 2016) e locais.

É importante salientar que esse índice obtido através do IQA apresenta algumas limitações, uma vez que o índice não contempla outros parâmetros, tais como: metais pesados, compostos orgânicos com potencial mutagênico, substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água e o potencial de formação de trihalometanos das águas de um manancial (CETESB, 2003; ANA, 2013).

A Resolução nº 357, de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), classifica as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional em treze classes, segundo seus

usos preponderantes. As águas doces são classificadas em: Classe Especial, Classe 1, Classe 2, Classe 3 e Classe 4. Segundo o artigo 42 da referida Resolução, enquanto não forem feitos os enquadramentos, as águas doces serão consideradas de Classe 2. Portanto, os corpos d'água das sub-bacias do rio Paraguai, devem ser considerados como de Classe 2 até que sejam realizados os enquadramentos de seus trechos. As águas da Classe 2 são destinadas ao abastecimento para o consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho e, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, à aquicultura e à atividade de pesca.

3.3. Análise de dados

Neste trabalho foi aplicada a estatística descritiva conforme Kurata et al., (1989); a previsão, predição, tendências futuras e comportamentos conforme Rubio (2012). As séries temporais segundo Teixeira (2008), Reboita (2005) e Migon (2013). A regressão linear conforme Toledo e Ovalle (1985), Teixeira (2008) e Iezzi et al. (1978).

4. Resultados e Discussão

As séries temporais analisadas, por meio de regressão linear, nas quatro estações de monitoramento apresentam tendências ao longo do período de coleta de dados (Figura 2).

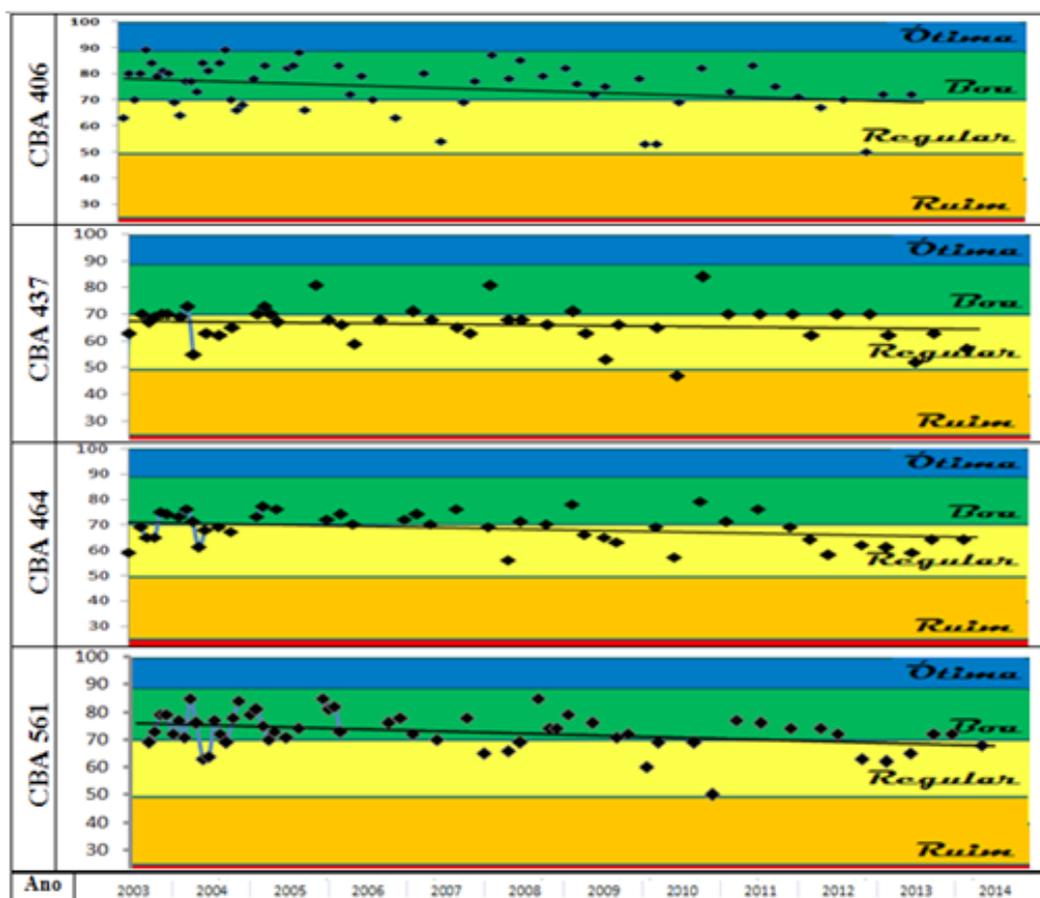


Figura 2. Estações de monitoramento no rio Cuiabá: Séries temporais e regressão linear do IQA (2003 a 2014).

Fonte: SEMA (2005, 2006, 2010, 2014, 2016). Dados trabalhados pelo autor.

Observa-se na **Figura 2**, tendência de decréscimo do IQA em todas as estações de monitoramento.

A **Tabela 4** apresenta a equação da reta, o ano de probabilidade das respectivas classificações do IQA e variação percentual durante o período de monitoramento.

Tabela 4. Regressão linear do IQA e respectivas variações percentuais (2003 a 2014)

Estações de monitoramento	Equação da reta (regressão linear)	Varição durante o período de monitoramento (%)	Ano em que atingiu a classificação boa	Ano em que atingiu a classificação regular	Ano em que atingirá a classificação ruim	Ano em que atingirá a classificação péssima
CBA406	$y = -0,065x + 78,23$	-11,96	1987	2013	2039	2071
CBA437	$y = -0,022x + 67,55$	-4,68	1917	1993	2069	2164
CBA464	$y = -0,045x + 71,36$	-9,08	1968	2005	2042	2088
CBA561	$y = -0,057x + 76,11$	-10,78	1982	2012	2041	2077

Fonte: SEMA (2005, 2006, 2010, 2014, 2016). Dados trabalhados pelo autor.

Na **Tabela 4** nota-se a aproximação entre os anos em que as estações CBA406, CBA464 e CBA561 atingirão a classificação ruim: 2039, 2042 e 2041, respectivamente. O que representa um tempo muito curto em que as águas nessas estações tornar-se-ão impróprias para tratamento para rios de classe 2.

O **Figura 3** é uma representação gráfica da **Tabela 4**, apresentando a previsão dos limites de classificação do IQA nas estações de monitoramento, ao longo do tempo, obedecendo as distâncias entre estações.

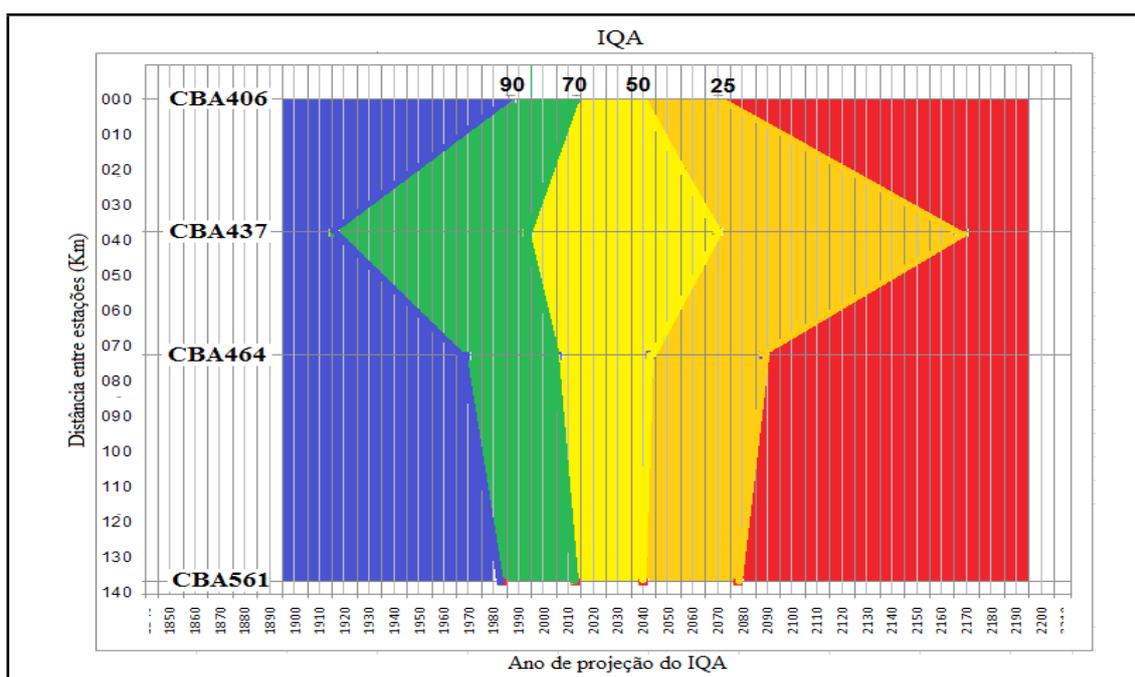


Figura 3. Previsão e predição dos limites de classificação do IQA (por estação de monitoramento)

Fonte: SEMA (2005, 2006, 2010, 2014, 2016). Dados trabalhados pelo autor.

Na **Figura 4**, pode-se analisar por estação de monitoramento:

- a) as águas na estação CBA406 possuem baixa eficiência no processo de autodepuração. Isto é observado pelo estreitamento entre a aproximação dos períodos de probabilidade de mudança de classificação do IQA;
- b) na estação CBA437, nota-se maior afastamento dos períodos de probabilidade de mudança de classificação do IQA, demonstrando maior eficiência na autodepuração no tempo presente;
- c) na estação CBA464, o período de mudança de período de probabilidade é bem menor em relação ao anterior, porém maior do que a estação CBA406; e
- d) A estação CBA561 assemelha-se à estação CBA406.

5. Conclusões e Sugestões

As estações de monitoramento CBA406, CBA464 e CBA561 estão em plena degradação da qualidade de suas águas, podendo tornar-se imprópria para tratamento, se mantidas as condições atuais, atingindo a classificação ruim, em média, dentro de 25 anos.

Mesmo que ocorra o tratamento, as altas concentrações de poluentes, leva ao uso de produtos químicos em excesso, como o cloro. Este pode reagir com outros compostos na água e produzir substâncias impróprias à saúde humana, conforme Branco (1965) citado por Bittencourt (1966), Carneiro e Leite (2008) e Marmo, Santos e Bresola Jr (2009).

Além da possibilidade de trazer riscos à saúde pública, água bruta com alta concentração de poluentes determina os custos de tratamento para abastecimento público, face às inúmeras substâncias lançadas nos cursos d'água, tornando o tratamento cada vez mais oneroso.

A mancha de poluição que surgirá ao longo do rio Cuiabá poderá atingir a área do pantanal. Caso semelhante ocorre no rio Tietê, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). Em 2015, a mancha de poluição chegou a 157 km (G1.GLOBO, 2015). E este não é o principal fator. Uma das fontes de poluição nos rios e que gera preocupação, são os sedimentos contaminados por substâncias tóxicas e potencialmente tóxicas.

Conforme Mortatti, Hissler e Probst (2010), os metais pesados lançados no rio Tietê na RMSP, como Cr, Cu, Ni, Zn e Pb, foram encontrados em elevadas concentrações nos sedimentos da Barragem de Barra Bonita, a 300 km de São Paulo.

Casos semelhantes foram relatados por Heinrich (2011) no Rio Belém; por Sampaio (2003) na bacia do Alto Paraguai; por FEAM; IGAM e IEF (2005) no rio São Francisco; no rio das Velhas por Minas Gerais (2013) e tantos outros.

Os metais como o cobre, zinco, cádmio, níquel, mercúrio e chumbo lançados no ambiente, atingem os lençóis freáticos, córregos, riachos e ficam depositados no fundo dos rios, afetando as espécies bentônicas além de poder retardar ou inibir o processo biológico aeróbico ou anaeróbico e serem tóxicos aos organismos vivos. O uso de defensivos agrícolas contribui na acumulação de metais pesados nos sedimentos devido ao arraste da camada do solo por processo de erosão (Medeiros, 2005).

Durante o período de chuvas, eleva-se a vazão dos rios e aumenta a capacidade de transporte dos sedimentos contaminados, o que pode comprometer a qualidade das águas, tanto para consumo humano como para a sobrevivência da biota aquática.

No sentido de interromper o processo de degradação das águas do rio Cuiabá e com possibilidade de atingir os rios do pantanal à jusante, são propostas as seguintes recomendações:

1. Estabelecer metas e controle das descargas de poluentes, até reverter o processo de queda do IQA, até chegar a um nível aceitável de qualidade da água, restabelecendo os principais processos de autodepuração e equilíbrio no meio aquático.
2. Montar uma agenda de vistorias periódicas em toda extensão do rio Cuiabá, pelos mu-

nícipios que fazem parte de sua bacia, acompanhados pela SEMA, avaliando possíveis assoreamentos, lançamentos de dejetos sólidos, líquidos e fertilizantes, com o objetivo de fiscalizar possíveis irregularidades cometidas por indústrias, inclusive agropecuária, municípios e o próprio poder público;

3. Elaboração de um plano de gestão e manejo da bacia do rio Cuiabá, com planejamento urbano e ambiental, envolvendo um programa de despoluição do rio, pela SEMA e prefeituras locais, com afastamento, coleta e tratamento de 100% dos resíduos líquidos e sólidos, seja doméstico ou industrial, objetivando a manutenção da qualidade do efluente final, dentro dos padrões de lançamento da legislação brasileira, com metas anuais;

4. Incluir nesse Plano a recuperação da mata ciliar, na área de APP em toda sua extensão, preservando a mata existente e recuperando as áreas desprotegidas;

5. Ampliar o estudo da qualidade das águas do rio Cuiabá, para melhor avaliar o grau de degradação;

6. O uso de geotecnologias, com o mapeamento cadastral e distribuição geográfica georreferenciada das fontes de poluição, identificando-as e classificando-as, para auxiliar no monitoramento e possíveis soluções quanto à qualidade da água ao longo do rio Cuiabá;

7. Criação de uma rede de estações de monitoramento georreferenciadas de qualidade das águas, utilizando o IQA, ao longo do rio Cuiabá e de seus afluentes;

8. Criação de um arquivo histórico com os dados obtidos nos pontos georreferenciados de qualidade das águas em toda a bacia do Cuiabá;

9. Implantação de campanhas de educação ambiental para toda a população, especialmente nas redes escolares, conscientizando dos impactos negativos ao meio ambiente, decorrente do lançamento de resíduos sólidos e líquidos na bacia do rio Cuiabá.

6. Referências

- Abelho, M. Manual de monitorização microbiológica ambiental: Qualidade microbiológica da água. Lisboa: 2010. [Curso de Especialização Tecnológica em Qualidade Ambiental]. Disponível em http://www.esac.pt/Abelho/Monitor_ambiental/Manual%20parte%202.pdf. Acesso em 13/03/2012.
- ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Bacia do Paraguai: Plano Nacional de Integração Hidroviária. Laboratório de Transportes e Logística - LABTRANS/Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC. 2013.
- ANA. Agência Nacional da Água. Índice de Qualidade das Águas. Disponível <http://pnqa.ana.gov.br/indicadoresQA/IndiceQA.aspx>. Acesso em 23/02/2013.
- Azevedo Netto, J. M. Poluição e desenvolvimento. **Revista DAE – Sabesp**. São Paulo, SP: Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo – Sabesp, São Paulo, SP, v.35, n.101, p. 9-57, s.d., 1975.
- Rosegrant, M. W.; Cai, X.; Cline, S. A. **Global Water Outlook to 2025: Averting an Impending Crisis**. The International Food Policy Research Institute (IFPRI). International Water Management Institute 2002). Disponível em <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/16144/1/fp02ro01.pdf>. Acesso em 01/08/2015.
- Bittencourt, A. J. Aspectos higiênicos: Aspectos de qualidade. In: GUIMARÃES, Fausto Pereira. **Hidrobiologia**. Curitiba, PR: Escola de Engenharia da Universidade Federal do Paraná e Organização Pan-Americana de Saúde, 1966. 313 p.
- Branco, Samuel Murgel. **Limnologia sanitária, estudos de La polucion de águas continentales**. Washington, D.C.: Secretaria General de La Organización de los Estados Americanos; 1984. 121 p.
- Carneiro, T. G.; Leite, F. Cianobactérias e suas toxinas. **Revista Analytica**. São Paulo, SP. N. 32, p. 36 a 41, jan. 2008. Disponível em http://www.revistaanalytica.com.br/ed_antiores/32/Art02.pdf. Acesso em 24/03/2011.
- CETESB. Centro Tecnológico de Saneamento Básico. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo: 2003 / CETESB. - São Paulo: CETESB, 2004. 266 p.

Chiaranda, R.; Colpini, C.; Soares, T. S. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá. **Advances in Forestry Science**. ISSN: 2357-8181. Adv. For. Sci., Cuiabá, v.3, n.1, p.13-20, 2016

Iezzi, Gelson et al. **Matemática**. São Paulo: Atual, 1978.

Kurata, K. et al. Estatística: Notas de Aula e Exercícios. Faculdade de Tecnologia de São Paulo-FATEC-SP. São Paulo, SP, 1989. 56 f.

Libos, M. I. P. C.; Lima, E. B. N. R. Impactos das contribuições de efluentes domésticos e industriais na qualidade da água na bacia do rio Cuiabá – perímetro urbano. In: VI Simpósio Ítalo-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2002, Vitória, Brasil. **Anais**. p. 1-6. Disponível na biblioteca digital <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/sibesa6/ccxxii.pdf>. Acesso em: 08 agos. 2016.

Marmo, C. R.; Santos, B. V. A. P.; Bresaola Jr, R. Formação de trihalometanos em águas contendo ácidos húmicos, tratadas com cloro livre na pré-oxidação. **Revista DAE**, São Paulo: SABESP. Número 179. ISSN 0101 – 6040. p. 51 a 54, Janeiro 2009.

Migon, H. Análise de Séries Temporais. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Matemática. Departamento de Métodos Estatísticos. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em <http://acd.ufrj.br/~dani/pdf/slidespartefrequentista.pdf>. Acesso em 23/02/2013.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos – Brasília: MMA, 2006. 140 p. : il. color. ; 27cm. ISBN 85-7738-063-7

Reboita, M. S. Introdução à Estatística Aplicada à Climatologia. Parte III – Análise de Séries Temporais. Universidade de São Paulo-USP: 2005. São Paulo, SP, 2005. 39 p. Disponível em <http://mirabeli.meteo.furg.br/aulas/Poligrafos/PoligrafoMichelleIII.pdf>. Acesso em 25/02/2013.

Rubio, A. L. **Administração de materiais: a logística na cadeia do fornecimento e dos estoques**. Pagina 10. Sorocaba, SP. 284 p. Disponível em <http://www.pagina10.com.br/downloads/4.pdf>. Acesso em 04/07/2012.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Superintendência de Recursos Hídricos – SURH. Relatório de Monitoramento Qualidade da Água Bacia do Rio Cuiabá 2003 – 2004. Cuiabá: SEMA; SURH, 2005. 78 p. color; 29cm.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Superintendência de Recursos Hídricos – SURH. Relatório de Monitoramento Qualidade da Água Bacia das águas da Sub-Bacia do Rio Cuiabá-MT, 2005. Cuiabá: SEMA; SURH, 2006. 55 p. color; 29cm.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Superintendência de Recursos Hídricos – SURH. Relatório de Monitoramento Qualidade da Água Bacia das águas da Região Hidrográfica do Paraguai –MT 2007 - 2009. Cuiabá: SEMA; SURH, 2010. 93 p. color; 29cm.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Superintendência de Recursos Hídricos – SURH. Relatório de Monitoramento Qualidade da Água Bacia das águas da Região Hidrográfica do Paraguai - MT 2010 – 2011. Cuiabá: SEMA; SURH, 2014. 129 p. color; 29cm.

SEMA. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Superintendência de Recursos Hídricos – SURH. Relatório de Monitoramento Qualidade da Água Bacia das águas da Região Hidrográfica do Paraguai - MT 2012 – 2014. Cuiabá: SEMA; SURH, 2016. 147 p. color; 29cm.

Sperling, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água rios**. Belo Horizonte, MG: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. 2007. 507 p.

Teixeira, Daniel Mandim. **Estatística descomplicada**. Brasília, DF: Vestcon, 2008. 234 p.

Toledo, Geraldo Luciano; Ovalle, Ivo Izidoro. **Estatística Básica**. São Paulo, SP: Atlas, 1985. 460 p.

G1.Globo. Mancha de poluição no rio Tietê mais que dobra em um ano, diz ONG. 2015. Disponível em <http://g1.globo.com/sao-paulo/sorocaba-jundiai/noticia/2015/09/mancha-de-poluicao-no-rio-tiete-mais-que-dobra-em-um-ano-diz-ong.html>. Acesso em 04/06/2016.

Vargas, M. O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema sócio-ambiental. **Ambiente & Sociedade**. Ano II. No 5. p. 109-134. 2o Semestre de 1999.

Santa Rosa, Claudionor Alves da. **Evolução da qualidade das águas do Rio Cotia DE 1970 a 2010, Região Metropolitana de São Paulo, SP**. 2013. 232 f. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Análise Geoambiental) –

Universidade de Guarulhos, Centro de Pós-Graduação e Pesquisa. Guarulhos, SP. 2013.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Governança Metropolitana no Brasil: Região Metropolitana do Vale do Rio Cuiabá. Rio de Janeiro, 2015. Relatório.

Landsat 7 ETM + SLC-off (2003-presente): imagem de satélite. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1 fotografia aérea. s/ escala. Banda 3, 4, 5 e composição colorida.

Mortatti, J. Hissler, C. Probst, J. Distribuição de Metais Pesados nos Sedimentos de Fundo ao Longo da Bacia do Rio Tietê. **Revista do Instituto de Geociências – USP**. Geol. USP, Sér. cient., São Paulo, v. 10, n. 2, p. 3-11, julho 2010.

Heinrich, Alessandra Belotserkovets. **Avaliação prévia de contaminantes químicos para decisão de destinação de sedimentos do desassoreamento do Rio Belém**. 2011. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Paraná, SENAI - PR, *Universität Stuttgart*, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente Urbano e Industrial. 124 f. Curitiba, 2011.

Sampaio, Antônio Carlos Silva. **Metais pesados na água dos rios da bacia do Alto Paraguai**. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. Programa de pós-graduação em tecnologias ambientais. 2003. *Dissertação (Mestrado em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos)*. 56 p. Campo Grande, dezembro de 2003.

FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente. IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. IEF. Instituto Estadual de Florestas. Relatório Técnico: mortalidade de peixes: rio São Francisco. 2005. Disponível em <http://www.worldfish.org/PPA/PDFs/Semi-Annual%20VI/E-11a.pdf>. Acesso em 14 agos. 2016.

Minas Gerais (Estado). Identificação de municípios com condição crítica para a qualidade de água na bacia do rio das Velhas. Governo do Estado de Minas Gerais. Sistema Estadual de Meio Ambiente. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Gerência de Monitoramento Hidrometeorológico. Relatório 2013. Belo Horizonte, 2013.



Análise multiescala como abordagem do impacto do uso da terra na qualidade da água fluvial da bacia Paraguai/Diamantino em Mato Grosso, Brasil

Adriana Ferreira Lima 1
Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin 2
Sandra Mara Alves da Silva Neves 3
Danielle Storck - Tonon 1

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso- UNEMAT
Rod. MT 358 Km 07 Caixa Postal 287, Jardim Aeroporto
78.300-000 - Tangará da Serra - Mato Grosso, Brasil
{lima.adrianaferreira87, danistorck}@gmail.com

² Universidade do Estado de Mato Grosso- UNEMAT
Rua A, S/n, Cohab São Raimundo,
78390-000 - Barra do Bugres - Mato Grosso, Brasil
galvaninbbg@unemat.br

³Universidade do Estado de Mato Grosso- UNEMAT
Av. Santos Dumont, Bloco 1, Sala 09. Santos Dumont - Cidade Universitária
78000-200 Cáceres, MT - Brasil
ssneves@unemat.br

Resumo. Este estudo investiga a bacia Paraguai/Diamantino, importante área na formação do bioma Pantanal, considerado uma das maiores áreas úmidas do planeta, declarado como patrimônio nacional pela constituição federal do Brasil. O objetivo deste estudo é avaliar a influência do uso e cobertura da terra em diferentes escalas, sobre a qualidade da água da bacia Paraguai/Diamantino, Mato Grosso, Brasil. Para verificar se há diferença entre as escalas em cada ponto procedeu-se a utilização de testes estatísticos. A análise do uso e cobertura da terra foi realizada por meio do uso de imagens do satélite RapidEye. Foi realizada a classificação não supervisionada das imagens, sendo definidas três classes de uso da terra: Floresta Estacional sempre – verde, Cerrado e Usos Antrópicos. No *software* ArcGis, definiu-se as escalas por meio da ferramenta *multibuffer* com raio de 50, 500 e 1000 metros no entorno de cada ponto de coleta. As coletas foram do tipo simples, de superfície em 9 pontos dos principais afluentes da bacia. Por meio da aplicação da ANOVA nas três escalas em cada ponto, verificou-se que houve diferença significativa apenas no ponto 1, em ambos os períodos analisados, o teste de Tukey mostrou que existe diferença entre as escalas de 50 e 1000 m neste ponto. Os Usos Antrópicos influenciaram no assoreamento e aumento da Turbidez no Rio Paraguai e a presença da zona urbana, com os despejos domésticos, ocasionaram o aumento do Nitrogênio Total, resultados constatados no período de chuva, comprometendo assim a qualidade da água para o abastecimento.

Palavras-chave: escala, rio Paraguai, processamento de imagens, qualidade da água.

Abstract. This study investigates the Paraguai/Diamantino basin, an important area in the formation of the Pantanal, considered one of the largest wetlands in the world, declared as national heritage by the Federal Constitution of Brazil. The aim of this study is to evaluate the influence of land use and land cover in different scales on the water quality of Paraguai/Diamantino basin, Mato Grosso, Brazil. To verify for the difference between the scales at each point we proceeded to the use of statistical tests. The analysis of land use and land cover was performed by RapidEye satellite images. The unsupervised classification of images was performed and defined three different land use classes: evergreen seasonal Forest, Cerrado and Uses Anthropogenic. In the ArcGis software, the scales were defined by multibuffer tool, with radius 50, 500 and 1000 meters at each point. The collections were the simple type of surface at 9 points of the main tributaries of the basin. By applying ANOVA on three scales at each point, it was found that there was a significant difference only in the point 1, in both periods analyzed, the Tukey test showed that there is difference between the scales of 50 to 1000 m in this point. The main use of this point in both scales was cerrado class. The Anthropogenic Uses class influence the siltation and increased turbidity in Rio Paraguay and the presence of urban zones, with domestic effluents, cause the increase in Total Nitrogen, results observed in the rainy season, thus compromising the quality of water for supply.

Key-words: scale, Paraguay river, image processing, water quality.

1. Introdução

Os processos naturais como chuva, erosão e carreamento de sedimentos; bem como processos antropogênicos como urbanização, industrialização e agricultura, contribuem para a perda de qualidade de recursos hídricos e podem determinar a qualidade da água de uma região (Singh et al., 2009).

A mudança no uso da terra pode modificar as características geomorfológicas e intensificar as fontes de poluição dos sistemas fluviais constituindo em fator decisivo para a qualidade da água dos rios de uma bacia hidrográfica. Nem sempre as formas de uso da água são adequadas a um planejamento de uso e cobertura da terra, induzindo a alterações frente à expansão e desenvolvimento das atividades antrópicas (Espíndola, 2012; Zhou et al., 2012).

As mudanças não ocorrem de maneira uniforme em todas as regiões, assim, a extensão e as características do impacto do uso da terra e as alterações na qualidade variam de acordo com a escala em que se encontram (Tu e Xia, 2006).

Muitos estudos buscam responder como as alterações do uso da terra afetam a qualidade da água através da análise das relações entre uso da terra e indicadores de qualidade da água em várias escalas espaciais (Tu e Xia, 2006), como o uso da escala de bacias hidrográficas e de reserva de mata ciliar podem interferir nos resultados das diferentes variáveis de qualidade da água (Sliva e Williams, 2001) e a influência da escala da mata ciliar na retenção de sedimentos (Hook, 2003).

Nesse contexto, torna-se necessário estudos que contemplem uma visão estratégica para a preservação e demonstrem em quais níveis esses usos interferem na qualidade da água.

Este estudo investiga a bacia Paraguai/Diamantino, importante área na formação do Bioma Pantanal, considerado uma das maiores áreas úmidas do planeta, declarado como patrimônio nacional pela constituição federal do Brasil de 1988 (BRASIL, 1988) e reserva da Biosfera (UNESCO, 2000).

A colonização dessa região teve início em 1728, com a mineração de ouro e diamante, impulsionando a migração para essa região, até a década de 1960 a sua base econômica era a mineração, a lavoura de subsistência e a pecuária elementar (Casarin, 2008; Lira, 2011, Zolinger, 2002).

Casarin (2007, pg. 37) relatam que “as atividades econômicas desenvolvidas na região mudaram a paisagem geográfica, principalmente, pela atividade mineradora que além de desmatar produziu fortes cicatrizes com as escavações de extensas áreas”.

O uso inadequado do solo e dos recursos hídricos nesta região vem gerando grande

quantidade de sedimentos, que ao longo dos anos têm ocasionado o assoreamento dos rios e oscilações nos padrões de alagamento na planície pantaneira e eventuais alterações da qualidade da água e do regime hidrológico do Planalto podem ter impactos importantes na região do Pantanal (Allasia, 2004; Cunha e Junk, 2004).

2. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo avaliar a influência do uso e cobertura da terra em diferentes escalas, sobre a qualidade da água da Bacia Paraguai/Diamantino, Mato Grosso, Brasil.

3. Material e Métodos

3.1 Área de estudo

A Bacia Hidrográfica Paraguai/Diamantino (BHPD) possui uma área de 695,00 Km², localizada no centro norte do estado de Mato Grosso, entre as coordenadas geográficas de 56°28'29" a 56°30'55" de Latitude Sul e 14°27'22" a 14°22'55" de Longitude Oeste, compreende a região das nascentes do Rio Paraguai (**Figura 1**).

A BHPD está inserida nos municípios de Alto Paraguai e Diamantino, totalizando 8 sub-bacias cujos principais tributários são: Rio Paraguai, Rio Diamantino, Córrego Frei Manoel, Ribeirão Buriti, Córrego Mato Seco, Córrego Macaco, Córrego Amolar e Ribeirão Melgueira.

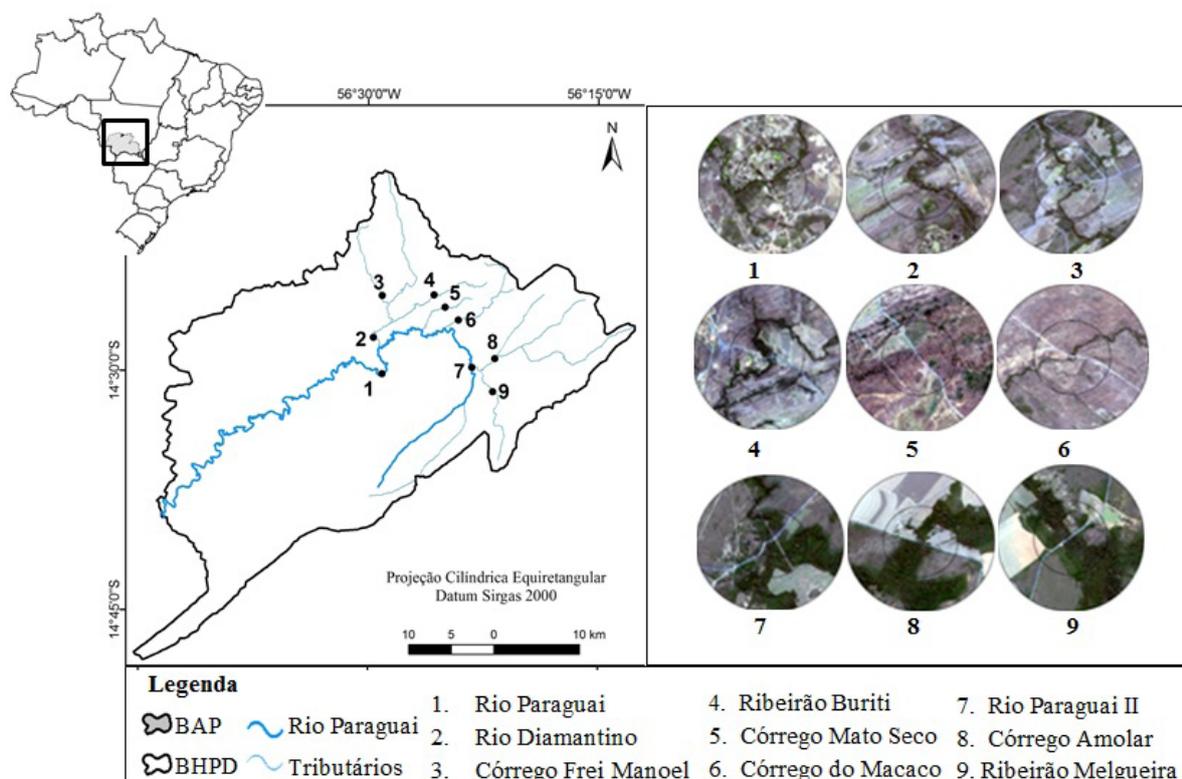


Figura 1. Localização da Bacia Paraguai/Diamantino - MT, Brasil.

Elaboração: O autor (2016).

O clima predominante da região, segundo a classificação Köppen, é o tropical de Savana, com temperaturas médias anuais variando entre 22,5 e 26,5°C, com duas estações bem definidas, de novembro a março (chuva) e de abril a outubro (seca), a precipitação média anual é de

1.398mm, variando entre 800mm e 1.600mm (Calheiros e Oliveira, 2010; Casarin, 2007).

A Vegetação é de Floresta Estacional Sempre-Verde (FESV) que tem como área *core* o extenso Planalto dos Parecis, de forma disjunta, até as Depressões do Rio Paraguai, este tipo de vegetação apresenta maior vigor no período de estiagem, além do Cerrado, que é predominante na região (IBGE, 2012).

Casarin e Santos (2005) definem a rede hidrográfica da bacia BHPD como densa de pequenos canais de baixa vazão de água, com águas claras quase todo ano. Esta área possui uma localização estratégica no contexto ambiental e regional, pois insere-se numa posição de divisor de águas das bacias hidrográficas paraguai e amazônica. Casarin e Santos (2005, pg. 2) a consideram como “um campo dispersor de fluxos, conseqüentemente, o efeito da degradação ambiental nesta área se estenderá ao longo da bacia”.

Exercendo influência direta no Pantanal, a BHPD abriga uma população de aproximadamente 30 mil habitantes, apresenta como principais atividades econômicas a agropecuária, extrativismo mineral e suinocultura (IBGE, 2010).

3.2- Procedimentos Metodológicos

Foram realizadas visitas a área de estudo nos meses de fevereiro e abril de 2016 para a coleta de água, e registros fotográficos dos tipos de uso e cobertura da terra na região e coleta de Pontos de Controle Terrestre (PCTs) para subsidiar a classificação das imagens de satélite.

A BHPD foi delimitada através dos dados de topografia do Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizando os dados da missão espacial *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 30m (Brubacher et al. 2012), obtido no banco de dados geomorfométrico do Brasil, no projeto TOPODATA (Valeriano, 2008) disponibilizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Para a análise do uso e cobertura da terra foram adquiridas imagens do satélite *RapidEye*, com resolução espacial de 6,5 metros, disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). Para compor o mosaico de imagens *RapidEye* foram adquiridas 10 cenas dos anos de 2013 e 2014, cobrindo toda a BHPD. O recorte da área de estudo foi realizado através da importação da máscara da BHPD na extensão *shapefile*.

A classificação de imagens, não supervisionada, foi realizada no software ArcGis, versão 10.1 (ESRI, 2012) utilizando o método ISOSEG que é um algoritmo de agrupamento de dados não-supervisionado, aplicado sobre o conjunto de regiões, que por sua vez são caracterizadas por seus atributos estatísticos de média, matriz de covariância e a área (Crósta, 1992).

Por meio da observação da imagem e da metodologia proposta pelo manual técnico de uso da terra (IBGE, 2006) e manual técnico da vegetação brasileira (IBGE, 2012) foram definidas três classes de uso da terra: Floresta Estacional Sempre-Verde (FESV) (incluindo Floresta de Galeria), Cerrado e Uso antrópico (agropecuária, zona urbana, mineração).

Para análise da qualidade da água foram selecionados 9 pontos de coleta, distribuídos no rio Paraguai, a jusante dos principais tributários da bacia descritos na **Figura 1**. Os parâmetros analisados foram: Químico – Demanda Bioquímica de Oxigênio ($DBO_{5,20}$), Nitrogênio total (NT) e Fósforo total (FT); Físico – Turbidez (Tu).

As coletas de água foram realizadas nos dias 29 de fevereiro e 25 de Abril de 2016. As coletas foram do tipo simples, de superfície, tomadas em até 0,30m de profundidade, evitando às margens. O frasco foi imerso com sua boca aberta no sentido contrário à correnteza. As amostras foram acondicionadas em caixa de isopor com gelo, à temperatura de 4°C, durante sua condução ao laboratório de análise. A realização das coletas e a preservação das amostras seguiram as normas da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) (São

Paulo, 1987).

Para averiguar a área de influência do uso da terra em relação as variáveis físico-químicas, fez-se uso da abordagem multiescala. Na imagem *RapidEye* aplicou-se a ferramenta *multibuffer*, disponível no *software* ArcGis, definindo-se como raio a distância de 50 m, 500 m e 1000 m no entorno de cada ponto de coleta.

Para realizar a análise estatística testou-se a normalidade dos parâmetros de qualidade da água e classes de uso e cobertura da terra, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov, aplicando-se a normalização dos dados quando necessário, por meio da transformação de Box-Cox no *software* Minitab 16.

A Análise de Variância (ANOVA), fator duplo sem repetição, foi usada para verificar evidências de diferenças entre as escalas no entorno de cada ponto de coleta, para os períodos de chuva e seca. No ponto com diferença aplicou-se o teste Tukey para indicar quais *buffers* apresentavam diferença estatística.

4. Resultados e Discussão

A partir da classificação dos *multibuffers* foi possível observar na escala de 50 m o predomínio da classe FESV em 5 pontos (1, 2, 7, 8 e 9) seguido pela classe Cerrado em 4 pontos (3, 4, 5, 6), a classe Uso Antrópico não prevaleceu em nenhum dos pontos estudados. Na escala de 500 m observou-se que a classe FESV, possui a maior extensão (em área) em apenas 3 pontos (7, 8 e 9), a classe Cerrado destacou-se em 4 pontos (1, 2, 5 e 6) e Uso Antrópico prevaleceu em 2 pontos (3 e 4). Na escala de 1000 m, a classe FESV, apresentou maior área em 3 pontos (7, 8 e 9), a classe Cerrado revelou domínio em 5 pontos (1, 2, 3, 5 e 6) e a classe Uso Antrópico apenas no ponto 4 (**Tabela 1 e Figura 2**).

Tabela 1. Porcentagem do uso da terra por ponto por escala *multibuffer*.

Escala	Classes	Pontos de coleta								
		1 (%)	2 (%)	3 (%)	4 (%)	5 (%)	6 (%)	7 (%)	8 (%)	9 (%)
50	FESV	43,8	69,1	23,8	31,2	0,1	11,4	66,4	71,2	66,6
	Cerrado	42,2	30,4	52,0	39,0	62,1	48,7	19,0	22,0	19,2
	Usos antrópicos	13,9	0,5	24,2	29,9	37,8	40,0	14,6	6,9	14,3
500	FESV	27,8	25,7	14,0	13,9	0,4	3,3	72,8	45,5	68,3
	Cerrado	40,4	43,8	39,1	33,2	67,7	58,1	20,8	23,2	20,7
	Usos antrópicos	31,9	30,6	46,9	52,9	31,9	38,6	6,4	31,3	11,1
1000	FESV	21,3	16,2	15,9	6,1	1,0	3,0	45,9	48,7	48,2
	Cerrado	44,0	43,4	48,0	31,9	62,3	63,2	42,5	23,7	30,0
	Usos antrópicos	34,7	40,3	36,1	62,0	36,8	33,8	11,6	27,6	21,8

FESV= Floresta Estacional Sempre-Verde.

As alterações descritas nos *buffers* de 500 m e 1000 m, apoiam estudos realizados por Casarin (2007) e Alho (2011) que apontam que a prática da agricultura mecanizada e pastagens ao longo dos anos tem levado ao desmatamento intenso, principalmente por monoculturas. Atualmente, predomina o cultivo de soja e pastagem, na região das nascentes do rio Paraguai, onde se constata a perda de cerca de 60% de sua cobertura vegetal natural, além da atividade mineradora, que deixou cicatrizes com as escavações de extensas áreas na região.

Essas alterações, tanto pontual como difusa nessa região hidrográfica, se expressam nos corpos d'água, considerados principais reflexos das características fisiográficas e dos processos de uso e ocupação do solo na área de drenagem, e podem ser constatados por meio do monitoramento da qualidade das águas (BRASIL, 2006).

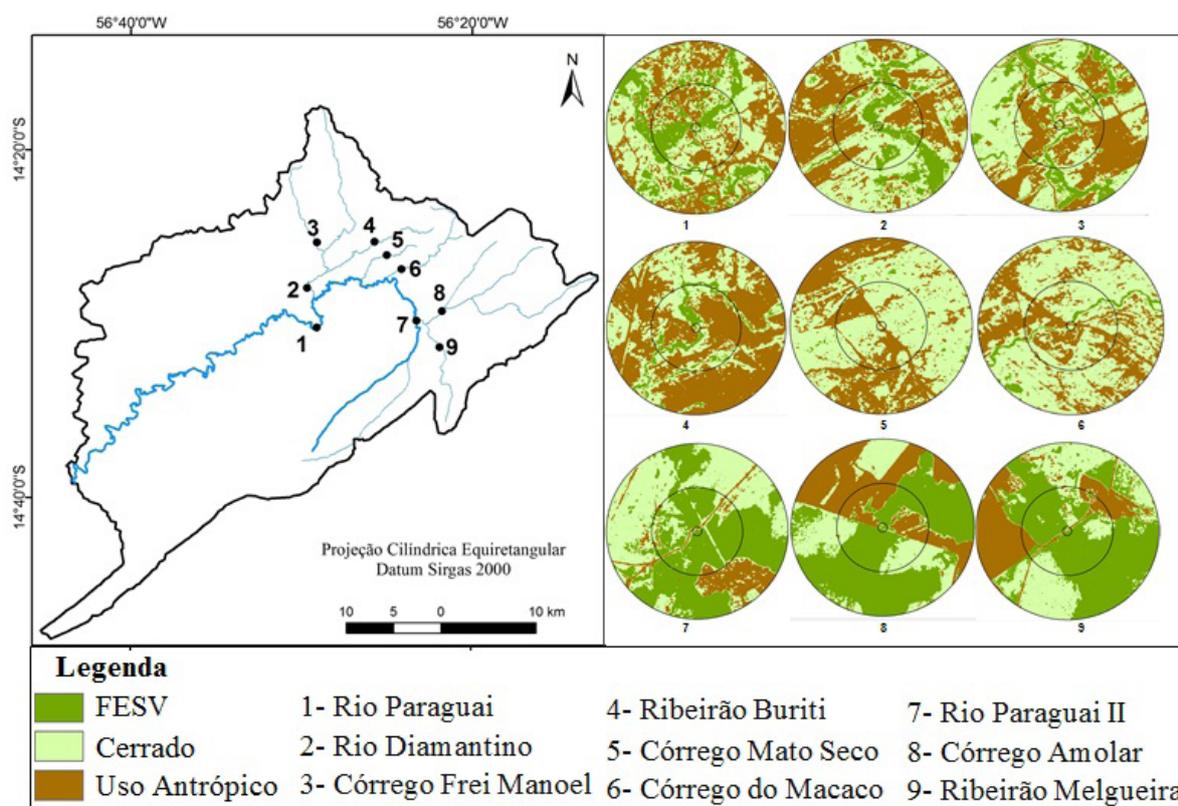


Figura 2. Classificação do uso do solo na Bacia do Rio Paraguai/Diamantino.
 Elaboração: O autor (2016).

A ANOVA realizada nas escalas em cada ponto, indicou que houve diferença significativa ($p < 0,05\%$) apenas no ponto 1, em ambos períodos analisados, onde o teste de Tukey ($p < 0,05\%$) mostrou que existe diferença entre as escalas de 50 m e 1000 m (**Tabela 2**).

Tabela 2. Resultado da ANOVA e Teste de Tukey para as três escalas, ponto 1.

Pontos de coleta	Análise de variância	Teste de Tukey
P1_chuva	$p = 0,046$	$1000 \neq 50$
P1_seca	$p = 0,043$	$1000 \neq 50$

O ponto 1 está localizado na área urbana do município de Alto Paraguai (**Figura 3**), exhibe na escala de 50 m, o predomínio da classe FESV, o que pode estar relacionado com a Lei Federal 12.651/2012, que estabelece a proteção das Áreas de Preservação Permanente (APPs) pela sua importante função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, impedindo assim a retirada dessas áreas no entorno no leito do rio Paraguai (BRASIL, 2012).

Na escala de 1000 m, a classe Cerrado tem maior expressão, sendo citada por Brasil (2006) como a vegetação predominante na região. Na **Figura 3** é possível observar que a classe Uso Antrópico têm influência nessa escala com a área urbana e mineração em destaque.

Casarin (2007) descreve que a cidade de Alto Paraguai surgiu com o ápice do ouro, teve desenvolvimento efêmero típico de lugares de mineração. Além dos impactos ambientais deixados pelas escavações da garimpagem, tornaram-se um problema social, os buracos deixados

o que propiciou a produção de sedimentos que leva aos assoreamentos que exaurem os rios e contaminam a água, principalmente, por mercúrio que é usado na amalgamação do ouro em todos os garimpos. O extrativismo mineral ainda permanece como uma das principais atividades econômicas do município (IBGE, 2010).

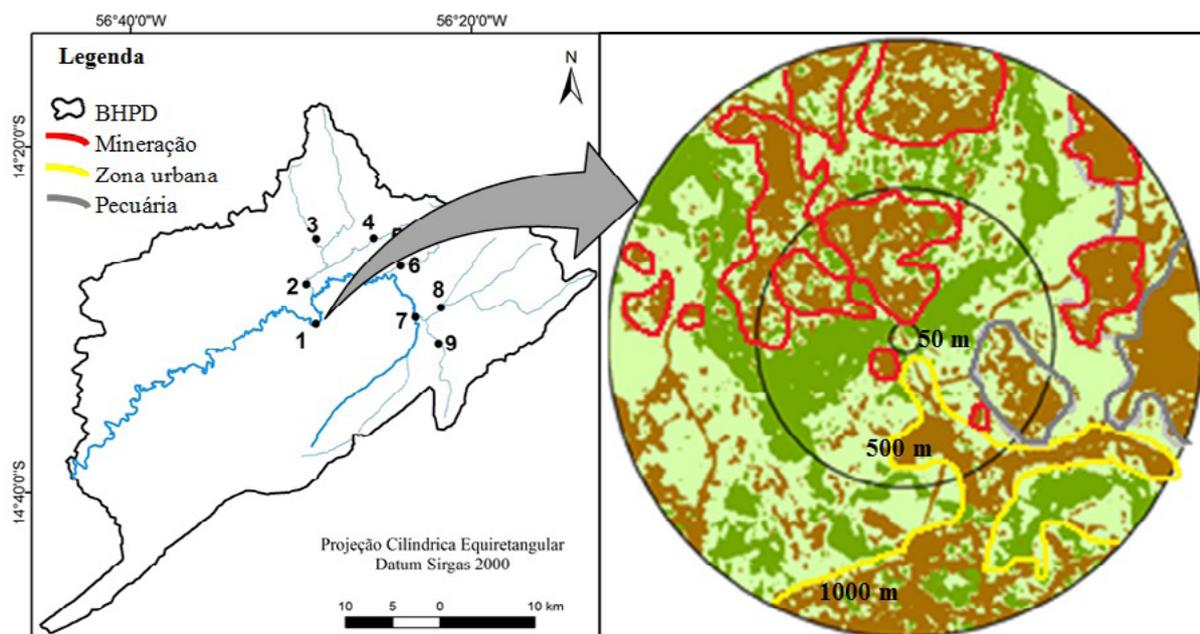


Figura 3. Ponto de coleta 1 no Rio Paraguai em Mato Grosso, nas diferentes escalas de análise (50m, 500m e 1000m). Elaboração: O autor (2016).

As cicatrizes da escavação são visíveis ainda hoje, ao longo do leito do rio Paraguai, este que constitui a principal fonte de abastecimento do município de Alto Paraguai, aliado a poços. A captação de água para uso humano é realizada a fio d'Água/tomada direta, é considerado satisfatório, possui Sistema isolado - manancial superficial ou misto de acordo com dados da Agência Nacional das Águas (ANA) (ANA, 2015).

A **Tabela 2** mostra os resultados obtidos para os parâmetros de qualidade da água nos pontos analisados. No Ponto 1, os parâmetros de qualidade NT e Tu, no período de chuva, estão acima do estabelecido para classe I de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), que inclui a finalidade de abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado.

Tabela 2. Resultado das análises de qualidade da água para período de chuva e seca.

Período	Parâmetros da água *	Pontos de coleta								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Chuva	DBO _{5,20}	3,47	1,53	1	1,2	0,5	0,6	0,4	0,9	0,7
	NT	1,05	1,9	1,24	0,86	1,05	0,8	0,64	0,96	0,67
	FT	0,1	0,12	0,02	0,09	0,06	0,04	0,08	0,13	0,01
	Tu	266	131	8,52	236	14,3	83,5	15,2	16,4	4,3
Seca	DBO _{5,20}	1,12	0,6	0,55	0,5	2	1,3	0,46	0,42	0,81
	NT	0,18	0,1	0,04	0,05	0,63	0,15	0,08	0,08	0,01
	FT	0,02	0,01	0,01	0,01	0,11	0,04	0,05	0,07	0,01
	Tu	12,7	7,36	0,64	9,28	3,89	3,13	0,92	3,09	1,4

*Demanda Bioquímica de Oxigênio = DBO_{5,20}, Nitrogênio total= NT, Fósforo total= FT e Turbidez = Tu.

O aumento do NT pode ser explicado pela presença da urbanização, considerando que os despejos domésticos são tidos com uma das principais fontes de origem antropogênica, como também a influência de áreas de pecuária, devido a produção de resíduos da criação animal e matéria orgânica (Oliveira 2013; Von Sperling, 2005).

Valores elevados de Tu estão relacionados com a sazonalidade, além da intensidade e frequência da chuva, maiores quantidades de sedimentos e carreamento de partículas do solo levados para o curso hídrico ocasionam o aumento de material suspenso no rio, promove a elevação da turbidez e presença de sólidos, sobretudo em áreas onde ocorre processo de erosão (Rocha et al., 2014; Oliveira, 2013).

No ponto 1 no período de seca, apenas a $DBO_{5,20}$, apresentou valor menor que o estabelecido para classe I na Resolução CONAMA 357/2005. Almeida e Schwarzbald (2003) atribuíram baixos valores de $DBO_{5,20}$ encontrados em sua pesquisa a maior diluição da matéria orgânica, principal fonte de aumento da $DBO_{5,20}$, o que corrobora com o resultado obtido nesta pesquisa em que existe uma menor descarga de matéria orgânica nesse período de seca no rio Paraguai, além da dimensão do rio no ponto 1 ser maior que os demais afluentes da bacia, continuando com uma forte vazão de água, ao contrário de outros afluentes que chegam a desaparecer o leito, com o caso do córrego Mato Seco.

Nos demais pontos não houve diferenças estatísticas e segundo Price e Leigh (2006) uma explicação para este resultado é que os parâmetros da água não apresentaram relações significativas com as diferentes escalas, dependendo do tipo de uso da terra, as modificações promovem apenas pequenas alterações nos córregos, o que dificulta a detecção da sua influência em um determinado raio no entorno do ponto.

5. Conclusões

Os resultados obtidos demonstraram que as escalas aqui utilizadas não foram preditoras de interferência do uso da terra na qualidade da água.

Apenas o ponto 1 apresentou diferença entre as escalas de 50 m e 1000 m em relação aos tipos de uso e parâmetros de qualidade da água. A escala de 1000 m possui a presença marcante de mineração e cicatrizes deixadas pela atividade extrativista no passado.

A presença da zona urbana próxima ao rio Paraguai requer atenção, pois pode estar comprometendo a qualidade da água, como observado nos resultados do período de chuva em relação ao aumento dos parâmetros NT e Tu, sobretudo pela importância no abastecimento público desse rio para a população.

6. Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de mestrado.

7. Referências

Allasia, D. G.; Collischonn, W.; Tucci, C. E. M; Germano, A.; Collischonn, B.; Failache, N. Modelo hidrológico da bacia do Alto Paraguai. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste, V. 3, p. 2004, Goiânia. **Anais...** Porto Alegre (RS), 2004.

Almeida, M. B.; Schwarzbald, A. Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 01 p. 81- 97, 2003.

ANA. Agência Nacional das Águas. **Portal da qualidade das águas**, 2015. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>>. Acesso em: 22 jun. 2016.

- ArcGis, E. S. R. I. 10.1. **Redlands, California: ESRI**, 2012.
- Branco, S. M. Conservação da água e de sua qualidade. **Água: origem, uso e preservação**, v. 2, p. 87, 2003.
- Brasil, Agência Nacional de Águas. **Boletim de Monitoramento da Bacia do Alto Paraguai / Superintendência de Usos Múltiplos e Eventos Críticos**. - Brasília, v. 7, n. 08, p. 1-22, ago. 2012.
- Brasil, Ministério do Meio Ambiente. **Caderno da Região Hidrográfica do Paraguai / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos**. – Brasília: MMA, 2006. 140 p.
- Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. **Diário Oficial** [da] República Federativa do Brasil, Brasília/DF, n. 053, 2005.
- Brasil. **Constituição da República Federativa do Brasil**, 1988.
- Brubacher, J. P. et al. Avaliação de bases SRTM para extração de variáveis orfométricas e de drenagem. **Geociências**, v. 31, n. 3, p. 381-393, 2012.
- Calheiros, D. F.; Oliveira, M. D. O Rio Paraguai e sua planície de inundação: o Pantanal Mato-grossense. **Ciência & Ambiente**, n. 41, p. 113-130, 2010.
- Casarin, R. Santos, S. Características ambientais na área das nascentes do rio Paraguai. In: III Simpósio Nacional de Geografia Agrária – II Simpósio Internacional de Geografia Agrária Jornada Ariovaldo Umbelino de Oliveira, 11, 2005, Presidente Prudente. **Anais**. Disponível em: <http://www2.fct.unesp.br/nera/publicacoes/singa2005/Trabalhos/Artigos/Rosalia%20Casarin.pdf>> Acesso em 04 jun. 2016.
- Casarin, R. Caracterização dos principais vetores de degradação ambiental da bacia hidrográfica Paraguai/Diamantino. 2007. 169 f. **Tese** (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- Casarin, R.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J. Uso da terra e qualidade da água da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara-MT. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 2, n. 1, p. 33-42, 2008.
- Crósta, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. São Paulo, 173p. 1992. Tese de Doutorado - Instituto de Geociências, Universidade de Campinas.
- Cunha, C. N.; Junk, W. J. Year-to-year changes in water level drive the invasion of *Vochysia* divergence in Pantanal glassland. **Applied Vegetation Science**, Grangärde, v.7, n.1, p. 103-110, 2004.
- Espíndola, N. L. Influência do uso e cobertura da terra na qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Bubu, município de Cariacica – ES. 2012. (Trabalho de conclusão de curso) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.
- Hook, P. B. Sediment retention in rangeland riparian buffers. **Journal of Environmental Quality**, v. 32, n. 3, p. 1130-1137, 2003.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativa da população residente de Mato Grosso**. Diamantino, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510350&search=mato-grosso|diamantino>>. Acesso em: 30 mar. 2016.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- Lira, G. **Conhecendo Mato Grosso XXI**. Microrregiões de Parecis Municípios de Mato Grosso. 2011. 43p.
- Oliveira, J. M. Qualidade da água superficial em microbacias com diferentes usos de solo no município de Itaara – RS. 84p. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) –Universidade Federal de Santa Maria, 2013.
- Price, P.; Leigh, D. S. Morphological and sedimentological responses of streams to human impact in the southern Blue Ridge Mountains, USA. **Geomorphology**, v. 78, n. 1 p. 142-160, 2006.
- Resolução Conama. 357, de 17 de março de 2005. **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Disponível em:<

<http://www.mma.gov.br/conama/>. Acesso em: 11 jun. 2016.

Rocha, H. M.; Cabral, J. B. P.; Braga, C. C. Avaliação Espaço-Temporal das Águas dos Afluentes do Reservatório da UHE Barra dos Coqueiros/Goiás. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19 n.1, p. 131-142, 2014.

São Paulo, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. Cetesb, 1987.

Silveira, A. V. T. Indicadores ecológicos multi-escala para avaliação de comunidades de macroinvertebrados aquáticos na bacia do rio dos bois, GO. **Tese**, 73 p. Universidade Federal de Goiás (Programa de Doutorado em Ciências Ambientais). 2013.

Singh, K. P.; Basant, A.; Malik, A.; Jain, G. Artificial neural network modeling of the river water quality: a case study. **Ecological Modelling**, v. 220, n. 6, p. 888-895, 2009.

Sliva, L.; Williams, D. D.. Buffer zone versus whole catchment approaches to studying land use impact on river water quality. **Water research**, v. 35, n. 14, p. 3462-3472, 2001.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Coordenação de Ensino, Documentação e Programas Especiais** (INPE-15318-RPE/818). 72p., 2008.

Tu, J.; Xia, Z. G. Assessing the impact of land use changes on water quality across multiple spatial scales in eastern Massachusetts. **Middle States Geographer**, v. 39, p. 34-42, 2006.

UNESCO. Biosphere Reserve Information – The Pantanal Biosphere Reserve. MAB – Man and Biosphere Programme. Biosphere Reserves Directory, 2000.

Valeriano, M. M. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos, 2008.

Von Sperling, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

Zhou, T.; Wub,J.; Pen, S. Assessing the effects of landscape pattern on river water quality at multiple scales: A case study of the Dongjiang River watershed, China. **Ecological Indicators** 23, p. 166–175, 2012.

Zolinger, I. T.; Svisero, D. P.; Weska, R. K. Morfologia cristalina de diamantes provenientes das regiões de Chapada dos Guimarães, Poxoréu, Paranatinga, Diamantino e Alto Paraguai-Mato Grosso. **Revista do Instituto Geológico**, v. 23, n. 2, p. 23-33, 2002.



Extração de Corpos de Água do Bioma Pantanal Utilizando Imagens RapidEye por Metodologia Automatizada Baseada no Componente Matiz da Transformação de Cores RGB para o Modelo HSV

Laércio Massaru Namikawa
Emiliano Ferreira Castejon

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Coordenadoria de Observação da Terra - OBT
Divisão de Processamento de Imagens - DPI
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{laercio, castejon}@dpi.inpe.br

Resumo. A água tem um papel predominante na definição do Pantanal, devido principalmente às inundações. Um mapeamento dos corpos de água da região tem utilidade para o gerenciamento dos recursos naturais, como na definição de Áreas de Preservação Permanente. A disponibilidade de imagens do satélite RapidEye para todo o Brasil permite que este mapeamento seja feito resolução espacial de 5 metros, algo que não é possível de maneira automática para todo o Pantanal. O objetivo deste trabalho é utilizar uma metodologia simples que permite processar automaticamente as imagens RapidEye disponíveis, gerando um mapeamento na forma matricial e um outro mapeamento na forma vetorial. A metodologia envolve a transformação de cores RGB (siglas em inglês para vermelho, verde e azul) para o modelo de cores HSV (matiz, saturação e valor), a limiarização da componente Matiz combinada com a limiarização do menor valor de radiância entre as 5 bandas do RapidEye. O mapeamento resultante para cobertura do RapidEye de 2014 indica um potencial para a geração de um mapeamento consistente após uma revisão e combinação com mapeamentos gerados com as coberturas de outros anos.

Palavras-chave: Pantanal, RapidEye, Detecção de corpos de água, Transformação de cores RGB para HSV.

Abstract. Water has a prevailing role in defining Pantanal, specially due to flooding. Mapping water bodies in the region is useful for natural resources management, such as the determination of the Permanent Preservation Areas. The availability of RapidEye imagery for the whole Brazil allows mapping at the 5 meters spatial resolution, which was not possible to achieve automatically for the Pantanal region. This work aims to use a simple methodology, which allows the automatic processing of available RapidEye imagery, to create a raster and a vector based mapping. The methodology includes the RGB (Red, Green, Blue) color model transformation to HSV (Hue, Saturation, Value) color model, the thresholding of the Hue component combined with the thresholding of the minimum radiance value from the 5 RapidEye bands. The resulting mapping using the 2014 RapidEye coverage indicates the potential to create a consistent mapping after a revision and combination with mapping using coverages from other years.

Key-words: Pantanal, RapidEye, Water Body Detection, RGB-HSV Color Transformation.

1. Introdução

O Pantanal se caracteriza pela importância de sua diversidade de fauna e flora definidas pelo papel predominante da água, principalmente devido às inundações anuais. O mapeamento de corpos de água para a região do Pantanal Matogrossense é essencial para o gerenciamento dos recursos naturais. Um mapeamento de toda a região pode ser realizado a partir da compilação de mapeamentos de suas sub-regiões. Uma alternativa à compilação é a classificação sistemática de imagens de sensoriamento remoto da região. Estes mapeamentos são dependentes da escala dos dados utilizados, sendo que as imagens dos satélites da séries RapidEye, disponibilizadas pelo Ministério do Meio Ambiente, são as acessíveis gratuitamente (para órgãos estatais) de melhor resolução espacial. Outra restrição relacionada à classificação sistemática de imagens é a complexidade do processamento, o que incorre o tempo de geração do mapeamento pode ser muito grande, inviabilizando o mapeamento. A necessidade de intervenção humana deve ser também considerada, devendo-se optar por procedimentos totalmente automáticos.

Neste trabalho, o mapeamento de corpos de água é efetuado de maneira automática sobre o conjunto de imagens RapidEye utilizando o método baseado na limiarização da componente Matiz da transformação do modelo de cores RGB (siglas em inglês para vermelho, verde e azul) para o modelo de HSV (matiz, saturação e valor) (Namikawa, 2016). As imagens RapidEye são da cobertura de 2014, com datas diversas ao longo do ano, implicando em diferentes estágios de inundação da planície.

2. Detecção de Lâmina de Água por Limiarização da Componente Matiz

A técnica de detecção utilizada neste trabalho foi escolhida por apresentar um método simples, sem intervenção humana e com complexidade computacional baixa. Estas características tornam possível o processamento das imagens RapidEye, as quais recobrem uma área de 25 por 25 km (cada uma), requerendo 613 imagens para recobrir a região do Pantanal Matogrossense. Cada imagem é formada por 5000 linhas de 5000 colunas, com a informação de radiância de 5 bandas codificada em 16 bits (Blackbridge, 2015). Assim, o total de bytes a ser processado para cada imagem é de 250 milhões.

O método consiste de três passos (maiores detalhes podem ser obtidos em Namikawa, 2016): 1) A transformação da combinação de bandas R2G3B5 do modelo de cor RGB para o HSV; 2) A comparação para encontrar o menor valor de radiância normalizada (MRN); 3) A limiarização combinando os valores da componente matiz (H) da transformação e os valores de MRN, gerando sete classes de “confiabilidade” de ser um pixel de água.

Os valores dos limiares foram definidos por Namikawa (2016) baseados em uma análise de percentil sobre imagens com amostras de água e não água. A classe WATER é associada a um pixel se seu valor de Matiz está dentro do percentil 90% de água e se seu valor de MRN está

dentro do percentil 90% de água. A classe WATER95 é associada aos pixels ainda não classificados com valores de Matiz dentro do percentil 95% e valores de MRN dentro do percentil 90% de água. A classe seguinte WATER90 é similar aos anteriores, com os percentis de 98% para a Matiz e os mesmos 90% para os valores de MRN. A classe WATER80 é utilizada para os pixels com valores de Matiz considerando o percentil de amostras de não-água. Assim os pixels ainda não classificados, que pertençam ao percentil 2% de não-água são associados a classe WATER80 se seu valor de MRN estiver MRN dentro do percentil 90% de água. As classes WATER70, WATER60, e WATER50 são associadas utilizando o mesmo critério de Matiz da classe WATER80, mas com percentis cada vez mais altos de MRN. Assim, a classe WATER70 é associada quando o percentil é de 95%, a classe WATER60 para o percentil 99%, e finalmente a WATER50 é associada aos pixels restantes no percentil 99.5% da distribuição cumulativa dos valores de MRN das amostras de água.

Os valores associados aos percentis foram definidos em Namikawa (2016) para a imagem RapidEye de Foz do Iguaçu (de 8 de agosto de 2014, com a referência Fuso, Órbita e Ponto no catálogo do MMA dada por 2127325). Deve-se ressaltar que os valores de MRN e a transformação RGB para HSV são realizadas sobre as bandas normalizadas em relação ao valor de irradiância exo-atmosférica de cada banda (informações adicionais podem ser encontradas em Blackbridge, 2015). A **Tabela 1** apresenta os limiares de cada classe.

Tabela 1 - Limiares para definição das classes de água.

	WATER	WATER95	WATER90	WATER80	WATER70	WATER60	WATER50
Matiz da composição R2G3B5	16° - 35°	35° - 36° / 324° - 16°	36° - 37° / 308° - 324°	37° - 160°	37° - 160°	37° - 160°	37° - 160°
MRN	0 - 0.475	0 - 0.475	0 - 0.475	0 - 0.320	0.320 - 0.335	0.335 - 0.375	0.375 - 0.475

A implementação do método foi feita em linguagem C++, utilizando a biblioteca de código aberto funções de geoprocessamento TerraLib Versão 5 (disponível em <http://www.dpi.inpe.br/terralib5/>). Após a geração da imagem com classes, uma versão em formato vetorial é criada, onde a cada polígono é definido o percentual de pixels em cada uma das classes para permitir uma seleção de áreas baseada na “confiabilidade”. O procedimento de geração do formato vetorial cria polígonos conectando vizinhanças em X para diminuir o número total de polígonos. Os mapeamentos são obtidos em formato GeoTIFF e Shapefile.

3. Resultados

As imagens processadas foram importadas no SPRING versão 5.4.1 (disponível em www.dpi.inpe.br/spring) para a produção das cartas aqui apresentadas. Foi utilizado ainda o limite do bioma Pantanal do IBGE (IBGE, 2004) como dado de referência. Informações adicionais sobre as feições identificadas nas imagens foram obtidas de Assine et.al. (2015) e da Silva e Abdon (1998).

A **Figura 1** apresenta a toda a região do Pantanal Matogrossense, com o resultado da extração de lâminas de água colorido entre Azul e Vermelho, passando pelo Verde para representar as classes de “confiabilidade” de água. Nesta escala, pode-se observar as grandes feições do Pantanal, como os rios Paraguai, Cuiabá, Taquari, Correntes e Itiquira, os lagos Uberada, Mandioré, Cáceres, Jacadigo e Chacororé (ao nordeste da imagem) e os mgaleques do Nabileque na

parte oeste ao sul e do Taquari ao centro. Observa-se também que uma imagem detectou uma presença maior de água na parte sul, o qual será analisada mais adiante.

A **Figura 2** apresenta a toda a região do rio Paraguai em maior detalhe, com destaque para os lagos Uberaba, Gaiva, Mandioré e Vermelha. e os leques do Paraguai e do Taquari. A **Figura 3** mostra a lâmina de água do Rio Cuiabá e o megaleque do Taquari.

A **Figura 4** apresenta a área do Rio Taquari no início do megaleque, com a imagem Rapid-Eye original em composição cores verdadeiras (R3G2B1) e a sobreposição da lâmina de água detectada, onde o vermelho mais intenso apresenta maior “confiabilidade” do que o vermelho menos saturado.

Na **Figura 5** observa-se a imagem com uma presença de lâminas de água em relação as imagens vizinhas. A quantidade de lâminas de água detectadas depende da época do ano, sendo que a imagem central é de 17/Jul/2014 e as outras são de abril/2014 (15 à esquerda e 26 à direita). Nota-se nas imagens em cores verdadeiras que a região está coberta de água na imagem central.

A **Figura 6** apresenta dois modos de eliminação de ruídos devido a confusão com áreas urbanas em Cuiabá/MT, visíveis na imagem superior. Na imagem central, o critério de tamanho mínimo foi utilizado, e foram eliminadas as áreas inferiores a 1000 metros quadrados. Na imagem inferior foi utilizada a informação do percentual de presença das classes de baixa “confiabilidade” e foram eliminadas as áreas com presença maior que 40% das duas classes de menor “confiabilidade” .

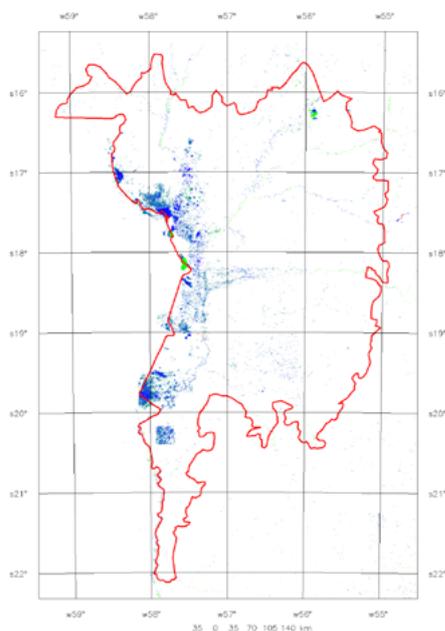


Figura 1 - Lâminas de água região do Pantanal Matogrossense, com água colorida entre Azul e Vermelho, passando pelo Verde para representar as classes de “confiabilidade” de água.

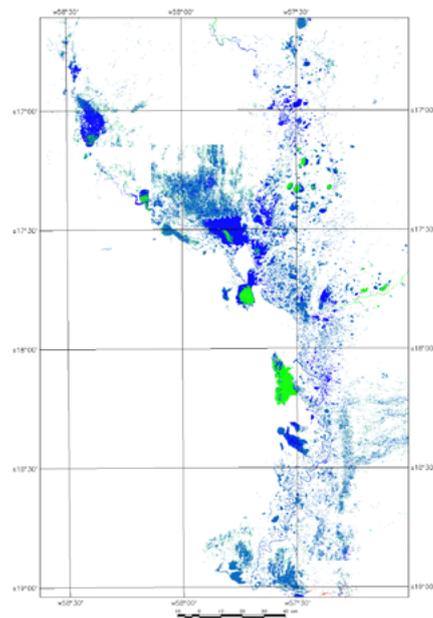


Figura 2 - Rio Paraguai em maior detalhe, com destaque para os lagos Uberaba, Gaiva, Mandioré e Vermelha. e os leques do Paraguai e do Taquari.

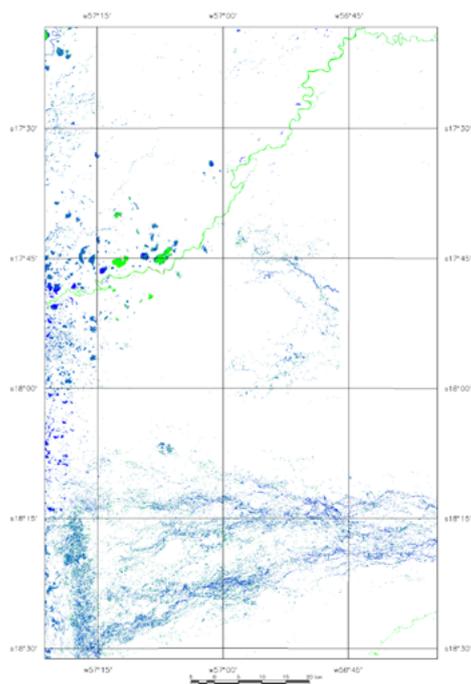


Figura 3 - Lâmina de água do Rio Cuiabá e o megaleque do Taquari.

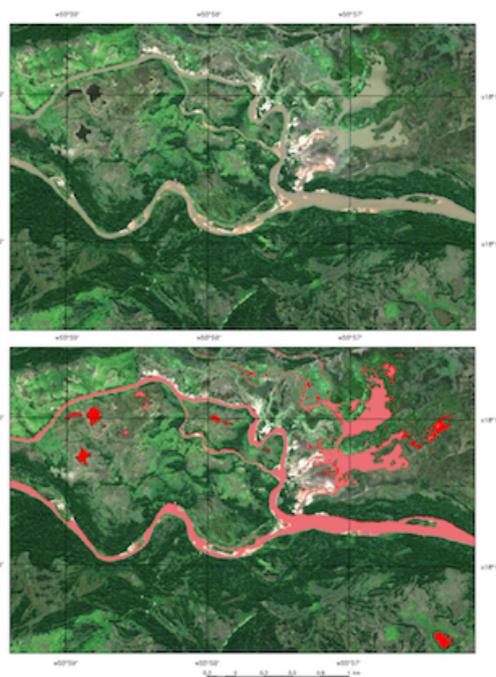


Figura 4 - Rio Taquari no início do megaleque, com a imagem RapidEye (imagem superior em composição R3G2B1) e a sobreposição da lâmina de água detectada, onde o vermelho mais intenso apresenta maior “confiabilidade” do que o vermelho menos saturado.

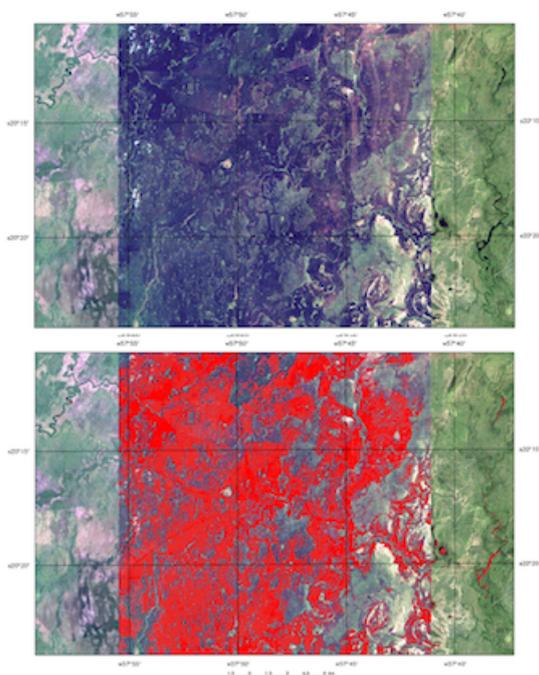


Figura 5 - Diferença na quantidade de lâminas de água detectadas devido a diferentes datas das imagens RapidEye (imagens em composição colorida R3G2B1 na parte superior). A imagem central é de 17/Jul/2014 e as outras são de abril/2014 (15 à esquerda e 26 à direita).

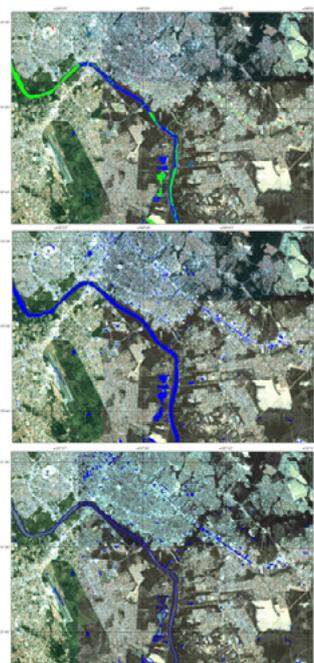


Figura 6 - Presença de ruídos devido a confusão com áreas urbanas de Cuiabá/MT na imagem superior. Na imagem central, foram eliminadas áreas inferiores a 1000 metros quadrados. Na imagem inferior, foram eliminadas as áreas com presença de mais de 40% nas duas classes de menor “confiabilidade” .

4. Conclusões

Este trabalho demonstrou que a metodologia de extração de lâminas de água é uma alternativa viável para o mapeamento das águas no Pantanal Matogrossense. A técnica é simples e pouco complexa computacionalmente, podendo ser aplicada a uma grande quantidade de imagens do RapidEye. Para outros sensores, deve-se verificar as combinações mais adequadas para obter a componente Matiz e definir os limiares de “confiabilidade” das classes.

Os problemas encontrados estão relacionados a confusão com sombras e alguns alvos urbanos, que podem ser minimizados se forem considerados critérios adicionais como tamanho mínimo de área e o grau de “confiabilidade” das classes de água. Deve-se observar que os critérios adotados visam evitar o não mapeamento de água e tornam maior a possibilidade de falsos positivos.

Os resultados indicam que um mapeamento de águas no Pantanal deve considerar as diferentes fases da inundação, de modo a obter mapas para cheias e vazantes (e também para estágios intermediários). Para este mapeamento, o uso de um dado como do RapidEye pode não ser o mais adequado devido a baixa resolução temporal (apenas uma cobertura anual) e deve-se explorar o uso do sensor PAN do satélite CBERS-4 em trabalhos futuros.

5. Referências

IBGE. Mapa de Biomas do Brasil; primeira aproximação. IBGE, Rio de Janeiro, 2004.

Assine, M. L.; Merino, E. R.; Pupim, F. N.; Warren, L. V.; Guerreiro, R. L.; McGlue, M. M. (2015). Geology and geomorphology of the Pantanal basin. In: **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America** (pp. 23-50). Springer International Publishing, 2015.

Da Silva, J. D. S. V.; Abdon, M. D. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesq. Agropec. Bras**, 33, 1703-1711, 1998.

Namikawa, L. M.; Körting, T. S.; Castejon, E. F. Water Body Extraction from RapidEye Images: An Automated methodology based on hue Component of Color Transformation from RGB to HSV Model. *Revista Brasileira de Cartografia* (no prelo), 2016.



Ilhas de calor nas cidades contidas na Bacia do Alto Paraguai, Brasil

Géssica de Jesus Oliveira Silva 1

Charles Caione 2

Vicktor Lima Souza 1

Alexander Webber Perlandim Ramos 1

Sandra Mara Alves da Silva Neves 1

Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin 3

1 Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/ Campus Cáceres – Laboratório de Geotecnologias Unemat-

Av. Santos Dumont, s/n. Sala 09. Bloco 1. B: Santos Dumont

78200-000 Cáceres - MT, Brasil

gessica.unemat; vicktorlima17@gmail.com; webberge@outlook.com; ssneves@unemat.br.

2 Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/ Nova Xavantina - Programa de pós-graduação em Ecologia e Conservação.

Av. Expedição Roncador Xingu -

CEP: 78680-000 Nova Xavantina - MT, Brasil

charlescaione@gmail.com

3 Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/ Campus Barra do Bugres Laboratório de Geomática – Unemat

Rua A, s/n. B. Cohab São Raimundo

CEP: 78390-000 Barra do Bugres - MT, Brasil

galvaninbbg@unemat.br

Resumo. Objetivou-se neste estudo investigar as ilhas de calor nas cidades localizadas na Bacia do Alto Paraguai, nos estados brasileiro de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8 do ano de 2015. Foram aplicadas técnicas de processamento digital de imagens no software SPRING 5.3 e geradas as quantificações e layouts no software ArcGis 10.4.1. Os resultados mostraram que nas cidades investigadas da BAP as maiores extensões de áreas impermeabilizadas e de solo exposto apresentam menor Índice de Vegetação da Diferença Normalizada e maiores valores de temperatura superficial. Conclui-se que, de modo geral, os bairros centro e adjacentes das cidades de Cáceres, Cuiabá, Várzea Grande, Tangará da Serra, Rondonópolis e Corumbá apresentam maior propensão à formação de ilhas de calor.

Palavras-chave: geotecnologias, processamento de imagens, variação térmica.

Abstract. The objective of this study to investigate the heat islands in the cities located in the basin of Alto Paraguay, Brazilian states of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul. Landsat satellite images were used 8 of the year 2015. Applied digital image processing techniques in the SPRING and the generated software 5.3 quantification and layouts in ArcGIS 10.4.1. The results showed that in cities investigated the BAP the largest expanses of impermeable and exposed soil areas feature less Difference Vegetation Index Normalized and higher values of surface temperature. It is concluded that, in general, the centre and adjacent neighborhoods of the cities of Cáceres, Cuiabá, Várzea Grande, Tangará da Serra, Rondonópolis and Corumbá show a higher propensity to formation of heat islands.

Keywords: geotechnologies, image processing, thermal variation.

1. Introdução

O aumento de áreas edificadas tem ocasionado alterações nos microclimas dos centros urbanos, considerando que a redução da cobertura florestal favorece o aumento da temperatura no meio urbano (Caioni, 2014). Oke (1973), acrescenta que nas áreas centrais das cidades onde há a presença de índices elevados de absorção de calor, que podem ser provocados por poluição atmosférica, redução da cobertura vegetal vinculada ao aumento de áreas impermeabilizadas juntamente com a expansão industrial das cidades. A redução da cobertura vegetal vinculada ao aumento de áreas impermeabilizadas potencializam o surgimento do fenômeno de ilhas de calor urbana (Ortiz, 2012).

Nas últimas quatro décadas houve crescimento na utilização de sensores termais acoplados a diferentes plataformas, combinando satélites, aeronaves e estações em superfícies fixas (Voogt e Oke, 2003), na observação, quantificação e diferenciação entre Ilhas de Calor Superficial (ICUS) e Ilhas de Calor Atmosférica, evidenciando a potencialidade das ferramentas geotecnológicas no estudo da temática. Desta forma, o uso de sensoriamento remoto nos estudos dessa temática configura-se como uma importante ferramenta de análise, visto que permite a obtenção de dados térmicos mais acurados em um curto espaço de tempo (Novo, 1989).

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI - Normalized Difference Vegetation Index) de acordo com Galvanin et al. (2014) é utilizado para avaliar as mudanças do vigor vegetativo das plantas, com o intuito do estabelecimento de correlação com outros parâmetros, citando como o índice de área foliar, a biomassa ou a produtividade da vegetação.

A temperatura superficial de acordo com Caioni (2014) pode apresentar valores distintos ao se fazer uma relação entre os diferentes usos da terra e cobertura vegetal.

2. Objetivo

Objetivou-se nesse estudo investigar as ilhas de calor das cidades localizadas na Bacia do Alto Paraguai (BAP), situadas nos estados brasileiro de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

3. Material e Métodos

3.1- Área de Estudo

As sedes dos municípios de Cáceres, Cuiabá, Rondonópolis, Tangará da Serra, Várzea Grande e Corumbá, situados na Bacia do Alto Paraguai (**Figura 1**), constituíram as áreas de estudo desta pesquisa. As cidades foram selecionadas a partir do critério de total populacional, considerando que estes municípios possuem os maiores totais populacionais (**Tabela 1**).

Tabela 1: População dos municípios, cujas sedes constituem as áreas de pesquisa deste estudo.

Municípios	População*		
	Total	Urbana	Rural
Cáceres	87.942	76.568	11.374
Corumbá	103.703	93.452	10.251
Cuiabá	551.098	540.814	10.284
Rondonópolis	195.476	188.028	7.448
Tangará da Serra	83.431	75.921	7.510
Várzea Grande	252.596	248.704	3.892

* Censo demográfico de 2010 (IBGE, 2016).

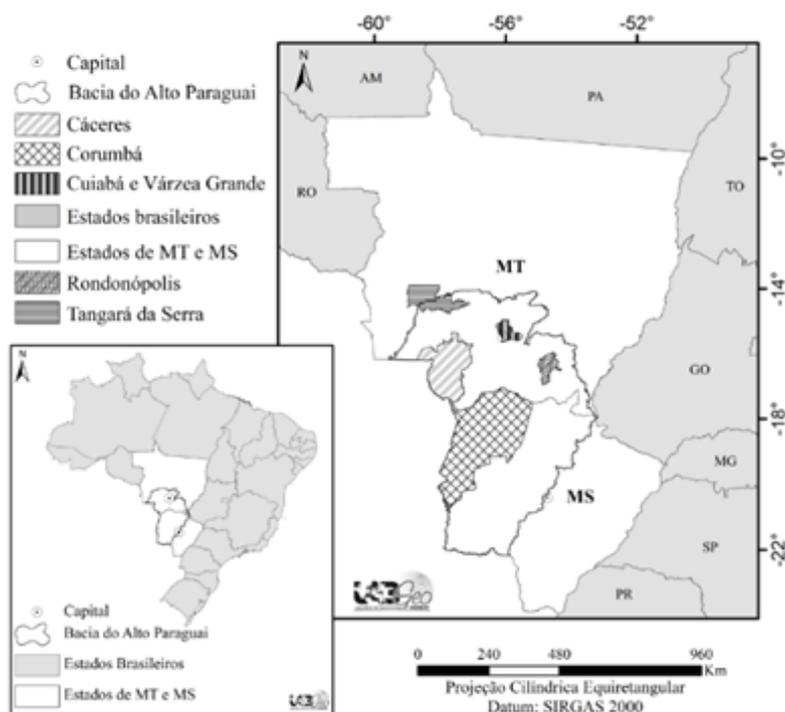


Figura 1. Estados e municípios onde se encontram as cidades de estudo. Fonte: LABGEO UNEMAT, 2016.

3.2. Procedimentos metodológicos

Para a geração dos mapas temáticos utilizou-se cinco imagens do satélite Landsat 8 (**Tabela 2**), sensor *Operational Land Imager* (OLI) e *Thermal Infrared* obtidas gratuitamente no formato “tif” no sítio do Serviço de Levantamento Geológico Americano (USGS, 2013), bandas 4, 5, 6 com resolução de 30 metros e banda 10 com 100 metros.

Tabela 2: Órbitas/ Pontos e a Data das imagens que recobrem a área de estudo.

Órbitas/Pontos	227/71	227/73	225/71	227/70	226/71
Data	02-09-2015	25-08-2015	24-04-2015	25-08-2015	26-07-2015

Para a elaboração do mapa de cobertura vegetal e uso do solo urbano no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), versão 5.3, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (Câmara et al., 1996) foi criado um Banco de Dados Geográfico (BDG), com as seguintes informações cartográficas: projeção e datum: Universal Transversa de

Mercator/SIRGAS-2000 e retângulo envolvente: Long 1 (60° 00' 00") e Long 2 (54° 00' 00") e Lat 1 (20° 00' 00") e Lat 2 (7° 00' 00"). Realizou-se os procedimentos de recorte, segmentação e classificação no SPRING utilizando as bandas 4, 5 e 6 que foram selecionadas por possibilitar melhor visualização e interpretação da imagem.

Na segmentação utilizou-se o método de crescimento de regiões para agrupar os "pixels" adjacentes e semelhantes, gerando regiões homogêneas. Os limiares de similaridade foi 100 e de área 100, sendo que de acordo com Nascimento et al. (1998) a similaridade refere-se a distância euclidiana máxima entre os centros espectrais de duas regiões e a área é o tamanho mínimo em *pixel* de uma região que se pretende delimitar.

Na classificação utilizou-se o Bhattacharya que de acordo com Oliveira e Mataveli (2013) é um classificador supervisionado por regiões que utiliza a distância Bhattacharya para aferir a separabilidade entre cada par de classes espectrais, posto isso foram definidas de acordo com o RadamBrasil (1985) as seguintes classes temáticas: Área impermeabilizada (todas as formas de edificações presentes nos perímetros urbanos), Massa d' água (áreas ocupadas com água livre de vegetação, englobando os rios e lagos), Solo exposto (locais cuja cobertura vegetal foi suprimida em sua totalidade), Vegetação (todos os tipos de formações vegetacionais).

O arquivo vetorial da classificação foi exportado no formato *shapefile* (shp.) para edição e quantificação no ArcGis, versão 10.4.1 (Esri, 2016). Os erros de rotulação de classes foram corrigidos por meio da edição de polígonos, quando havia discordância entre os resultados da classificação.

Para a geração do mapa termal, no *software* ArcGis, foi utilizada as ferramentas *Extract by mask* e *Raster Calculator*. Aplicou-se nas bandas 10 (infravermelho termal) de cada imagem os procedimentos de recorte e conversão dos níveis de cinza para radiância, de acordo com Coelho e Correa (2013), por meio da fórmula 1.

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \quad (1)$$

onde:

$L\lambda$ = Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m² sr μm);

ML= Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04;

AL= Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000;

Q_{cal}= Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10.

Através da aquisição dos valores de radiância foi aplicada a fórmula 2 (Coelho e Correa, 2013), que possibilitou a obtenção dos diferentes níveis de temperatura da imagem.

$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \quad (2)$$

sendo:

T: Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K);

K2: Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K);

K1: Constante de calibração 1 = 774.89 (K);

Lλ: Radiância espectral em Watts/(m² sr μm).

Após a conclusão das duas etapas apresentadas os valores de temperatura em Kelvin foram convertidos em graus Celsius (°C) a partir da fórmula 3.

$$T_c = T_k - 273,15 \quad (3)$$

onde:

T_c : Temperatura em Celsius

T_k : Temperatura em Kelvin.

A quantificação dos valores de *Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI (Rouse et al., 1974; Deering et al., 1975) foi executada no software ArcGis, versão 10.4.1 (ESRI, 2016). O NDVI é obtido através da refletância do infravermelho próximo e do vermelho, que correspondem as bandas 4 e 5 do sensor OLI do satélite Landsat 8, respectivamente (Fórmula 4).

$$NDVI = \frac{NIR-R}{NIR+R} \quad (4)$$

Sendo:

NIR = resposta espectral do pixel na banda do infravermelho próximo, representado pela banda B5;

R = resposta espectral do pixel na banda do vermelho, representado pela B4.

A quantificação das classes mapeadas no ArcGis 10.4.1 foram exportadas na extensão .dbf, para o programa *Excel* da *Microsoft*, onde foram realizados os cálculos. Por meio de sobreposição dos produtos gerados foram estabelecidas as análises.

4. Resultados e Discussão

As geotecnologias, SIG e Sensoriamento Remoto, possibilitaram a geração e a análise comparativa de dados para a cobertura vegetal e uso do solo urbano (**Figura 2 e Tabela 3**), NDVI (**Figura 3**) e Temperatura Superficial (**Figura 4**).

As recentes modificações ocorridas nas cidades são indicadores da intervenção humana no meio ambiente, que segundo Lopes (2013) é de total pertinência averiguar a ação antrópica sobre o meio em que vive.

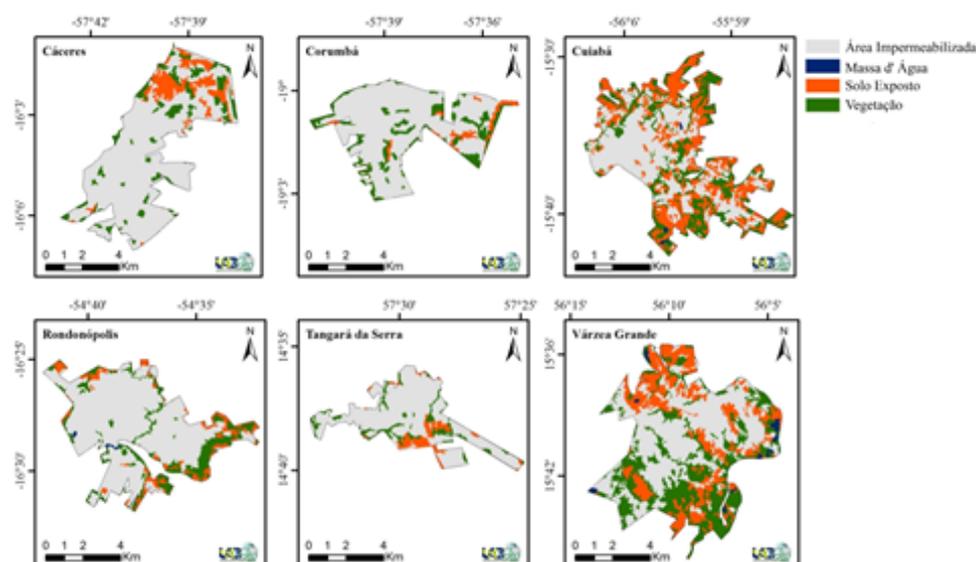


Figura 2: Cobertura vegetal e uso do solo das cidades de estudo, situadas na BAP. Fonte: LAB-GEO UNEMAT, 2016.

Tabela 3: Cobertura vegetal e uso do solo nas cidades de Cáceres/MT, Corumbá/MS, Cuiabá/MT, Rondonópolis/MT, Tangará da Serra/MT e Várzea Grande/MT.

Classes (Km ²)	Cáceres	Corumbá	Cuiabá	Rondonópolis	Tangará da Serra	Várzea Grande
Área Impermeabilizada	37	28,11	102,8553	75,6728	33,4685	79,2594
Massa d' Água	0,0017	0	0,5634	0,2566	0	1,6851
Solo Exposto	4,9647	2,36	84,075	13	4,2227	41,2263
Vegetação	1,9072	2,53	47,5063	9,0706	2,3088	51,8292
TOTAL	43,874	32,996	235	98	40	174

É perceptível na **Figura 2** a presença de solo exposto e vegetação esparsa em todas as cidades de estudo, Cuiabá - MT apresenta os maiores índices de solo exposto (35,78%), área impermeabilizada (43,77%) e um total de 20,22% de vegetação, além de uma pequena massa d'água (0,24%). Corumbá - MS possui a menor extensão de área impermeabilizada e a vegetação corresponde a 7,65% e o solo exposto a 7,16%. Em Mato Grosso a cidade com maior área impermeabilizada, se comparada a seu perímetro urbano, é Cáceres (84,33%) a vegetação corresponde a 4,35% e o solo exposto a 11,32%.

A classe com menor representatividade em área é a Massa d'água, cuja soma de seu percentual em todas as áreas urbanas correspondeu a 1,47%.

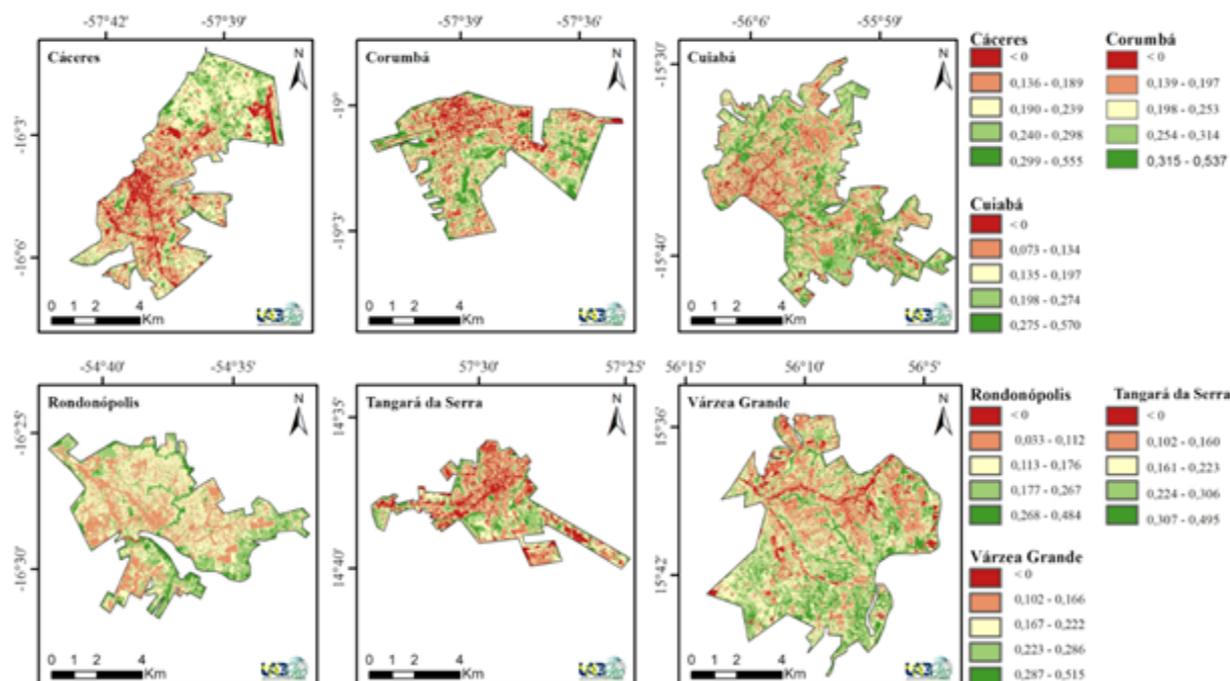


Figura 3: NDVI das cidades de estudo. Fonte: LABGEO UNEMAT, 2016.

Por meio da sobreposição das **Figuras 2 e 3** em SIG foi possível verificar nos perímetros urbanos das urbes analisadas que as áreas impermeabilizadas e com solos expostos apresentam os menores valores de NDVI enquanto que os locais com cobertura vegetal apresentam valores maiores. Assim sendo Cuiabá exibiu o maior índice de vigor da vegetação, com 0,570; seguido por Cáceres, com 0,555 e o menor índice foi o da cidade de Rondonópolis (0,033).

Tal verificação é de suma importância, pois de acordo com Rosembach (2004) através da análise por NDVI temos a possibilidade de comparar através da vegetação as áreas que estão

susceptíveis a instabilidades ambientais, podendo também determinar quais áreas provavelmente estão sofrendo maior impacto, que de acordo com Copque (2011) podem ser alterações no regime de chuvas, alagamentos devido à impermeabilidade do solo, alterações no microclima e elevação da temperatura.

Constatou-se relação entre as extensões territoriais dos mapas de cobertura vegetal e uso do solo e NDVI com os valores encontrados de Temperatura da Superfície, mostrando a diferença de mais de 10 °C entre áreas de maiores e menores temperaturas.

A **Figura 4** mostra o comportamento da temperatura superficial no perímetro urbano das cidades analisadas.

A cidade de Rondonópolis apresentou o menor índice térmico (classe de 23,06 a 33,84 °C) devido ao vigor da vegetação, como mostrado na **Figura 3**. A máxima também em Rondonópolis, alcançou em um ponto isolado 46,96 °C, devido a essa alteração verificou-se no mapa que, além do solo estar exposto este foi submetido à queimada, o que ocasionou a diferença de 23,9 °C entre a mínima e a máxima, o que se explica conforme Sousa (2007) que a queimada produz perda de humidade da vegetação/solo, com algumas exceções, e aumento da temperatura.

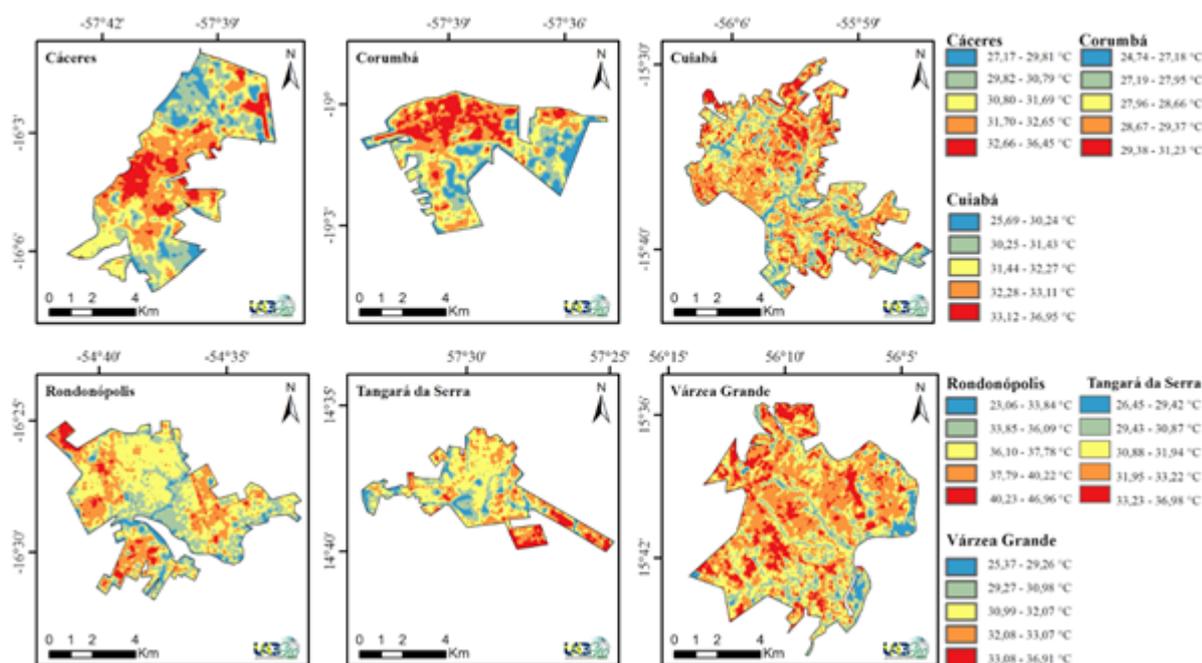


Figura 4: Comportamento da temperatura superficial nos perímetros urbanos das cidades investigadas. Fonte: LABGEO UNEMAT, 2016.

No que se refere aos menores índices térmicos de todas as cidades constatou-se forte relação desta com as áreas que há presença de cobertura vegetal. Santos (2011) afirmou que a quantidade de radiação solar que chega à superfície abaixo da copa é reduzida, uma vez que parte da radiação incidente é absorvida pelas folhas e outra fração é refletida de volta para atmosfera. Os maiores índices corresponderam as áreas edificadas, com presença de solo exposto e com baixo índice de vegetação de acordo com Souza et al. (2016) a presença desses materiais interfere diretamente no balanço de energia em zonas urbanas.

5. Conclusões

As cidades com maior extensão de área edificada e solo exposto apresentaram menor NDVI. A temperatura superficial em decorrência da redução da vegetação tem ocasionado o aumento da temperatura, potencializando o risco de surgimento das ilhas de calor. Através do estudo também obtivemos a localização da concentração termal de cada cidade da área de estudo.

6. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso -FAPEMAT pela concessão de bolsas de Iniciação ao Extensionismo - IEX e de Doutorado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico-CNPq pela concessão de bolsa de Iniciação Científica-PIBIC.

Ao projeto de pesquisa “Realidades socioambientais dos assentamentos do sudoeste mato-grossense na região fronteira entre Brasil e Bolívia” financiado pelo Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura familiar - PADA, na região Sudoeste mato-grossense de planejamento desenvolvido e aprovado pelo edital Proext 2014 - MEC/SESu.

7. Referências

- Caioni, C.; Caioni, S.; Parente, T. L. P.; Silveiro, A. C.; Claudino, W. V. Dinâmica da temperatura superficial no perímetro urbano de Alta Floresta/MT. *Enciclopédia Biosfera*, v.10, n.18, p. 2014.
- Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrigo, J. Spring: Integrating remote sensing and gis by object-oriented data modelling. *Comput & Graphics*, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.
- Coelho, A. L. N.; Correa, W. S.C. Temperatura de Superfície Celcius do Sensor TIRS/LandSat – 8: metodologia e aplicações. In: *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013.
- Copque, A. C. S.M.; Souza, F. A.; Santos, D. V. C.; Paixão, R. C. Expansão urbana e redução de áreas verdes na localidade do Cabula VI Região do miolo da cidade do Salvador, Bahia. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 15., 2011, Curitiba, Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 0706. Disponível na biblioteca digital URLib: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2011/files/p0313.pdf> > . Acesso em: 05 mai. 2011.
- Deering, D. W.; Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A. Measuring “forage production” of grazing units from Landsat MSS data. In: *International Symposium on Remote Sensing of Environment*, 10., Ann Arbor. Proceedings... Ann Arbor, MI: ERIM, 1975. v.2, p.1169-1178.
- Esri. ArcGis 10.4. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, CA. 2016.
- Galvanin, E. A. S.; Neves, S. M. A. S.; Cruz, C. B. M.; Neves, R. J.; Jesus, P. H. H.; Kreitlow, J. P. Avaliação dos Índices de Vegetação NDVI, SR e TVI na discriminação de fitofisionomias dos ambientes do Pantanal de Cáceres/MT. *Revista Ciência Florestal*, v. 24, n. 3, p. 707-715, 2014.
- Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sinopse do Censo Demográfico 2010. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=51&dados=0>. Acessado em: 27 mai. 2016.
- Lopes, A. S.; Galvncio, J. D. Uso da Terra Em Ambientes Urbanos E Seus Impactos. *Revista RBGF*, v. 6, n. 2, p. 329-340, 2013.
- Nascimento, P. S. R.; Getulio, T. B.; Raimundo, A. F. Efeito de Pré-Processamento (ajuste) no Desempenho da Segmentação e Classificação De Imagens Landsat-TM. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 9., 1998, Santos, Anais... São José dos Campos: INPE, 1998. p. 981-989. Disponível na biblioteca digital URLib: < http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.11.12.02/doc/8_131p.pdf > . Acesso em: 18 set. 1998.
- Novo, E. M. L. M. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 1989. 308-p.
- OKE, T. R. City size and the urban heat island. *Atmos Environ.*, v. 7, n. 8, p. 769-779, 1973.
- Oliveira, B. S.; Mataveli, G. A. V. Avaliação do desempenho dos classificadores Iseog e Bhattacharya para o mapeamento de áreas de cana-de-açúcar no município de Barretos-SP. In: *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 16., 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013. p. 0089-0096. Disponível na

biblioteca digital URLib: < <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0863.pdf> >. Acesso em: 18 abr. 2013.

Ortiz, G. F. O clima urbano de Cândido Mota/SP: análise do perfil térmico e higrométrico em episódio de verão. 2012. 158f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente/SP, 2012.

Projeto RADAMBRASIL. Grupo de Trabalho de Estudos Integrados. Subsídios a formulação de uma estratégia de desenvolvimento integrado. Bacia do rio Curaça – BA; diagnóstico do potencial geoambiental e proposições para o uso. Salvador: 1985. 111p. Convênio PROJETO RADAMBRASIL/CARAÍBA METAIS S/A.

Rosemback, R.; França, A. M.; Florenzano, T. G. Análise comparativa dos dados NDVI obtidos de imagens CCD/CBERS-2 e TM/LANDSAT-5 em área urbana. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2004, Goiânia. Anais... São José dos Campos: INPE, 2004. p. 1075-1082. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://mar.te.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.16.17.49/doc/1075.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2005.

Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D.W.; Harlan, J.C. Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. Greenbelt, MD: NASA/GSFC, 1974. 371p. Type III, Final Report.

Santos, T. O. Identificação de ilhas de calor em Recife-PE por meio de sensoriamento remoto e dados meteorológicos de superfície. 2011. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

Sousa, A. M. O.; Oom, D. F.; Pereira, J. M. C. Detecção remota de áreas queimadas na Amazônia brasileira. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis, Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. p.4541-4548.

Souza, J. F.; Silva, R. M.; Silva, A. M. Influência do uso e ocupação do solo na temperatura da superfície: o estudo de caso de João Pessoa - PB. Ambiente Construído, v. 16, n. 1, p. 21-37, 2016.

USGS. Geological Survey. Serviço de Levantamento Geológico Americano, 2016. Disponível em: <<http://landsat.usgs.gov>>. Acessado em: 07 Jul 2013.

Voogt, J. A.; Oke, T. R. Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sensing of Environment, v. 86, n. 3, p. 370–384, 2003.



O fluxo da pecuária de corte no Pantanal Sul: uma análise do trânsito de bovinos investigando a interferência da dinâmica hidro meteorológica da região e o evento extremo “cheia de 2011”

Ana Gabriela de Jesus Araujo 1
Luiz Tadeu da Silva 1
Leonardo Bacelar Lima Santos 2
Beatriz Marques Moreira da Silva 2
Gilvan Sampaio de Oliveira 1
Guillermo Oswaldo Obregon Párraga 1
Antônio Miguel Vieira Monteiro 3
Murilo da Costa Ruv Lemes 1
Marcelo Leme do Prado 1
Daniel Andres Rodriguez 1

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Rodovia Presidente Dutra, km 40
12630-000 - Cachoeira Paulista - SP, Brasil
{ana.araujo, luiz.tadeu, gilvan.sampaio, guillermo.obregon}@inpe.br
{murilo.lemes, daniel.andres}@inpe.br
marceloprado.mlp@gmail.com

² Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN
Rodovia Presidente Dutra, km 40
12630-000 - Cachoeira Paulista - SP, Brasil
{santoslbl, beatriz.mm.silva}@gmail.com

³ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
miguel@dpi.inpe.br

Resumo. No Pantanal de Mato Grosso do Sul a pecuária bovina de corte tem por característica o deslocamento do gado, refletindo a sujeição da atividade ao ritmo das inundações naturais da região, que determina a oferta das pastagens e da área disponível para a ocupação. Eventos extremos de cheias e de secas recentes implicaram em prejuízos e no aumento de custos, como a suplementação alimentar, a venda compulsória e a morte dos bovinos por afogamento ou fome. Presumindo a sazonalidade das inundações uma condição para a movimentação dos rebanhos, este trabalho objetivou caracterizar o fluxo do gado dos municípios do Pantanal Sul Mato-Grossense, verificando sua interação com a cheia ocorrida em 2011. Foram utilizados dados hidrometeorológicos de diferentes pontos da Planície com o intuito de compreender a dinâmica espacial de inundação, e dados do trânsito mensal de bovinos, para construção da matriz de um grafo e representação em Sistema de Informações Geográficas. Índices anuais de conectividade e eficiência das redes de trânsito foram calculados e comparados. Os resultados revelaram um padrão intenso de fluxo, com variações intra Pantanal, entre Planície e Planalto e entre municípios. Para 2011, foi identificada a redução de fluxo em áreas ao sul, mais afetados pela inundação, como Porto Murtinho. Os resultados reforçaram o discurso de fluidez como estratégia adaptativa da pecuária bovina pantaneira, demonstraram uma dimensão dos efeitos do evento extremo de cheia, sobre a atividade, e endossam uma perspectiva de território descontínuo e “em movimento” da criação de gado no Pantanal, construído em forma de redes.

Palavras-chave: pecuária bovina, Pantanal Sul, trânsito de bovinos, grafos, eventos extremos de cheia.

Abstract. In the Pantanal of Mato Grosso do Sul State the beef cattle features the displacement of the cattle, reflecting the subjection of the activity to the rhythm of the natural flooding of the region, which determines the pastures supply and the area available for occupation. Extreme events of floods and recent droughts resulted in losses and costs increasement, such as food supplementation, the compulsory sale and the cattle death by drowning or starvation. Assuming the seasonality of flooding as a condition for the movement of livestock, this study aimed to characterize the cattle flow of the municipalities of the Pantanal Sul Mato-Grossense, checking their interaction with the great flood occurred in 2011. It was used hydrometeorological data from different points of the Plain trying to understand the spatial dynamics of inundation and monthly traffic cattle data to build the matrix of a graphs and representation in geographic information system. Connectivity and efficiency anual rates of networks were calculated and compared. The results revealed an intense flow pattern, with variations intra Pantanal, between Plain and Plateau and between municipalities. For 2011, it was identified the flow reduction in the south municipalities, the most affected by the flooding, like Porto Murtinho. The results reinforced the speech of flow as an adaptive strategy of “Pantaneira” beef cattle, it showed a dimension of extreme event effects great flood on activity, and endorses a perspective of discontinuous territory and “moving” of the cattle creation in the Pantanal, built in networks shape.

Key-words: beef cattle livestock, South Pantanal, cattle transit, graphs, extreme flood events.

1. Introdução

Em terras brasileiras a planície de inundação da Bacia do Alto Paraguai (BAP) é chamada de Pantanal. A região possui 139.111 km², partilhados em áreas dos Estados de Mato Grosso (35%) e Mato Grosso do Sul (65% do total, aqui chamado de Pantanal Sul), e apresenta especificidades geocológicas que expressam paisagens variadas, **conFigurando** um ambiente sujeito ao ritmo do pulso das inundações anuais, com períodos úmidos e secos bem marcados (Santos et al., 2012; Silva e Abdon, 1998; Brasil, 1997).

Esta sazonalidade reflete o comportamento dos canais fluviais e chuvas ocorridas na Bacia e apresenta variabilidade multiescalar no tempo (intra e inter anual e multianuais) e no espaço (com precipitação localizadas e específicos processos e padrões de inundação) (Paz et al., 2011; Padovani, 2010; Tarifa, 1986; Adámoli, 1986). Nos últimos anos a região vem demonstrando maior frequência de eventos extremos tanto de cheias quanto de secas. Em longo prazo, ainda que o Pantanal reflita um ciclo mais úmido, desde meados da década de 1970, eventos severos de secas, como em 2005 e 2012, intercalados com cheias intensas, como em 2011 e 2014, despertam a atenção para os efeitos desta variabilidade sobre o cotidiano e as produções da sociedade local (Fernandes e da Anunciação, 2012; Pereira e Yule, 2011; Lima et al., 2011; Soares et al., 2010; Soares et al., 2007).

A pecuária bovina de corte é umas das principais atividades produtivas do Pantanal Sul. Considerada historicamente adaptada, com os rebanhos criados nas extensas áreas de pastagens nativas e exóticas e movimentados periodicamente, acompanhando o pulso das inundações (Abreu et al., 2010). Os Municípios da região apresentam particularidades e complementaridades na execução das fases do ciclo completo da produção. Corumbá por exemplo, possui o segundo maior rebanho do Brasil, com mais de 1,7 milhão de cabeças de gado bovino (IBGE, 2015) e se destaca na produção (cria) de bezerros para recria e abate em outras localidades (Cadavid Garcia, 1985); e municípios de borda que também possuem terras de Planalto, como Aquidauana e Coxim, desempenham as fases de recria e engorda de forma mais robusta e estão mais próximos à indústria frigorífica do Estado. Forma-se assim uma região produtora que se integra na produção e comercialização de cada fase dos bovinos, bem como na articulação de localidades com diferentes altitudes e paisagens, garantindo a alimentação e a segurança dos rebanhos das terras baixas no período de cheias (Araujo et al., 2016; Araujo, 2006).

Considerando este trânsito do rebanho com uma especificidade do manejo da pecuária pantaneira (Abreu et al., 2010), os recentes eventos extremos de cheias e de secas podem interferir na comercialização dos bovinos, e já vêm refletindo em prejuízos e no aumento de custos com

a suplementação nutricional em anos de estiagens severas e a perda de animais por isolamento, fome e afogamento (Correio do Estado, 20/03/2011). Diante disso, são requeridas dos produtores estratégias de enfrentamento como a venda compulsória ou a retirada antecipada desses animais diante das limitações de circulação.

Isto reforça cada vez mais a necessidade de entendimento da dinâmica de inundações do Pantanal e de técnicas de monitoramento e alerta que subsidiem a atuação o setor produtivo (Padovani et al., 2011). Assim, se justificam estudos acerca da interação entre a variabilidade hidrometeorológica do Pantanal e a dinâmica produtiva “em rede” da criação de bovinos na região com aplicação de técnicas estatísticas avançadas, como o presente trabalho. Para isso, como ferramenta para quantificar e visualizar a dinâmica anual dos fluxos de bovinos no Pantanal Sul, foi efetuada uma análise de grafos (Santos, 2014).

2. Objetivo

Caracterizar a dinâmica do fluxo de bovinos no Pantanal Sul Mato-Grossense entre 2007 e 2014, considerando a cheia extrema ocorrida em 2011 e suas possíveis influências sobre as particularidades ambientais e produtivas da pecuária em diferentes escalas, intra e intermunicipais e entre áreas de Planície e Planalto da BAP.

3. Material e Métodos

Foram considerados como área de estudo os Municípios com terras de Planície Pantaneira e grande relevância na criação de gado de corte: Aquidauana, Corumbá, Coxim, Ladário, Miranda, Porto Murtinho e Rio Verde de Mato Grosso. Juntos, representam 99,48% de terras do Pantanal Sul e somam um rebanho de 4.733.567 cabeças (Silva e Abdon, 1998; IBGE, 2015). Para cada um deles, foram consideradas suas sub-regiões de Planície e de Planalto e extraído o centróide de cada uma dessas sub-regiões, que representou um vértice dos grafos da rede de fluxos de bovinos.

Para identificar o padrão de comportamento hidrometeorológico do Pantanal, foram elaborados mapas anuais da precipitação da BAP, baseados nos dados de reanálises de imagens de satélite. De forma complementar, foram utilizadas séries diárias de dados observacionais de precipitação pluvial e níveis fluviais de estações localizadas nos dois municípios de maior produção pecuária, Aquidauana (situado a sudeste da BAP e representado pelas estações A 719 e 66945000) e Corumbá (situado no centro-oeste e representado pelas estações: Nhumirim e a 66825000, que registra os níveis do Rio Paraguai em Ladário, município conurbado). Esses dados foram obtidos nos *websites* do *National Center for Environmental Prediction/National Oceanic and Atmospheric Administration* (NCEP/NOAA), Centro de Monitoramento de Tempo do Clima e dos Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul (Cemtec), em seu serviço Boletins Meteorológicos, e do Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA); sendo a série Nhumirim gentilmente cedida pela Embrapa Pantanal (CPAP).

Em relação ao trânsito de gado bovino, as informações foram levantadas por meio do Sistema de Atenção Animal (SANIAGRO) da Agência de Sanidade Animal e Vegetal do Estado de Mato Grosso do Sul (IAGRO). O SANIAGRO se baseia nos dados registros nas Guias de Trânsito Animal, relativas ao controle do fluxo de animais que são aferidas pela Agência, de acordo com a Portaria nº 3.505/15 e a Lei nº 5741/06 (IAGRO, 2015; Brasil, 2006). Esses dados forneceram os números totais de bovinos movimentados por mês, segundo o município de origem e de destino, a sub-região intra municipal (Planície ou Planalto da BAP) e os meios de transporte dos deslocamentos utilizados para o período entre 2007 a 2014, permitindo a identificação dos padrões anuais da rede dos fluxos do rebanho por e entre os diferentes

municípios. As informações foram inseridas no banco de dados geográficos preparado para a pesquisa, o que permitiu a realização de consultas temáticas e sínteses em mapas, gráficos e tabelas em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas). Para a construção da rede, a regra de conexão foi estabelecida com base em critério de existência do fluxo de gado entre os vértices (sub-região). Foi construído um grafo para cada ano do período 2007 – 2014, e aqui apresentada a comparação dos comportamentos do fluxo em 2009 e 2011. A caracterização de um grafo consistiu em revelar os valores de alguns índices (propriedades) da rede, neste artigo foram analisados a conectividade média e a eficiência global, conforme abordagem de base territorializada, desenvolvida em Santos (2014).

4. Resultados e Discussão

As inundações intra-aneais no Pantanal variam conforme a ocorrência de precipitações locais, variações nas intensidades das contribuições das sub-bacias e as condições anteriores de inundação, que podem alcançar até tres anos no tempo de retorno do escoamento da BAP (Paz et al., 2010 e 2011). Na **Figura 1** é apresentado o comportamento médio das precipitações diárias nos anos de 2010 (**A**) e 2011 (**B**), sendo possível observar a variabilidade espacial das chuvas, forte influência do clima sul-amazônico no Pantanal Norte e o gradiente de precipitação nos sentidos norte-sul e leste-oeste, em direção à área mais deprimida da Planície. No entanto, em 2010 a precipitação se mostrou mais intensa no norte, no extremo sul e parte do sudeste da Bacia, enquanto que em 2011 a média foi inferior em toda a Bacia, porém com chuvas localizadas no centro e bordas sudoeste e sudeste.

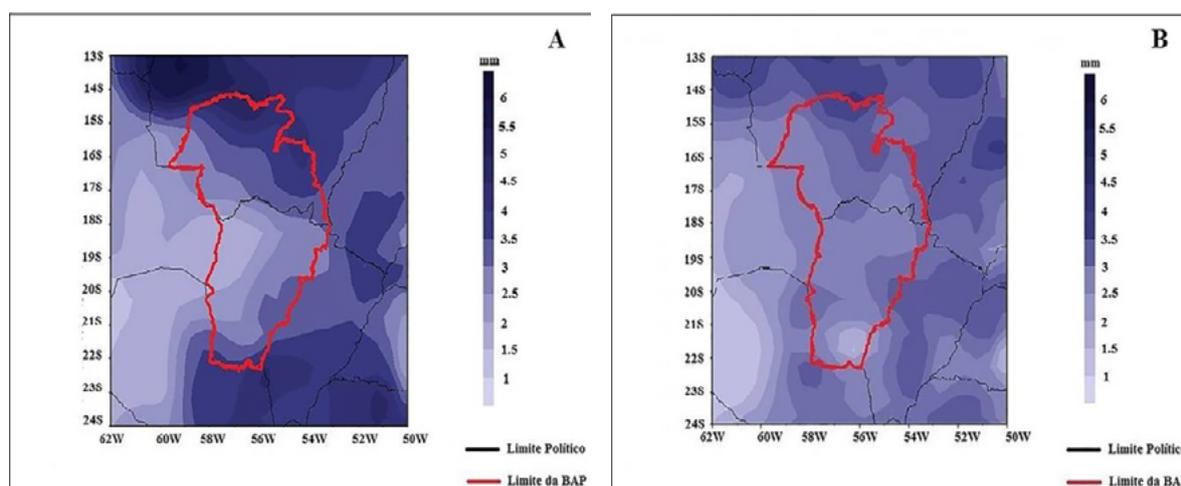


Figura 1. Média de precipitação diária ocorrida nos anos de 2010 (A) e 2011 (B) com destaque para a BAP.

Fonte: CDO/NCEP/NOAA (2016), dados compilados e organizados pelos Autores.

No Pantanal considera-se como ano hidrológico o período iniciado em 1º de outubro e encerrado no dia 30 de setembro do ano subsequente (Galdino e Clarke, 1995). Portanto, o ano de 2011 foi influenciado pela hidrometeorologia de 2010 e se refletiu na dinâmica das inundações em 2012 (Soares et al., 2010).

Soares et al. (2010) levantaram que o ano hidrológico de 2009/2010 foi considerado como o de uma “cheia pequena”, de acordo com a classificação de Galdino et al.(2002), com níveis do Rio Paraguai entre 4 e 4,99 metros, sendo um ano hidrológico “seco”, com um dos sete menores níveis máximos registrados após o longo ciclo seco do Pantanal (1964-1973). Ainda segundo os Autores, o comportamento das chuvas de Corumbá em 2010 se mostrou

abaixo da média histórica em duas estações climatológicas analisadas na ordem de 15,1% e 28,6% e, apesar da ocorrência de chuvas acima da média histórica no início do período chuvoso a distribuição mensal foi irregular, com volumes inferiores aos previstos para outubro e novembro, superiores em dezembro e com os meses subsequentes apresentando valores abaixo da média. Dinâmica que refletiu um período mais seco na transição entre os anos de 2010 e 2011, com o Rio Paraguai em Ladário apresentando o nível de 92 cm em 14 de novembro de 2010 (GeoHidro Pantanal, 2015).

Para o ano de 2011 as réguas do Serviço de Sinalização Náutica do Oeste da Marinha do Brasil demonstraram que o nível do Rio Paraguai em Ladário manteve-se por volta de 1 metro até meados de janeiro (Soares et al., 2010). Contudo, a partir do dia 17 de janeiro houve uma mudança brusca no regime de precipitação, com chuvas intensas e persistentes, refletindo-se na subida dos níveis do Rio Paraguai, com mais de 200 cm em aproximadamente 2,5 meses, sugerindo uma intensidade da inundação similar àquelas verificadas em anos de grandes cheias, como de 1980, 1982 e 1988 (Soares et al., 2010), com o nível atingindo a marca de 562 cm em 15 de junho de 2011 (GeoHidro Pantanal, 2015).

O evento observado no ano de 2011 representou uma das maiores cheias das últimas décadas, com as águas atingindo áreas mais altas que normalmente não inundam (Cardozo, 2009; Lima et al., 2011; Moraes et al., 2013). A partir de estimativas baseadas em imagens de satélite, Moraes et al. (2013) observaram que a inundação de 2011 alcançou cerca de 42% de toda a extensão territorial do Pantanal, semelhante ao ano de grande cheia de 2000.

Não obstante, apesar da mesma intensidade, esses Autores identificaram a variabilidade espacial entre as grandes cheias de 2000 e 2011. Uma vez que em 2011 as áreas inundadas se concentraram ao centro-sul do Pantanal, afetando principalmente os Municípios de Aquidauana, Miranda e Porto Murtinho, enquanto que em 2000 ocorreram na região central, ao norte do leque do Rio Taquari. Diferença que foi atribuída à forte cheia localizada nas proximidades dos Rios Miranda, Aquidauana e Negro e à concentração de chuvas nas regiões de Planalto desses Municípios (Moraes et al., 2013), apesar da redução da precipitação ter ocorrido em algumas sub-regiões, como no oeste e alguns setores da transição do Planalto, como pode ser visto na **Figura 1 (B)**.

Esta variabilidade espaço-temporal das cheias anuais pode ser visualizada na **Figura 2** que representa os níveis mensais dos Rios Paraguai e Aquidauana refletidos nos Municípios de Corumbá (**A**) e Aquidauana (**B**). Observou-se na **Figura 2 (A)** que a cheia do Rio Paraguai em 2011 atingiu o maior nível máximo em todo o período apresentado, 2000 a 2012, superando os anos de 2000 e 2006. A cheia de 2011 foi intensa a partir do fim da estação chuvosa, com a contribuição das chuvas do mês de março que apresentou um acumulado de 455,2 mm, e atingiu o índice ápice nos meses de maio e junho com 562 cm.

Sobre a estação chuvosa de verão, segundo Moraes et al. (2013), o ano de 2011 apresentou um acumulado de precipitação no trimestre (Jan/Fev/Mar) 57,4% superior à média entre os anos de 2000 a 2013, comportamento anômalo que pode ter intensificado e antecipado a cheia do Rio Paraguai e conseqüentemente a inundação da Planície. Na **Figura 2 (B)** notou-se que a cheia do Rio Aquidauana em 2011 também superou os níveis máximos do período, apresentando nos meses de janeiro e março, respectivamente os índices de 678 cm e 1000 cm, e em seguida no mês de novembro o índice de 636 cm, considerados extremos, além de ápices de níveis mínimos mais elevados dos 13 anos representados.

Em relação à variabilidade das chuvas nos dois municípios, as estações aqui analisadas indicaram volumes intensos e concentrados no verão de 2011, com valores superiores às normais climatológicas de todos os meses. As normais climatológicas do período 1961-1990 para Jan/Fev/Mar para o Município de Corumbá são, respectivamente, na ordem de 231,8mm,

179,4mm e 142,9mm (INMET, 2009). No entanto, os volumes de precipitação registrados mês a mês em 2011 foram de 194,2 mm; 171,1 mm; e 455,2 mm, totalizando um acumulado de 820,5 mm no trimestre, superior na ordem de 48,08% a mais que o acumulado das normais, ainda que nos dois primeiros meses tenha havido anomalias inferiores às normais. É importante ressaltar a anomalia para o mês de março de 2011, conforme indicado na Figura 2 (A), superior em 218,54% ao índice mensal. Para Aquidauana as normais para o trimestre são, respectivamente, de 207,1mm; 122,7mm; e de 137,7mm (INMET, 2009). Porém, a precipitação observada em 2011 foi na ordem de 351,4mm, 247,4mm e 260,8mm, respectivamente, um acumulado de 859,6mm, superior na ordem de 83,87% ao índice das normais do trimestre, 467,5mm.

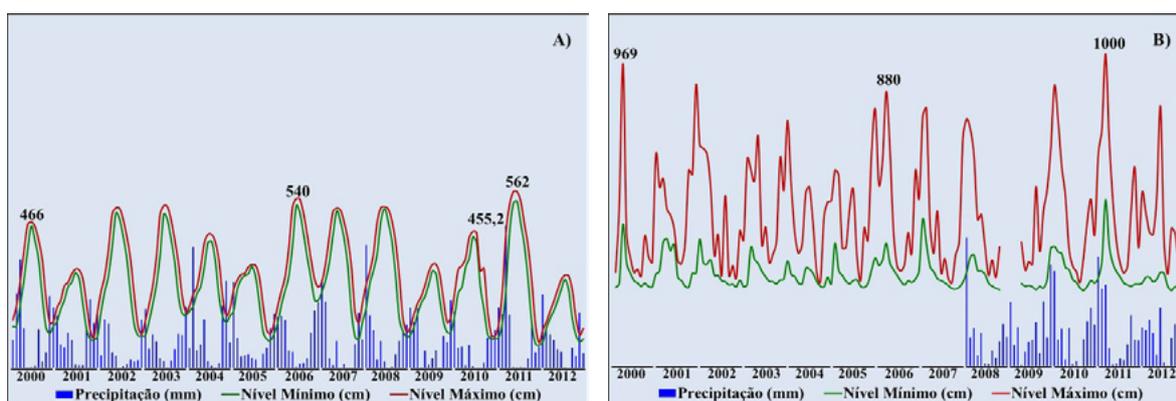


Figura 2. Índices mensais de precipitação acumulada e níveis fluviais mínimos e máximos de 2000 a 2012 nos Municípios de Corumbá (A) e Aquidauana (B). Fontes: Embrapa Pantanal (2014), Cemtec (2016) e ANA (2015), dados compilados e organizados pelos Autores.

Em relação ao fluxo de bovinos da pecuária regional, o deslocamento dos rebanhos por entre o Pantanal é uma das características do manejo da criação. É comum a posse de mais de uma propriedade rural, situadas em terras baixas da Planície e em áreas altas do Planalto, articuladas entre si em um mesmo Município ou não (Araujo et al., 2014; Araujo, 2006).

A **Tabela 1** apresenta o total de animais deslocados no Pantanal Sul entre 2007 e 2014, 32.163.331 bovinos, bem como os meios de transportes utilizados neste fluxo. Ressalta-se a predominância do transporte “Rodoviário” (56,38%) e “A pé” (39,37%) como os mais utilizados no Pantanal. Um número significativo e que, se comparado ao volume total de bovinos enviados no período para outros destinos fora do Pantanal Sul, 6.519.015 bovinos, segundo informado pelo SANIAGRO, endossa o caráter fluído e descontínuo da pecuária pantaneira, que faz da ocupação temporária de diferentes espaços, uma forma de manejo adaptado ao ciclo das inundações. Uma vez sujeita a tal variabilidade ambiental, essa prática pode ser influenciada por eventos extremos como a cheia de 2011, com os deslocamentos sendo prejudicados e até mesmo impossibilitados.

Para caracterizar a rede de fluxos de bovinos no Pantanal Sul no período 2007 e 2014 e verificar a influência da cheia de 2011 nesta dinâmica da pecuária pantaneira, foi produzida uma modelagem com os grafos de trânsito anual. A **Figura 3** representa as redes dos fluxos dos anos de 2009 (A) e de 2011 (B), tendo em vista o estado de “normalidade” hidrológica da região em 2009 e o evento de cheia extremo ocorrido em 2011.

Tabela 1. Nº total de **bovinos** deslocados no Pantanal Sul no período 2007 a 2014, segundo os meios de transporte

Meios de Transporte	Total	%
Rodoviário	18.134.450	56,38
A pé	12.661.460	39,37
A pé/rodoviário	670.164	2,08
A pé/fluvial	282.646	0,88
Rodoviário/fluvial	247.314	0,77
Outros	167.297	0,52
Total	32.163.331	100

Fonte: IAGRO (2015). Dados compilados e organizados pelos Autores.

Conforme apresentado na **Figura 3**, a rede do fluxo da pecuária bovina apresenta diferentes níveis de conectividade entre as áreas do Pantanal Sul, com destaque para as sub-regiões de Pantanal de Aquidauana (1), Corumbá (2) e Porto Murtinho (13) e de Planalto de Aquidauana (8). Em 2009 (A) os fluxos de maior peso ocorreram entre áreas mais interiorizadas do Pantanal (centróides 1, 3, 8, 9 e 13), os quais alguns destes não se realizaram em 2011 (8 para 9, 1 para 9 e 3 para 13). A conectividade entre as sub-regiões de Pantanal de Ladário (4) para Porto Murtinho (6) também não foi observada em 2011, sugerindo a possível influência da cheia extrema nessas áreas mais deprimidas do Pantanal. Por outro lado, no ano do evento extremo de cheia de 2011 (B), foram observados fluxos intra Pantanal para outros destinos que os observados em 2009, trajetos que apontam forte indício de terem se apresentado como alternativos e potencialmente estratégicos nesta porção do Pantanal Sul, como entre as sub-regiões de Pantanal (centróides 4 e 5), possivelmente em razão da proximidade e facilidade de acesso, bem como de Porto Murtinho (6) para Coxim (3), fluxo com expressivo peso no volume de animais deslocados, que representaria o principal canal de escoamento da produção da Planície em direção ao Planalto da BAP.

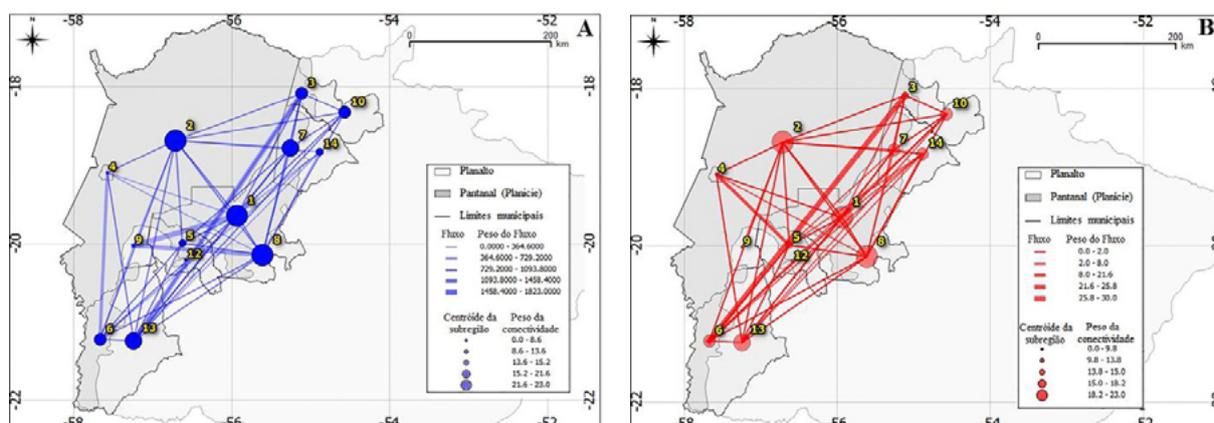


Figura 3. Grafo de fluxos anuais de bovinos entre os Municípios do Pantanal Sul nos anos de 2009 (A) e 2011 (B). A numeração de 1 a 7 corresponde à sub-região Pantanal dos Municípios: 1) Aquidauana; 2) Corumbá; 3) Coxim; 4) Ladário; 5) Miranda; 6) Porto Murtinho; e 7) Rio Verde de Mato Grosso. A numeração de 8 a 13 corresponde à sub-região Planalto em: 8) Aquidauana; 9) Corumbá; 10) Coxim; 12) Miranda; 13) Porto Murtinho; e 14) Rio Verde de Mato Grosso. Observação: Não houve fluxo de/para a sub-região de Planalto de Ladário nos dois

anos (ponto 11 da matriz de fluxos).

Fonte: IAGRO (2015), dados compilados e organizados pelos Autores.

A **Figura 4** apresenta o comportamento de dois índices do grafo dos fluxos de bovinos no Pantanal Sul no período analisado. O índice de conectividade de um vértice (**A**) é definido como o número de vértices (centróides) a qual este vértice está conectado. A conectividade média de um grafo é a média aritmética da conectividade de cada vértice. Já o segundo índice, eficiência global da rede (**B**), é calculado com base na soma dos inversos das distâncias (mensurada em termos de número de arestas) entre cada par de vértices (Santos, 2014). Foi possível observar que a conectividade média (**A**) e a eficiência global (**B**) decaem no ano de 2011. Tais resultados captaram a interferência que a inundação teria gerado na rede - com a dificuldade do estabelecimento de articulação entre os espaços produtivos da pecuária pantaneira em Mato Grosso do Sul. Vale destacar a queda do índice de eficiência da rede (**B**) em 2014, outro ano de cheia extrema no Pantanal Sul, principalmente nas sub-bacias do sudeste.

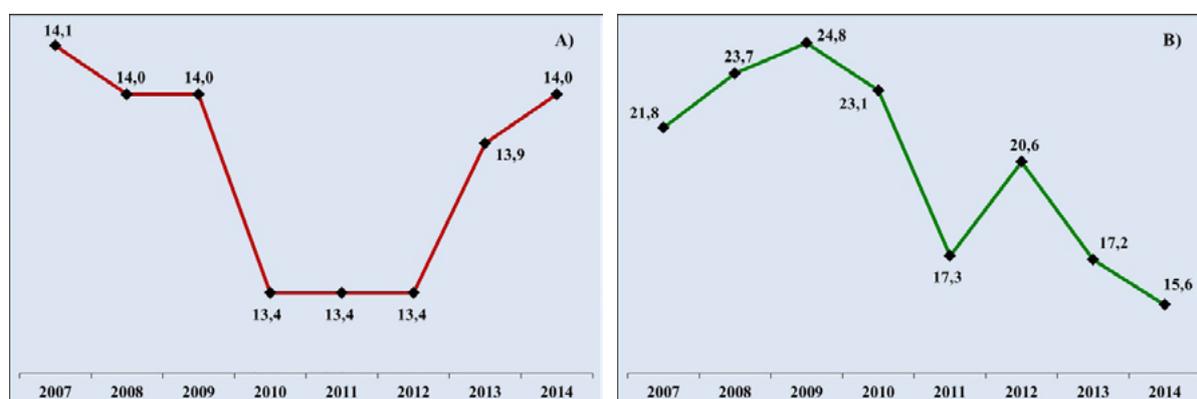


Figura 4. Índice de conectividade média (A) e eficiência global (B) da rede de fluxos de bovinos nos Municípios do Pantanal Sul entre 2007 e 2014.

Fonte: IAGRO (2015), dados compilados e organizados pelos Autores.

5. Conclusões e Sugestões

Este trabalho corrobora a necessidade de se investigar e monitorar o comportamento hidrológico dos rios que correm para o Pantanal Sul e do desenvolvimento de ferramentas que facilitem o manejo da pecuária regional, à medida das diferenças na frequência e intensidade da variabilidade hidrológica nas escalas intra, inter e plurianuais e dos reflexos desta dinâmica sobre a disponibilidade de ocupação, acessos e circulação nesses Municípios.

É intenso o trânsito de bovinos na região. Este deslocamento “nômade” se configura como estratégia adaptativa do manejo da pecuária de corte, que organizado em forma de rede, extrapola os limites políticos-administrativos e é feito predominantemente no transporte a pé e rodoviário.

Foi demonstrado que a cheia de 2011 se apresentou como uma das maiores nas últimas décadas, evento influenciado por anomalias de chuva nos meses de verão e com efeitos mais concentrados nas áreas ao sul e sudeste da região. O evento coincidiu com a redução do fluxo de bovinos, evidenciado pelo índice da eficiência das redes entre Municípios e entre Planície e Planalto.

A análise de rede se mostrou uma ferramenta útil e adequada para capturar a articulação do território da pecuária pantaneira, contudo o nível de informação em escala regional dos grafos não permitiu aprofundamentos na explicação dos mesmos.

Como perspectiva do trabalho é necessário considerar análises integradas com outras variáveis econômico-produtivas e do regime hídrico do Pantanal e uma resolução espacial maior para análise de rede, como a dinâmica temporal da conectividade do Pantanal Sul com os demais municípios e outros Estados ou entre as próprias fazendas, considerando não apenas a divisão Planície-Planalto, viabilizando o aprofundamento da análise estatística de diversos índices de redes complexas.

6. Agradecimentos

Este estudo conta com apoio da CAPES pela bolsa de doutorado de Ana Gabriela de Jesus Araujo e dos projetos CNPq nº 454267/2014-2 e FAPESP nº 2015/18065-7. Agradecemos também à meteorologista Balbina M. A. Soriano pela cessão dos dados pluviométricos da estação climatológica Nhumirim; aos médicos veterinários Suzana C. Ortega e Roberto S. Bueno pela gentileza e envio dos dados do SANIAGRO; à engenheira agrônoma Olinda B. M. de Souza, egressa da Secretaria de Produção e Turismo do Estado de Mato Grosso do Sul pelas discussões, leituras e apontamentos; e ao *webdesigner* Claudinei de Camargo do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais pelo tratamento das **Figuras**.

7. Referências

- Abreu, U. G. P.; Mcmanus, C.; Santos, S. A. Cattle ranching, conservation and transhumance in Brazilian Pantanal. Pastoralism. **Research, Policy and Practice**, v. 1, p. 99-114, 2010.
- Adámoli, J. A. Dinâmica das Inundações no Pantanal. In: Simpósio sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal, 1., 1986, Corumbá. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 1986. p. 51 - 61.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Hidroweb: Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://www2.ana.gov.br/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 16 abr. 2015.
- Araujo, A. G e J.; Silva, L.T.; Monteiro, A. M. V.; Oliveira, G. S.; Rodriguez, D. A. Os Territórios da pecuária bovina de corte no Pantanal Sul Mato-Grossense: do nomadismo dos Guaicurus a multiplicidade dos dias atuais. In: I Congresso Internacional de História Regional. 2016, Aquidauana. **Anais...** Aquidauana: AGB/ANPUH-MS, 2016. Disponível em: <<http://www.congressohistoriaregional.com.br>>. Acesso em: 20 mai. 2016.
- Araujo, A. P. C. **Pantanal, um espaço em transformação**. 2006. 315 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.
- Araujo, A. P. C.; Vargas, I. A. D.; Bicalho, A. M. D. S. M. As tradicionais fazendas de gado do Pantanal Mato-Grossense e a ordem espacial. In: Araujo, A. P. C.; VARGAS, I. A. de (Ed). **Dinâmicas do Rural Contemporâneo**. Campo Grande: EDUFMS, 2014. p. 231-250.
- Brasil. MAPA - Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Valor Bruto da Produção Pecuária de Mato Grosso do Sul – 2015**. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/ministerio/gestao-estrategica/valor-bruto-da-producao>>. Acesso em: 20 out. 2015.
- Brasil. MMA - Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (Pantanal) – PCBAP**. Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente. Projeto Pantanal, 1997: v. II, Tomo II-B, p. 369.
- Brasil. Presidência da República. **Decreto Nº 5.741**, de 30 de março de 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5741.htm>. Acesso em: 20 dez. 2015.
- Cadavid Garcia, E.A. Comercialização do Gado Bovino do Pantanal Mato-grossense: Município de Corumbá, MS. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, p. 44, 1985. (**Circular Técnica, 16**).
- Cardozo, F. S.; Pereira, G. B. S.; Silva, F. B.; Shimabukuro, Y. E.; Moraes, E. C. Discriminação de áreas alagadas no Pantanal sul-matogrossense a partir de imagens orbitais. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2009. Corumbá. **Anais...** Corumbá: EMBRAPA/INPE, 2009. p. 99-106.

CDO/NCEP/NOAA. Climate Data Operators/National Center for Environmental Prediction/National Oceanic and Atmospheric Administration. **Precipitable water**. Disponível em:

<<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.surface.html>>. Acesso em: 25 fev. 2016.

Cemtec. Centro de Monitoramento de Tempo, do Clima e dos Recursos Hídricos de Mato Grosso do Sul. **Boletins Meteorológicos 2008-2012**. Disponível em: <http://www.cemtec.ms.gov.br/?page_id=15>. Acesso em: 08 mai. 2016.

Correio do Estado. **Cheia antecipada causa morte de gado nas fazendas do Pantanal**. Campo Grande, 2011. Disponível em: <<http://www.correiodoestado.com.br/noticias/cheia-antecipada-causa-morte-de-gado-nas-fazendas-do-pantanal/103836/>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

Fernandes, E. F. D. L.; da Anunciação, V. S. Impactos de eventos climáticos extremos e seus reflexos na cidade de Aquidauana-MS. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 4, p. 707 – 720, 2012.

Galdino, S.; Clarke, R. T. Levantamento e estatística descritiva dos níveis hidrométricos do rio Paraguai em Ladário, MS – Pantanal. Corumbá: EMBRAPA-CPAP, p. 72, 1995. **(Documentos, 14)**.

GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; OLIVEIRA, Henrique de; CARDOSO, E. L. . O mais longo e intenso ciclo de cheia do Pantanal.. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste - SIMPORH 2, 2002, Campo Grande. Águas do Centro-Oeste: a fronteira é hídrica. **Anais...** Campo Grande: ABRH-MS: UFMS, 2002.

Geohidro Pantanal. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/geohidro-pantanal>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

IAGRO. Agência de Sanidade Animal e Vegetal do Estado de Mato Grosso do Sul. **Portaria Nº 3.505-15**, de 09 de novembro de 2015.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Ramos, A. M.; Santos, L. A. R.; Fortes, L. T. G. (Orgs). Brasília, p. 465, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa da Produção Pecuária Municipal 2014**. 2015. Disponível em: <www.ibge.br>. Acesso: 2 dez. 2015.

Lima, I. B. T. D.; Resende, E. K. D.; Comastri Filho, J. A. O ciclo das águas no Pantanal e a cheia de 2011, Corumbá, 2011. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79942/1/ADM144.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2016. **(Artigo de Divulgação na Mídia, n.144)**.

Moraes, E. C.; Pereira, G.; Cardoso, F. D. S. Avaliação da precipitação e sua influência sobre as áreas inundadas no Pantanal. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 2013. Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. p. 7216-7224.

Padovani, C. R. **Dinâmica Espaço-Temporal das Inundações do Pantanal**. 2010. 174 p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

Padovani, C. R.; Júnior, L. C.; Bonafé, P.; Vettorazzi, C. A.; Dias, R. A. P.; Dias, C. T. D. S.; Shimabukuro, Y. E.; Girard, P. Sistema de Monitoramento e Alerta de Inundações e Secas no Pantanal. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 2011. Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. p. 5140-5147.

Paz, A. R.; Collischonn, W.; Tucci, C. E. M.; Padovani, C. R. Simulação Hidrológica de Rios com Grandes Planícies de Inundação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 4, p. 31-43, 2010.

Paz, A. R.; Collischonn, W.; Tucci, C. E. M.; Padovani, C. R.. Large-scale modelling of channel flow and floodplain inundation dynamics and its application to the Pantanal (Brazil). **Hydrological Processes**, n. 25, p. 1498 - 1516, 2011.

Pereira, A. M. M.; Yule, M. F. Quantificação da área queimada no Pantanal Sul-Mato-Grossense no período crítico de 2010. In: 5º Simpósio Sul-Americano sobre Controle de Incêndios Florestais, 2011. Campinas. **Anais...** Campinas: IBAMA-MMA, 2011. p. 248-253.

Santos, L. B. L. **Redes Complexas de Base Territorializada (RCBT): conceito, caracterização e seu potencial de aplicação na modelagem epidemiológica**. 2014. 82 p. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2014.

Santos, L. D. S.; Zamparoni, C. A. G. P.; Soares, J. C. D. O. O ritmo pluviométrico na região de Cáceres-MT no

período compreendido entre a série histórica de 1971 a 2010. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 5, Ed. Especial 2, p. 1091 - 1102, 2012.

Silva, J. S. V.; Abdon, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 33, p. 1703-1711, 1998.

Soares, M. T. S.; Soriano, B. M. A.; Abreu, U. G. P. D.; Santos, S. A.; Comastri Filho, J. A. Monitoramento do Comportamento do Rio Paraguai no Pantanal Sul-Mato-Grossense em 2007. Embrapa Pantanal, Corumbá, p. 5, 2007. **(Comunicado Técnico nº 66)**.

Soares, M. T. S.; Soriano, B. M. A.; Abreu, U. G. P.; Santos, S. A. Monitoramento do comportamento do rio Paraguai na região de Corumbá, Pantanal Sul-Mato-Grossense, 2009/2010. Embrapa Pantanal, Corumbá, p. 5, 2010. Disponível em: <www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=COT85>. Acesso em: 15 abr. 2016. **(Comunicado Técnico nº 85)**.

Tarifa, J. R. O Sistema Climático do Pantanal: da compreensão do sistema à definição de prioridades de pesquisa climatológica. In: Simpósio Sobre Recursos Naturais E Socio-Econômicos do Pantanal, 1996. Corumbá. **Anais...** Corumbá: EMBRAPA-DDT, 1996. p. 9-27.



O aumento da concentração de metano no norte do Pantanal é explicado pelo alagamento sazonal?

Fernando da Silva Sallo 1
Tonny Jader de Moraes 1
Luciana Sanches1
Karen F. A. P. Sallo1
João Basso Marques1
Vanessa R. M. Dias2

¹Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT
Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 Bairro Boa Esperança.
Cuiabá - MT – 78060-900
fdss88@gmail.com
tonny@fisica.ufmt.br

²Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
MT-358
Tangará da Serra - MT, 78300-000

Resumo. O estudo da dinâmica da emissão de metano por áreas alagadas é importante para o manejo destas áreas periódica permanentemente alagadas, como o pantanal. Desta forma, a variabilidade temporal das concentrações de CH₄ sobre o Pantanal foi investigada usando dados de sensoriamento remoto de 2003-2015 do sensor AIRS a bordo do satélite AQUA. A variação da concentração de CH₄ foi comparada ao nível/extensão do alagamento obtidos a partir de cotas limnimétrica da plataforma HydroWeb, de dois rios pertencentes a área de estudo. Usando metodologias para análise de séries temporais para observar anomalias interanuais provocadas pela variação do nível do alagamento e/ou da extensão do alagamento, foi possível observar e inferir resultados importantes sobre a dinâmica entre alagamento e [CH₄]. A concentração de CH₄ apresentou tendência crescente no período analisado. Um aumento da concentração, das camadas mais altas da atmosfera, foi observada durante os períodos de vazante e seca da região. A influência do alagamento pôde ser percebida por toda a série anômala de dados, com diminuição entre 2006-2008 e 2012-2015. Através da transformada wavelet verificou-se forte periodicidade anual principalmente entre 2009-2014. Periodicidades sub-anual e supra-anual também ocorreram, em menor intensidade. No entanto, os resultados mostram que o aumento da concentração de CH₄ da região norte do Pantanal não é explicado apenas pela variabilidade no alagamento, concluindo que outros fatores influenciam neste comportamento. Sendo nos períodos secos anuais que apresentam um aumento sazonal na concentração de CH₄, sugere-se que durante os períodos chuvosos, o CH₄ esteja reagindo na atmosfera com substâncias que o consomem, principalmente, a hidroxila, OH⁻, provocando sua redução na atmosfera.

Palavras-chave: Satélite AQUA, Wavelet, altura de lâmina d'água.

Abstract. Methane emission by wetlands is an important factor for the management of these areas, such as the Pantanal. Thus, the temporal variability of CH₄ concentrations on the Pantanal was investigated using remote sensing data from 2003 to 2015 from AIRS sensor on board of AQUA satellite. The variation of the CH₄ concentration was compared to the level / extension of flooding obtained from HydroWeb platform of two streams belonging to the area of study. Using methodologies applied to time series analysis for observing interannual anomalies caused by the variation of the flooding level and/or the flooding extension, it was possible to observe and infer important results on the dynamics of flooding and [CH₄]. The concentration of CH₄ tended to increase throughout the study period. CH₄ concentration increased in the upper layers of the atmosphere was observed during periods of low water and dry season. The influence of flooding could be seen throughout the anomalous data series, with decreased between 2006 and 2008 and between 2012 and 2015. Through the wavelet transform technique we found strong annual periodicity mainly between 2009 and 2014. Sub-annual and super-annual periodicities also occurred, but with less intensity. The results show that the increase in CH₄ concentration of the northern Pantanal is not only driven by the flooding, concluding that other factors have been influenced in that behaviour. Since the dry season was observed to increase the CH₄ concentration, it is suggested that during rainy periods, CH₄ be consumed by some substances in the atmosphere, especially hydroxyl, OH.

Key-words: Satellite AQUA, Wavelet, flooding water level.

1. Introdução

O metano (CH₄) é o composto químico orgânico mais abundante da atmosfera. Vários estudos indicam que sua concentração vem aumentando (Dlugokencky et al., 2011) atingindo mais que o dobro desde o período pré-industrial (Bousquet et al., 2006). As áreas alagáveis são importantes por serem sensíveis as modificações climáticas e são os maiores emissores naturais de CH₄, sendo este aumento um forte candidato a atuar como uma retroalimentação positiva para o aquecimento futuro (Melton et al., 2013).

As áreas alagáveis são a maior fonte natural de CH₄ na atmosfera, contribuindo 145 Tg ano⁻¹, o que corresponde a cerca de 24% da emissão total de todas as fontes, e são especialmente importantes durante o período das chuvas. No Brasil há um alagamento sazonal em grandes áreas como a região Amazônica e o Pantanal. A inundação sazonal do Pantanal traz um conjunto de características distintas em suas dinâmicas de nutrientes e pulso de inundação (Vourlitis et al., 2013). Nessa área a vazão de água é reduzida, formando um ambiente favorável à deposição e posterior degradação da matéria orgânica de forma aeróbica e anaeróbica, resultando na formação de gases CO₂ e CH₄.

Uma das alternativas para construção de modelos para estimativa das emissões de CH₄ é via uso de informações obtidas por sensoriamento remoto, viabilizando estudo em locais com poucas informações coletadas *in loco*. Por exemplo, estudos demonstraram a viabilidade e a vantagem de utilizar o sensor Atmospheric Infrared Sounder (AIRS), a bordo da plataforma AQUA, para inferir e monitorar a concentração de gases na atmosfera, oferecendo uma grande oportunidade para coletar e inferir a concentração de alguns gases-traço de efeito estufa na atmosfera da Terra. (Xiong et al., 2013; Costa et al., 2013).

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a concentração de CH₄ no Pantanal Mato-grossense, analisar a variabilidade temporal da concentração de CH₄ na atmosfera em função da variabilidade de cotas limnimétrica dos rios Cuiabá e Bento Gomes, a fim de mostrar a influência do alagamento sobre a concentração de CH₄. Além disso, avaliar a dinâmica da concentração do gás CH₄ por meio da análise wavelet (ou Ondoleta) com base na série temporal de 2003-2015, do sensor AIRS, a bordo do satélite AQUA.

3. Material e Métodos

Este estudo foi realizado em uma área no Norte do Pantanal Mato-grossense compreendida entre as coordenadas $-17^{\circ}37'19,20''$; $-16^{\circ}19'40,80''$ e $-58^{\circ}19'4,80''$; $-56^{\circ}44'34,80''$ (**Figura 1**), altitude entre 80 a 120 m. A região está sob domínio climático Aw, segundo a classificação de Köppen, com duas estações bem definidas, uma seca, de abril a setembro e outra úmida, de outubro a março, com precipitação anual superior a 1300 mm.

Os dados utilizados de CH_4 foram estimados pelos sensores AIRS, a bordo do satélite AQUA, no período 2003-2015, com concentrações médias diárias de taxa de mistura de CH_4 (VMR, volume mixing ratio) para três níveis de pressão atmosférica (200; 300; 400 hPa). Os dados do AIRS são distribuídos pela NASA Goddard Earth Sciences Data Information and Services Center (DISC). A resolução espacial é 1° por 1° de latitude e longitude, com periodicidade diária e cobertura global. Além disso, foram utilizados dados de cotas limnimétricas média diária (em cm) obtidos no sistema HidroWeb da agência nacional de águas (ANA) do período de 2003 a 2015. As cotas dos rios Cuiabá (estação: 66280000) e Bento Gomes (estação: 66110000) localizadas nos municípios de Barão de Melgaço e Poconé, respectivamente, foram usadas para avaliar o nível de alagamento no norte do Pantanal. A escolha dos rios levaram em conta sua disponibilidade de dados e a sua sazonalidade proporcionada.

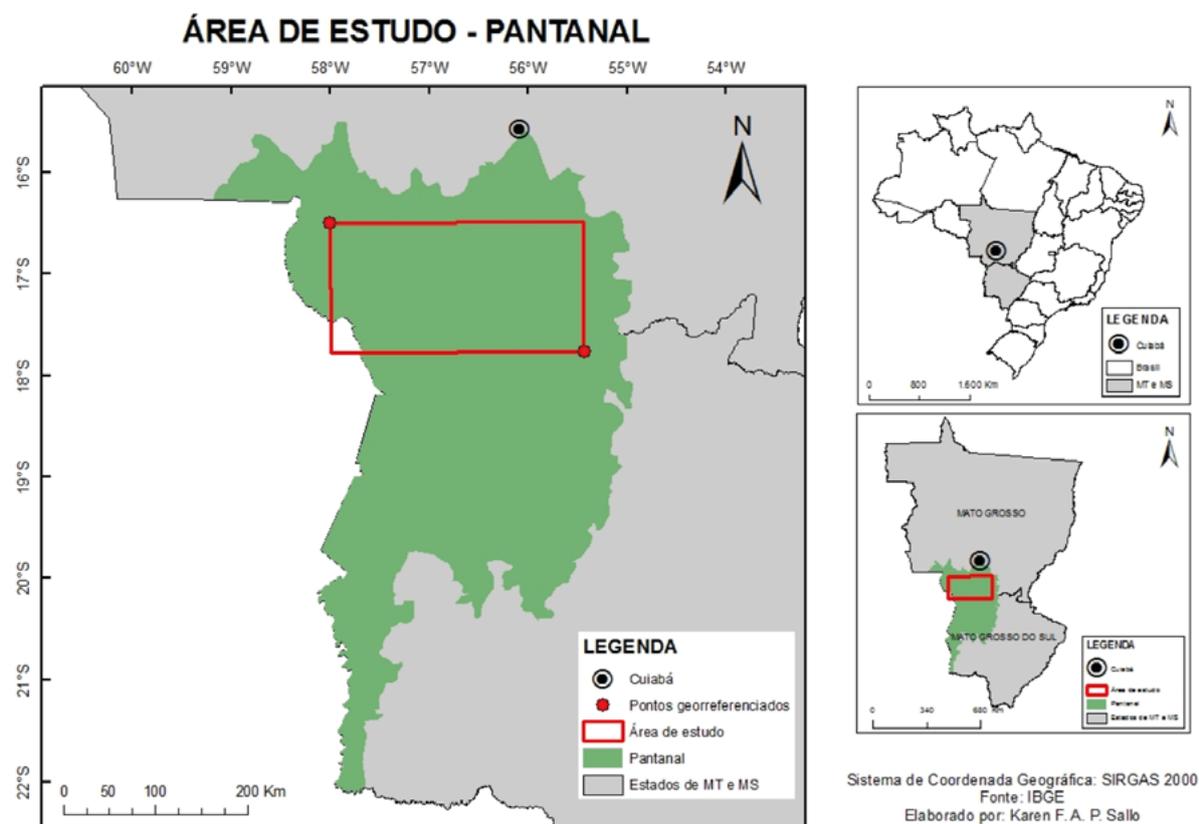


Figura 1. Localização da área de estudo delimitada pela linha em vermelho, aproximadamente 60 km da cidade de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil. A área de estudo abrange pouco mais de 4 pixels.

As investigações sobre a modulação da concentração de CH_4 no norte do Pantanal foi realizada inicialmente pelo cálculo das médias de 8 dias da concentração de CH_4 (Ribeiro et al.

2015) nos três perfis de pressão atmosféricas, esse procedimento propiciou um exploratório para variabilidade temporal. Em seguida, procedeu-se o cálculo da anomalia, removendo a variabilidade anual das séries, para os três níveis de pressão através do ajuste linear usando regressão linear para as séries a fim de remover a tendência do aumento das concentrações de CH₄ causados por outras variáveis senão a proporcionada pela extensão do alagamento. A anomalia também foi calculada para as cotas limnimétricas, contudo, sem o uso de regressão linear, apenas usando as médias das séries das cotas. Finalmente, a anomalia foi integrada obtendo a anomalia acumulada que permite perceber a influência da inundação sobre as concentrações de CH₄ na atmosfera. Buscando concisão, as análises da concentração de metano foram feitas para o nível 200 hPa (Ribeiro et al. 2015).

As variações temporais da concentração de CH₄ foram avaliadas por meio da análise de wavelet (ondaletas) que possibilitam a decomposição da série como uma função de tempo e da frequência. A wavelet Morlet é uma função do tempo t , composta por uma exponencial complexa e modulada por uma exponencial gaussiana (Torrence e Compo, 1997). A função é da família wavelets complexas ortonormais dada pela Eq. 1

$$\Psi(t, w_0), \text{ para} \quad (1)$$

Onde Ψ é o valor ondoleta para um parâmetro adimensional t , w_0 a frequência adimensional. Admite-se $w_0 = 6$ para satisfazer a condição de admissibilidade, deste modo a função deve ter média zero e ser localizada tanto no espaço tempo como na frequência (Farge, 1992).

4. Resultado e Discussão

Observa-se uma relação entre as séries da concentração de CH₄ e a cota limnimétrica dos rios, sendo possível observar máximos inversamente coincidentes (**Figura 1**). Detectou-se sazonalidade anual nas concentrações de CH₄ e nas cotas limnimétricas (**Figura 2**).

A concentração de CH₄ varia ligeiramente com os níveis de pressão, com as maiores concentrações no nível de 400 hPa com média (\pm DP) 1778,1 \pm 22 ppbv. Ao nível de pressão de 300 hPa, a média da concentração foi 1773 \pm 23 ppbv. A concentração do CH₄ ao nível de pressão 200 hPa, com uma média de 1763 \pm 23 ppbv, apresentou maior sazonalidade anual, sendo maiores suas amplitudes. Resultado semelhante ao trabalho de Costa et al. (2013) e Ribeiro et al. (2015), ao trabalhar com dados de sensoriamento relativos a reservatórios de hidrelétricas no Estado do Amazonas. Do mesmo modo, houve uma diminuição da concentração de CH₄ em função da diminuição dos níveis de pressão, sendo justificado pelos principais processos de remoção de CH₄ da atmosfera, que são a reação de CH₄ com radicais hidroxila (OH⁻) na troposfera e estratosfera e com átomos de oxigênio na estratosfera (Dlugokencky et al., 2011). Resultados semelhantes também foram obtidos por Alvalá et al. (2004) que analisaram a concentração de CH₄ na região do Atlântico Sul, com medidas realizadas a 25 km da costa brasileira utilizando a método tra-jetórias isentrópicas, observando uma variação sazonal com uma média de 1707.3 \pm 8.4 ppbv.

Durante a estação seca (maio a setembro), a concentração mediana de CH₄ é ligeiramente maior (1735 a 1745 ppbv) que na estação chuvosa. Enquanto que durante a estação chuvosa (Janeiro a Abril) 1725 ppbv em nível de pressão 200 hPa. Nas cotas limnimétrica, evidenciou-se melhor os períodos de transição seca-chuva ou chuva-seca ocorrem cotas que variaram de 300 a 700 cm. Desta forma, observa-se comportamento inverso entre concentração de CH₄ na atmosfera e alagamento. Tal comportamento é inversamente encontrado quando medidas são tomadas *in loco* sobre áreas alagáveis do Pantanal (Marani e Alvalá, 2006; Bastviken et

al. 2010). Entretanto, maiores concentrações de CH_4 durante a estação seca de acordo com Spivakovsky et al. (1990) e McNorton et al. (2016), podem ser explicadas pela sazonalidade do radical OH^\cdot na troposfera e estratosfera. Sugere-se, que na região de estudo a concentração de OH^\cdot é maior no período chuvoso, servindo como sumidouro de CH_4 . Conforme observado por Marani e Alvala (2006), que a variação de fluxo de CH_4 está associada à variação anual de área alagada no pantanal, que por sua vez está relacionada a sazonalidade de precipitação. E ainda segundo Bastviken et al. (2010), o metabolismo de matéria orgânica está relacionado a estação hidrológica, com o aumento do nível das águas no Pantanal, ocorrendo maior taxa de metabolismo de matéria orgânica. Assim, mesmo a emissão de CH_4 sendo maior durante a estação chuvosa mas com maior presença de radicais hidroxila produzidos pela presença de maior concentração de vapor de água na atmosfera que reage e consome CH_4 , a concentração deste gás nas camadas mais altas da atmosfera é reduzida.

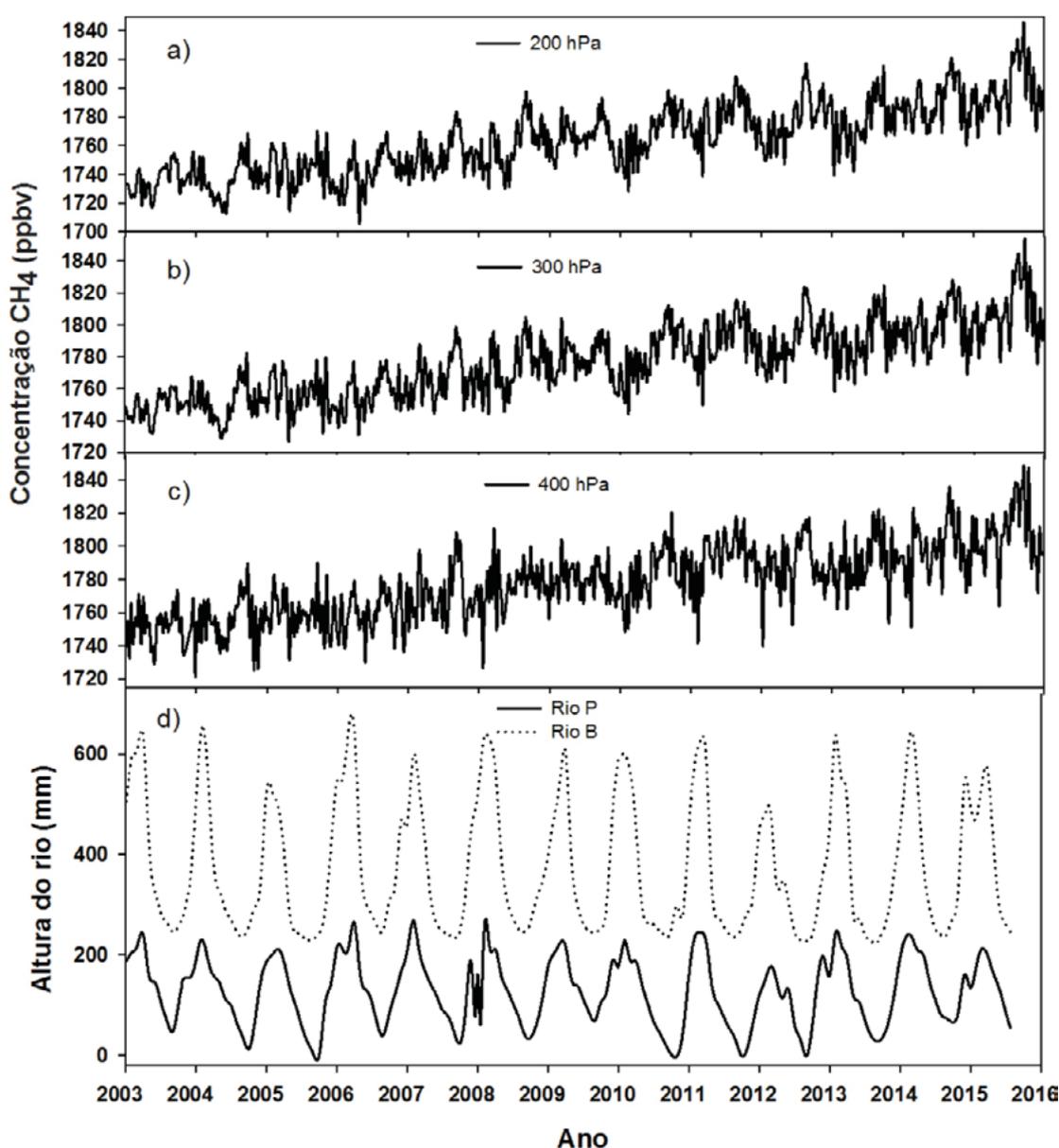


Figura 2. Variação das séries temporais de CH_4 nas alturas 200 hPa, a), 300 hPa, b) e 400 hPa, c). Variação das alturas limnimétrica dos rios Cuiabá e Bento Gomes do HydroWeb.

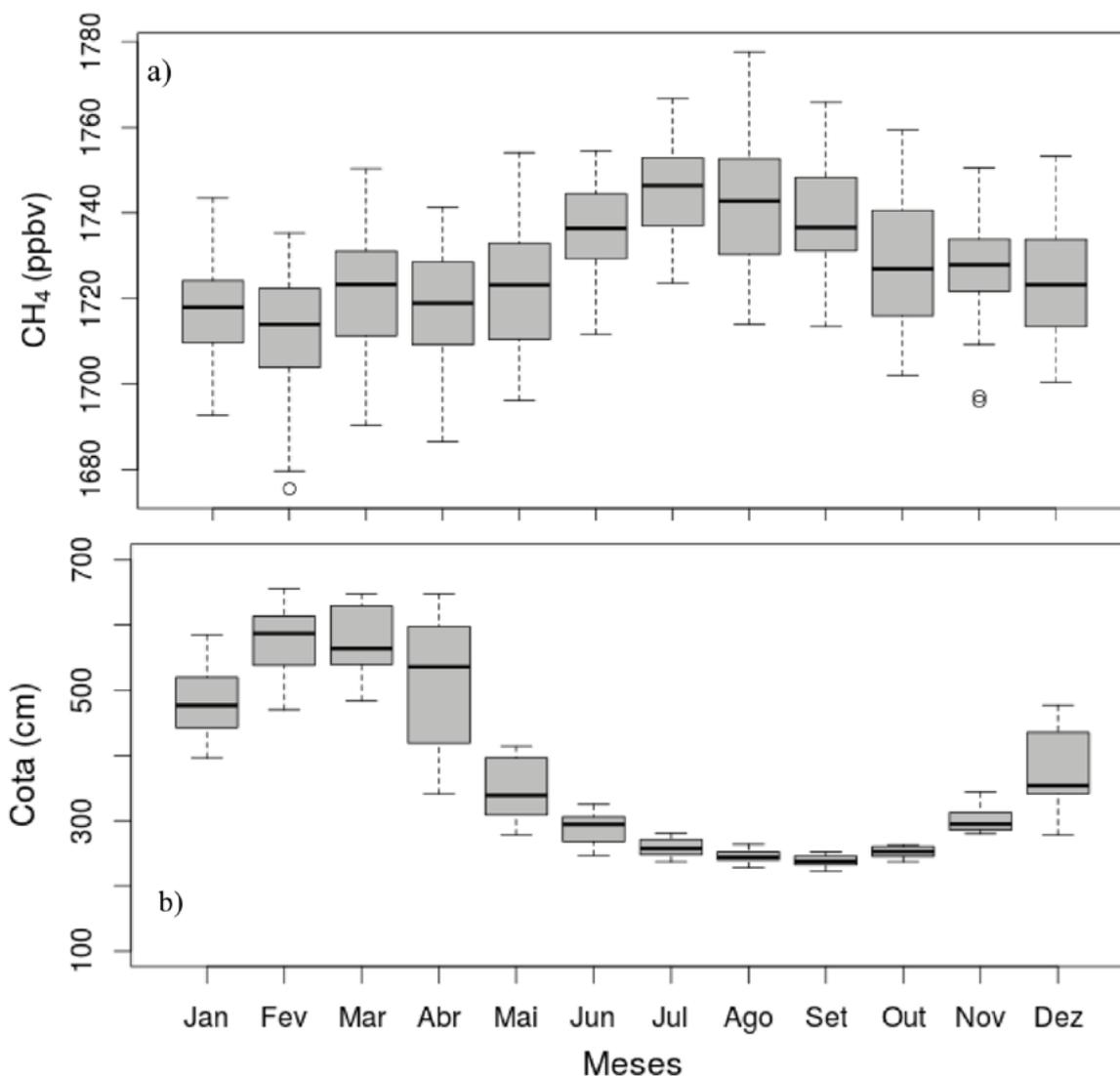


Figura 3. Gráficos de caixa (dados de 2003-2015) com a mediana como marca central (em Preto) e quartis inferior de 25% e superior de 75% (caixa cinza). a) concentração mensal de CH₄ (200 hPa) e (b) cota limnimétrica do rio Cuiabá localizado em Barão de Melgaço, código da estação: (66280000).

As anomalias de CH₄ e cotas possibilitaram avaliar a dinâmica de destas variáveis no Bioma Pantanal com base nos dados destendencializados da série histórica (**Figura 4**). É possível observar um padrão das anomalias ao longo de toda a série. As anomalias de CH₄ variaram entre -40 a 40 ppbv, enquanto que as cotas variaram entre -100 a 300 cm (**Figura 5**).

Nas **Figura 4** e **Figura 5** as variações de [CH₄] e cotas respectivamente, sendo que valores acima de zero demonstram dinâmica ocorrendo acima da média (cotas) ou da tendência central (tendência ajustada - CH₄) da séries temporais. Para a anomalia de CH₄ observa-se maiores concentrações entre 2003-2005 e entre 2008-2011, exceto em 2010, ano em que ocorreram valores elevados de cotas limnimétricas. As informações contidas nas séries de anomalias são tanto de abrangência sub-anual como supra-anual, tendo variações positivas da concentração de CH₄ causadas pela diminuição do nível e da extensão da inundação, bem como variações positivas de CH₄ provocadas pelo aumento do nível e extensão do alagamento, sendo esta última provocadas por períodos mais longos com, por exemplo, chuvas acima da média.

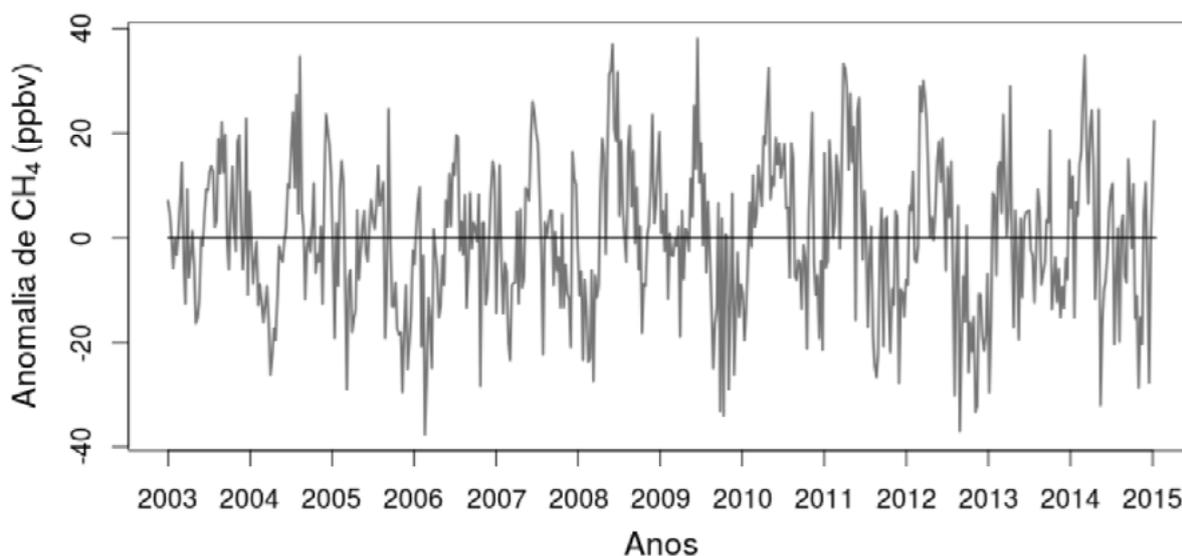


Figura 4. Concentração de CH₄ destendencializada (200 hPa). A reta preta representa estacionalidade da série temporal (zero ppbv).

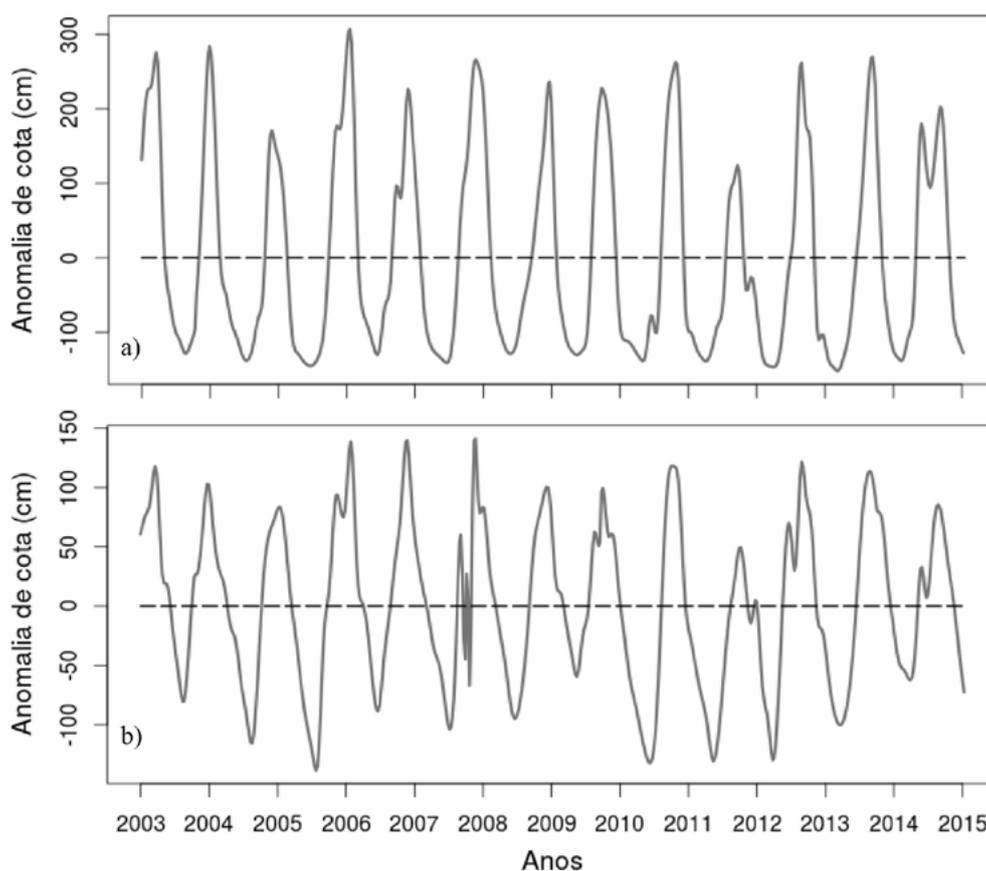


Figura 5. Cotas limnimétrica sem tendência central (média) dos rios Bento Gomes, a) e Cuiabá, b) em Barão de Melgaço.

Nota-se um aumento das anomalias positivas a partir de 2007 e posteriormente aumento das anomalias negativas após 2011. Este resultado pode ser melhor verificado pelas séries de anomalia acumulada (**Figura 6**), onde é possível observar uma tendência de diminuição das cotas nos primeiros 4 anos da série e, posteriormente, aumento das anomalias positivas a partir

de 2006, e novamente após 2011 aumento de anomalias negativas. Resultado consistente com o de Penatti et al. (2015), que verificou, por sensoriamento remoto, mudanças espaço-temporais das variáveis do balanço hídrico no pantanal. Anomalias positivas de estoque de água terrestre medidos foram maiores nos anos de 2006, 2007, 2008 e 2011, com menor pico ocorrido em 2012. Hamilton et al. (2002) destacaram que a maior parte da variabilidade climática observada é conduzida pelas anomalias na temperatura superficial das águas do Oceano Pacífico, com os fenômenos *El Niño* e *La Niña* influenciando diretamente na taxa de precipitação na bacia pantaneira e seus afluentes. Nesse contexto, um fator importante na emissão de CH_4 no Pantanal para a atmosfera é a extensão espacial da área alagada. Essa extensão é primariamente controlada pela variação sazonal do nível dos rios e pelo acúmulo de água da precipitação.

As anomalias acumuladas das cotas demonstram dois comportamento que governam as oscilações da anomalias de CH_4 . O primeiro, refere-se às variações sub-anual de CH_4 que são inversamente às de cota, e que são influenciadas pelo aumento da concentração de hidroxila $[\text{OH}^\cdot]$ durante a estação chuvosa que diminui o saldo de emissão de CH_4 neste período, como já discutido anteriormente. O segundo, refere-se ao aumento da concentração de CH_4 a partir de 2008, que tem origem do aumento progressivo do alagamento a partir de 2006 até 2012.

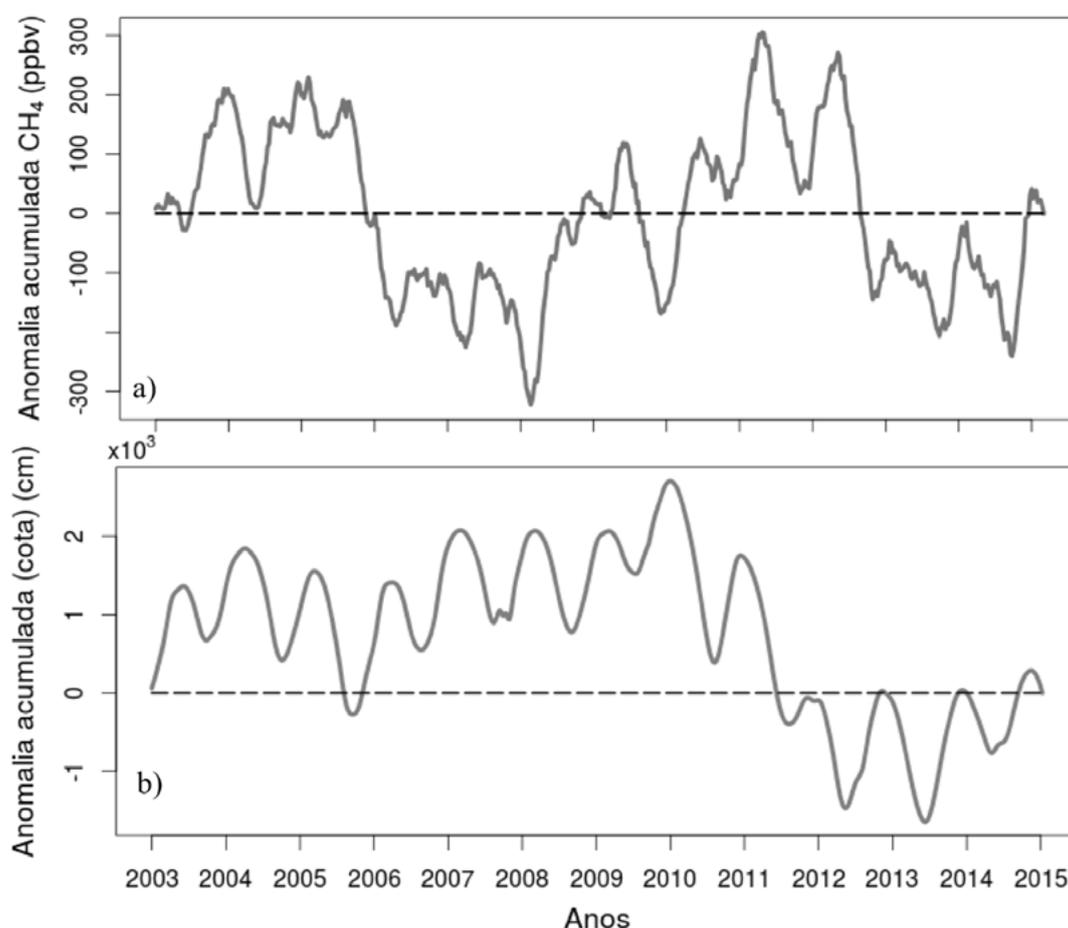


Figura 6. Integração das anomalia de CH_4 , a) e de cota, b) para o rio Bento Gomes.

A partir de 2012 o nível do alagamento cai progressivamente seguido pela queda da concentração de CH_4 , isso mostra um interessante resultado ainda raramente reportado por outros estudos envolvendo o Pantanal. Ribeiro et al. (2015) também mostra que áreas quando permanentemente alagadas (lagos/hidroelétricas) ou alagadas por períodos maiores que 6 meses,

como ocorre em áreas alagáveis amazônicas, existe um aumento das emissões de CH_4 . Estes resultados, não são possíveis quando em medições *in loco*, mostrando um melhor entendimento das variações de CH_4 quando por sensoriamento remoto. Esses resultados podem ser comparados aos de Marani e Alvalá (2006), que analisaram locais próximos ao rio Miranda também na região do Pantanal Mato-grossense, utilizando uma média maior de área alagada, obtiveram o valor de $3,3 \text{ Tg CH}_4 \cdot \text{ano}^{-1}$, que representa 3,3% da contribuição global de áreas alagadas. Áreas alagadas que compreendem florestas, ou que estão próximas a rios no Pantanal, tem altas taxas de produtividade bruta primária, altas temperaturas e elevada radiação solar, resultando no aumento da taxa de decomposição, que por sua vez contribui no acréscimo de fluxo de CH_4 para atmosfera (Alvalá et al., 1999).

A análise wavelet da série temporal de concentração de CH_4 em nível de pressão 200 mb no período de 2002-2015 (figura 6a), mostra um espectro de energia que indica ciclos ocorrendo na escala anual ± 1 ano de 2004 a 2014, e interanual ± 2 anos de 2006 a 2012, com conjunto de valores significativos delimitados pelo cone de influência. Outros ciclos de aproximadamente 6 meses (2005-2009) (Figura 6a), ocorreram com menor intensidade significando uma certa oscilação na concentração de CH_4 dentro de um ano, sugerindo que tanto no início das chuvas quanto no final deste período picos de emissão podem ocorrer.

A intensidade de energia no período de 2005-2012 identificada na análise wavelet, pode ser justificada pelo aumento na anomalia de CH_4 . Porém o espectro de maior intensidade de energia ocorre na escala anual e maior parte dentro da faixa significativa (figura 6a), o ciclo interanual ± 2 anos de potência tem um pico dentro da faixa significativa, mas com menor variância do que o ciclo anual. O ciclo anual e interanual contém maior variância (Figura 6b), embora a variância do ciclo anual é menor.

O ciclo de maior predominância da periodicidade (acima de 60) foi aproximadamente 0,9 a 1 ano de ocorrência na segunda metade de 2009, em que esse ciclo variando entre a faixa 0,9 a 1,3.

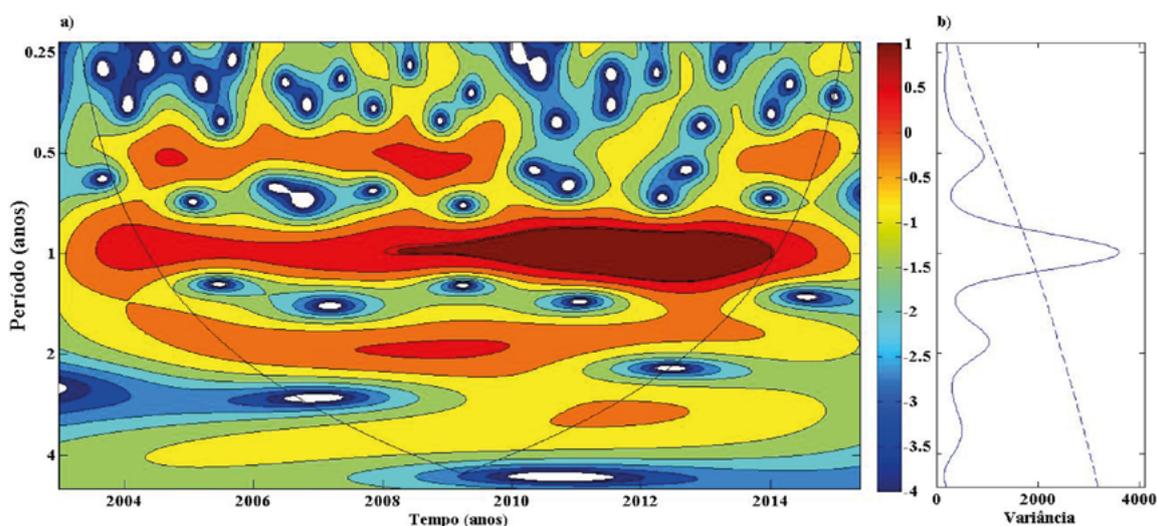


Figura 6a. O espectro de potência wavelet. Os níveis de contorno são escolhidos de modo a que 75%, 50%, 25%, e 5% da potência de wavelet é acima de cada nível, respectivamente. A região curva em forma de U representa o cone de influência. A variância do espectro de potência wavelet global.

5. Conclusões

A investigação sobre o CH₄ na atmosfera possibilitou analisar perturbações importantes na variabilidade da série temporal de concentração de CH₄, sobre a região do norte do Pantanal 2003-2015. O aumento sazonal do alagamento na estação chuvosa não provoca aumento na concentração de CH₄ na alta atmosfera, entretanto progressivos anos de aumento do alagamento proporcionam aumentos significativos dos níveis de metano na atmosfera. Isso pode ser importante para o manejo dos recursos hídricos na Bacia Pantaneira.

Na análise wavelet observou-se ciclos anuais que ocorrem ao longo de quase toda série de temporal, variando entre 0,9 a 1,3 anos intensificado a partir de 2009 até 2013.

Análises da concentração CH₄ sobre o Pantanal, fornece contribuições importantes sobre a dinâmica do CH₄ na média e alta troposfera. Essas informações podem dar suporte a gestão hídricos, e ainda ajudar no conhecimento de futuras mudanças climáticas e delinear estratégias de mitigação.

6. Referências

Alvalá, P. C.; Boian, C.; Kirchoff, V.W.J.H. Measurements of CH₄ and CO₂ during ship cruises in the South Atlantic. **Atmospheric Environment**, v. 38, p.4583-4588, 2004.

Alvalá, P.C.; Volker W.J.H.K.; Hamilton G.P. Metano na Atmosfera. **Biociência**, v.07, p.40-43, 1999.

Bastviken, D.; Santoro, A.L.; Marotta, H.; Pinho, L.Q.; Calheiros, D.F.; Crill, P. Methane emissions from Pantanal, South America, during the low water season: toward more comprehensive sampling. **Environmental Science and Technology**, v. 44, n. 14, p.5450-5455, 2010.

Beecham, S.; Chowdhury, R.K. Temporal characteristics and variability of point rainfall: a statistical and Wavelet analysis. **International Journal of Climatology**, v.30,p.458-473, 2010.

Bousquet, P.; Ciais, P.; Miller, J.B.; Dlugokencky, E.J.; Hauglustaine, D.A.; Prigent, C.; Van der Werf, G.R.; Peylin, P.; Brunke, E.G.; Carouge, C.; Langenfelds, R.L.; Lathière, J.; Papa, F.; Ramonet, M.; Schmidt, M.; Steele, L.P.; Tyler, S. C.; White, J. Contribution of anthropogenic and natural sources to atmospheric methane variability. **Nature**, v.443, p.439-443, 2006.

Bousquet, P.; Ringeval, B.; Pison, I.; Dlugokencky, E.; Brunke, E. G.; Carouge, C.; Chevallier, F.; Fortems-cheiney, A.; Frankenberg, C.; Hauglustaine, D. et al. Source attribution of the changes in atmospheric methane for 2006–2008. **Atmospheric Chemistry and Physics**, Copernicus GmbH, v. 11, n. 8, p. 3689–3700, 2011.

Costa, P.S.; Silva, J.V.; Souza, R.A.F.; Souza, R.V.A.; Júnior, N.P.F.; Cartaxo, E.F. Monitoring of Methane on Dams of Hydroelectrics of The Amazon Basin From The Aqua Satellite Information. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v.4, p.19-30, 2013.

Dlugokencky, E.J.; Nisbet, E.G.; Fisher, R.; Lowry, D. Global atmospheric methane: budget, changes and dangers. **Royal Society Publishing**, v.369, p.2058-2072, 2011.

Farge, M. Wavelet transforms and their applications to turbulence, **Annual Reviews of Fluid Mech**, p.395–457, 1992.

Goulart, M.A.; Sanches, L.; Vilani, M.T.; Pinto Júnior, O.B. Análise da evapotranspiração por Wavelet de Morlet em área de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.93–98, 2015.

Hamilton, S.K.; Sippel, S.J.; Melack, J.M. Comparison of inundation patterns among major South American floodplains. **Journal of Geophysical Research**, v.107, p.1-14, 2002.

Koebisch, F.; Jurasinski, G.; Koch, M.; Hofmann, J. Controls for multi-scale temporal variation in ecosystem methane exchange during the growing season of a permanently inundated fen. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.204 p.94–105, 2015.

Marani, L.; Alvalá, P.C. Methane emissions from lakes and floodplains in Pantanal, Brazil. **Atmospheric**

Environment, v.41, p.1627–1633, 2006.

McNorton, J.; Chipperfield, M.P.; Gloor, M.; Wilson, C.; Feng, W.; Hayman, G.D.; Rigby, M.; Krummel, P.B.; O’Doherty, S.; Prinn, R.G.; Weiss, R.F.; Young, D.; Dlugokencky, E.; Montzka, S.A. Role of OH variability in the stalling of the global atmospheric CH₄ growth rate from 1999 to 2006. **Atmospheric Chemistry and Physics**, p.1-24, 2016.

Melton, J.R.; Wania, R.; Hodson, E.L.; Poulter, B.; Ringeval, B.; Spahni, R.; Bohn, T.; Avis, C.A.; Beerling, D.J.; Chen, G.; Eliseev, A.V.; Eliseev, A.V.; Hopcrof, P.O.; Lettenmaier, D.P.; Riley, W.J.; Singarayer, J.S.; Subin, Z.M.; Tian, H.; Zurcher, S. Present state of global wetland extent and wetland methane modelling: conclusions from a model inter-comparison project (WETCHIMP). **Biogeosciences**, p.753–788, 2013.

Penatti, N.C.; Ribeiro, A.T.I.; Ferreira, L.G.; Arantes, A.E.; Coe, M.T. Satellite-based hydrological dynamics of the world’s largest continuous wetland. **Remote Sensing of Environment**, p.1-13, 2015.

Ribeiro, I.O.; Souza, R.A.F.; Andreoli, R.V.; Kayano, M.T.; Costa, P.S. Spatiotemporal Variability of Methane over the Amazon from Satellite Observations. **Advances in Atmospheric Sciences**, v.33 p.852–864, 2016.

Santos, C.A.G.; Freire, P.K.M.M.; Torrence, C.A Transformada Wavelet e sua Aplicação na Análise de Séries Hidrológicas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.18 p.271-280, 2012.

Torrence, C.; Gilbert, P.C.A Practical Guide to Wavelet Analysis. Bulletin of the **American Meteorological Society**, v.79, p.61-78, 1997.

Vourlitis, G.L.; Lobo, F.A.; Lawrence, S.; Lucena, I.C; Pinto Jr, O.B.; Dalmagro, H.J.; Rodriguez, O.C.E.; Nogueira, J.S. Variations in Stand Structure and Diversity along a Soil Fertility Gradient in a Brazilian Savanna (Cerrado) in Southern Mato Grosso. **Forest, Range & Wildland Soils**, 1370–1379, 2013.

Xiong, X.; Barnet, C.; Maddy, E. ; Wofsy, S.C.; Chen, L. ; Karion, A.; Sweeney, C. Detection of methane depletion associated with stratospheric intrusion by atmospheric infrared sounder (AIRS), **Geophysical Research Letters**, v.40, p.2455-2459, 2013.



Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Cabaçal em Mato Grosso, Brasil

Thiziane Helen Lorenzon 1
Sandra Mara Alves da Silva Neves 1
Jesã Pereira Kreitlow 1
Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin 2
Luiz Carlos Machado Filho 3

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Campus Cáceres
Av. Santos Dumont, s/n - Santos Dumont
78.200-000 Cáceres/MT, Brasil
{thiziane, jesapk1}@hotmail.com
sneves@unemat.br

² Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Campus Barra do Bugres
Rua A, s/n - São Raimundo.
78390-000 - Barra do Bugres, MT - Brasil.
galvaninbbg@unemat.br

³ Usinas Itamarati S/A – Departamento de Meio Ambiente
Fazenda Guanabara Agrícola, s/n - Zona Rural
78370-000 – Nova Olímpia, MT - Brasil
luiz.cbio@gmail.com

Resumo: Estudos de comportamento dos atributos naturais são essenciais para diagnosticar o grau de fragilidade encontrado em uma unidade de gestão e planejamento. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a fragilidade ambiental das cinco subunidades da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, Mato Grosso. Aplicou-se o modelo de fragilidade proposto por Ross (1994) por meio dos procedimentos adotados por Spörl (2011) a partir da confecção de mapas de índice de dissecação do relevo, solos, usos da terra e clima. Os dados foram operacionalizados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas através do software ArcGis. O grau de fragilidade que varia de Fraco a Forte, sendo a sub-bacia do rio Branco a com maior porcentagem de área em forte fragilidade (20,38%). Concluiu-se que a maioria da extensão da bacia hidrográfica do rio Cabaçal apresenta-se com forte fragilidade, o que pode comprometer a ecodinâmica nessa importante unidade da Bacia do Alto Paraguai e no bioma Pantanal.

Palavras-chave: Geotecnologias, processamento de imagens, conservação ambiental, vulnerabilidade ambiental, bioma Pantanal.

Abstract: Natural attributes behavioral studies are essential to diagnose the degree of fragility found in unit management and planning. This experiment aimed to evaluate the environmental fragility of the five subunits of the river basin Cabaçal, Mato Grosso. Applied the frailty model proposed by Ross (1994) by means of the procedures adopted by Spörl (2011) from the manufacture of relief dissection index maps, soil, land use and climate. The data were operationalized in Geographic Information System environment through ArcGIS software. The degree of fragility that varies from weak to strong, and the sub-basin of the White River with the highest percentage of strong weakness in the area (20.38%). It was concluded that most of the extent of the catchment area of the river Cabaçal presents with strong weakness, which may compromise the ecodynamics at this important unit of the Upper Paraguay River Basin and the Pantanal biome.

Key-words: Geotechnology, image processing, environmental conservation, environmental vulnerability, Pantanal biome.

1. Introdução

O sistema ambiental vem sofrendo interferências antrópicas que acarretam em alterações nos componentes naturais e, por consequência, no estado de equilíbrio da dinâmica ecológica. O estudo das alterações nos componentes da paisagem, como geomorfologia, usos da terra, pedologia e comportamentos pluviométricos tornam-se uma alternativa de ampla aplicação para avaliação da fragilidade ambiental. Nesse sentido, a avaliação da fragilidade potencial natural relaciona os fatores naturais da paisagem (Silveira e Oka-Fior, 2007), que de acordo Donha et al. (2006, p. 176) “devem ser avaliados de maneira integrada, considerando-se sempre as intervenções antrópicas modificadoras dos ambientes naturais”.

Nessa perspectiva, a utilização das geotecnologias na identificação das alterações ambientais das paisagens proporciona um adequado reconhecimento das dinâmicas do meio ambiente, potencializando o gerenciamento dos recursos naturais e facilitando a avaliação histórica (Martins e Silva, 2007). Estudos realizados por diversos autores, como Donha et al. (2006) e Silveira e Cunha (2010), utilizaram técnicas de Geoprocessamento para gerar informações cartográficas e necessárias na investigação da fragilidade, demonstrando assim a sua aplicabilidade.

A adoção de bacia hidrográfica como campo básico de gestão e planejamento vem sendo praticada por diversos autores (Tonello et al., 2005; Tundisi et al., 2006; Nascimento e Vilaça, 2008; Luciano et al., 2014; Silva et al., 2014) por melhor refletir as características geoambientais e as alterações decorrentes dos usos antrópicos. Assim, as bacias conferem uma incontestável unidade para estudos de fragilidade ambiental por expressarem mudanças sutis em seu equilíbrio.

Nesse contexto, a integração entre as mudanças antrópicas aliadas ao diagnóstico ambiental sob a ótica de variados atributos da paisagem, permite aferir diferentes graus e categorias de fragilidade dos ambientes analisados tendo como produto sintetizador, de acordo com Franco et al. (2012), um mapa de fragilidade ambiental que possibilite estimar suas potencialidades de forma integrada, compatibilizando características naturais com suas restrições.

Diante do exposto, infere-se a importância da avaliação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Cabaçal (BHC), detentora das principais nascentes formadoras do Pantanal, contido na Bacia do Alto Paraguai (BAP).

2. Objetivo

Objetivou-se avaliar a fragilidade ambiental das cinco subunidades da bacia hidrográfica do rio Cabaçal, no estado de Mato Grosso, Brasil.

3. Material e Métodos

3.1. Área de estudo

O estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Cabaçal, com 5.662,11 Km² (**Figura 1**), contida na região sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso (Mato Grosso, 2012), localizada entre as latitudes 14°55'S e 14°53'S e as longitudes 58°28'W e 57°46'W. Na unidade hidrográfica há presença de três biomas brasileiros: Amazônia (83,03%), Cerrado (12,22%) e Pantanal (4,75%).

A unidade apresenta 6.034 nascentes, principais formadoras do Pantanal, cujas APPs (matas ciliares) correspondem a 49,5 Km² (Lorenzon et al., 2015).

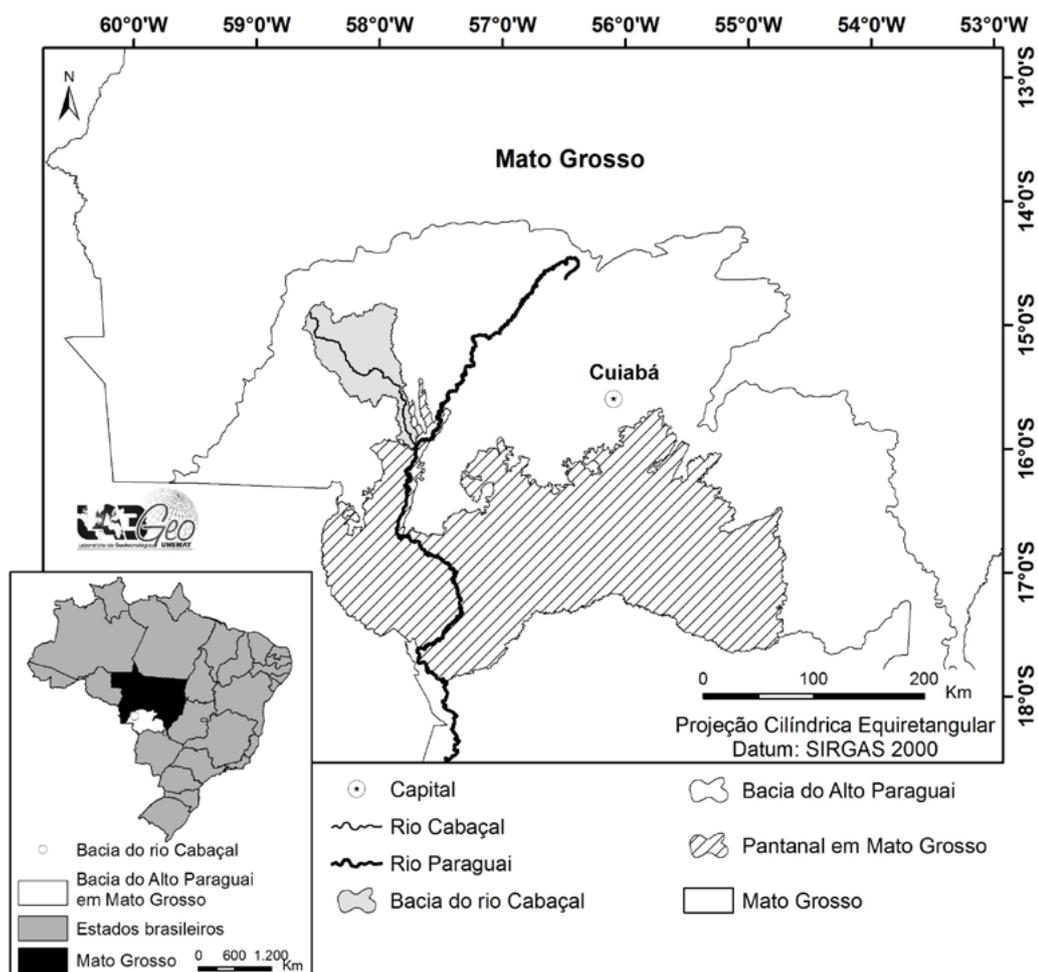


Figura 1. Área de estudo no contexto da Bacia do Alto Paraguai em Mato Grosso e em relação ao bioma Pantanal no estado de Mato Grosso.

Fonte: os autores (2016).

O clima da região em que a BHC está inserida é o Tropical úmido e tropical continental, alternadamente úmido e seco, com característica regularidade climática (Tarifa, 2011).

Exibe relevos dos tipos plano e suave ondulado, ocorrentes nas unidades geomorfológicas: Depressão do Alto Paraguai, Chapada dos Parecis, Planalto dos Parecis e Pantanais Mato-grossenses (IBGE, 2006). A pedologia é composta em sua maior parte por Argissolos, seguidos por Latossolos e Neossolos Quartzarênicos (Carvalho et al., 2014).

O rio Cabaçal, afluente do rio Paraguai, é o principal curso d'água da BHC, com extensão de 303,43 Km. Suas nascentes encontram-se localizadas na Chapada dos Parecis, tendo como

principais afluentes os rios: Branco (103,67 Km), Vermelho (103,62 Km) e Bugres (79,81 Km). Somando seus afluentes de primeira e segunda ordens têm-se 886,49 Km de malha hídrica na área de influência da bacia.

Apresenta economia essencialmente amparada na agropecuária, tendo como principais atividades a monocultura da cana-de-açúcar e a pecuária de corte e leiteira.

3.2 Procedimentos metodológicos

Para a execução da pesquisa foi adotado o modelo de avaliação da fragilidade ambiental proposto por Ross (1994), sendo que para sua operacionalização foram utilizados os procedimentos realizados por Spörl (2011).

Para a execução do modelo proposto por Ross (1994) foi necessário o levantamento e utilização dos seguintes mapas: solos (Pedologia), índices de dissecação do relevo (Geomorfologia), cobertura vegetal e uso da terra e clima (precipitação). Os produtos cartográficos de solo e relevo foram obtidos na Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral de Mato Grosso (Mato Grosso, 2002), gerados na escala de 1:250.000.

Para o tratamento das informações e recorte pelas sub-bacias hidrográficas do rio Cabaçal foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas ArcGis, versão 10.4.1 (ESRI, 2016). Neste SIG cada arquivo vetorial dos temas foi recortado pela área de estudo e, em seguida, classificado de acordo com os valores e respectivas classes de fragilidade.

Os níveis de Dissecação do Relevo foram os sugeridos por Ross (1992), que classifica este considerando a densidade de drenagem e a dimensão interfluvial média.

A elaboração do mapeamento de cobertura vegetal e uso da terra da bacia foi realizada a partir da interpretação visual de 18 cenas do satélite *Rapideye*, ano de 2014, com resolução espacial de 5 metros, obtidas no geocatálogo do IBAMA.

Todos os procedimentos necessários à elaboração do mapa de cobertura vegetal e uso da terra foram realizados no Spring, versão 5.2.7 do INPE (Câmara et al., 1996). Inicialmente, foi criado um Banco de Dados Geográfico para o armazenamento das informações, cujos parâmetros cartográficos definidos foram: sistema de coordenadas UTM e Datum SIRGAS 2000.

As cenas foram importadas para o SIG e, em seguida, recortadas pelo arquivo vetorial da área de estudo. Para tanto, optou-se por não realizar o mosaico das imagens neste SIG devido a existência de limitações em razão do tamanho final da imagem que ultrapassaria o limite suportado pelo software para arquivos que possuem a extensão .tif. Após o recorte, as cenas foram segmentadas empregando-se o método crescimento de regiões e utilizando-se os seguintes parâmetros: similaridade 700 e área pixel 700. A similaridade representa o menor valor que existe entre um pixel e uma região contígua a este, sendo este o responsável por determinar se o pixel em análise será agrupado em alguma classe existente ou se a partir dele uma nova classe irá ser formada (Vasconcelos e Novo, 2004).

A etapa de classificação foi composta por dois processos distintos: o primeiro chamado de treinamento em que são considerados os elementos presentes na imagem para serem definidas as classes temáticas. Neste contexto, Silva et al. (2011) destacaram que é neste momento em que são analisadas a textura, cor, padrão, forma e localização dos elementos para a composição das classes de cobertura vegetal e uso da terra. O segundo processo é a classificação propriamente dita, sendo adotado o método supervisionado utilizando-se o classificador Bhattacharya com limiar de aceitação de 99,9%. Posteriormente realizou-se o mapeamento para as classes temáticas e a conversão matriz-vetor. O produto cartográfico passou pelo processo de generalização cartográfica (1:250.000), visando sua utilização na análise integrada para obtenção da fragilidade ambiental da área de estudo.

De posse do mapeamento foram realizados trabalhos de campo durante os períodos seco e úmido nos anos de 2014 e 2015 para comprovação da verdade terrestre. Nos locais visitados foram registradas as coordenadas geográficas via Sistema de Posicionamento Global (GPS) e realizados os registros fotográficos. Neste momento realizou-se a análise do grau de proteção do solo de acordo com o proposto por Spörl (2011) e Ross (1994), sendo estabelecidos os graus de proteção do solo que cada classe de cobertura vegetal e uso da terra apresenta.

Os dados de precipitação (clima) para a área de estudo foram adquiridos a partir do mapeamento elaborado por Tarifa (2011), na escala de 1:250.000 e os níveis hierárquicos dos componentes pluviométricos foram baseados em Neves (2006).

A combinação dos arquivos vetoriais dos temas envolvidos na pesquisa foi realizada por meio da ferramenta *Intersect* do ArcGIS resultando no mapa de fragilidade ambiental. Em seguida, as variáveis foram hierarquizadas em cinco classes de fragilidade conforme o proposto no modelo. Todas as variáveis receberam um dígito que varia de 1 a 5. Dessa forma, obteve-se a composição das relações destas quatro variáveis: Dissecação do relevo – muito fraca (1) a muito forte (5); Cobertura vegetal e uso da terra – grau de proteção muito alto (1) a muito baixo/nulo (5); Pedologia – classes de fragilidade muito fraca (1) a muito forte (5); climatologia (precipitação) – muito baixa (1) a muito forte (5), conforme Ross (2000).

A classificação da fragilidade, que caracteriza diferentes graus de instabilidade, deu-se através da combinação entre os dígitos numéricos dos quatro planos de informação. Assim procedeu-se a combinação entre os planos de informação, composta pelas categorias e dígitos. O primeiro relaciona-se ao relevo, o segundo ao solo, o terceiro a cobertura vegetal e uso da terra e o quarto ao clima (precipitação).

Fez-se uma combinação entre dois dígitos numéricos dos quatro planos de informação do tipo 2114, 3114, 4114, 4534 para a classificação do grau de fragilidade. Por exemplo, o 2114 representa o grau de fragilidade fraca, enquanto o 4534 um grau de fragilidade forte e os demais apresentam um grau intermediário de fragilidade, por serem áreas de medianas características de fragilidade ambiental baseadas em seus atributos.

Assim, a variável Dissecação do relevo foi a que determinou o grau de fragilidade de cada área analisada, cujas demais variáveis definem uma hierarquização através de seus coeficientes de fragilidade. Nesse contexto, a variável Dissecação do relevo é a que identifica os ambientes em que o equilíbrio natural e ecodinâmico foram rompidos, o que resulta em situações de risco (Spörl e Ross, 2004) e as demais variáveis, conforme Ross (1994), as áreas com maior criticidade no que diz respeito à fragilidade potencial natural.

Desta forma, foram determinados quatro graus diferenciados de fragilidade – fraca, média, forte e muito forte.

4. Resultado e Discussões

As principais formas de dissecação do relevo, pedologia, cobertura vegetal e usos da terra e eventos pluviométricos encontrados na BHC estão representados na **Figura 2**.

Na bacia de estudo ocorrem três graus de dissecação do relevo: 2583,42 Km² de Fraca (45,63%), 1929,31 Km² de Média (34,07%) e 1149,38 Km² de Forte (20,3%), correspondendo aos tipos e formas de relevo de quarto táxon, que demonstram-se como dissecadas com topos apresentando morfologias convexas, aguçadas e tabulares, estas últimas demonstrando baixo grau de fragilidade (Ross, 1994). Em contrapartida, as morfologias convexas e aguçadas apresentam um nível de fragilidade identificado como Forte, de acordo com o mesmo autor.

Ocorrem nove classes de solo na área estudada, cuja fragilidade depende de sua formação rochosa e formas e horizontes pedogênicos (Embrapa, 2016), a saber: 1182,53 Km² de Podzóli-

co Vermelho Amarelo álico (20,89%), 1519,21 Km² de Podzólico Vermelho-Amarelo eutrófico (26,83%), 803,30 Km² de Areias Quartzosas álicas (14,19%), 205,44 Km² de Solos Litólicos álicos (3,63%), 624,84 Km² de Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (11,04%), 741,32 Km² de Latossolo Vermelho Escuro distrófico (13,09%), 151,97 Km² de Cambissolo eutrófico (2,68%), 392,31 Km² de Solos Aluviais distróficos (6,93%) e 41,18 Km² de Terra roxa eutrófica (0,73%). Salienta-se, nesse sentido, a presença de 24,74% de solos classificados com fragilidade muito forte estarem presentes na unidade hidrográfica, correspondendo a 1401,05 Km² de área e representadas pelas classes Areias quartzosas álicas, Solos litólicos álicos e Solos aluviais distróficos.

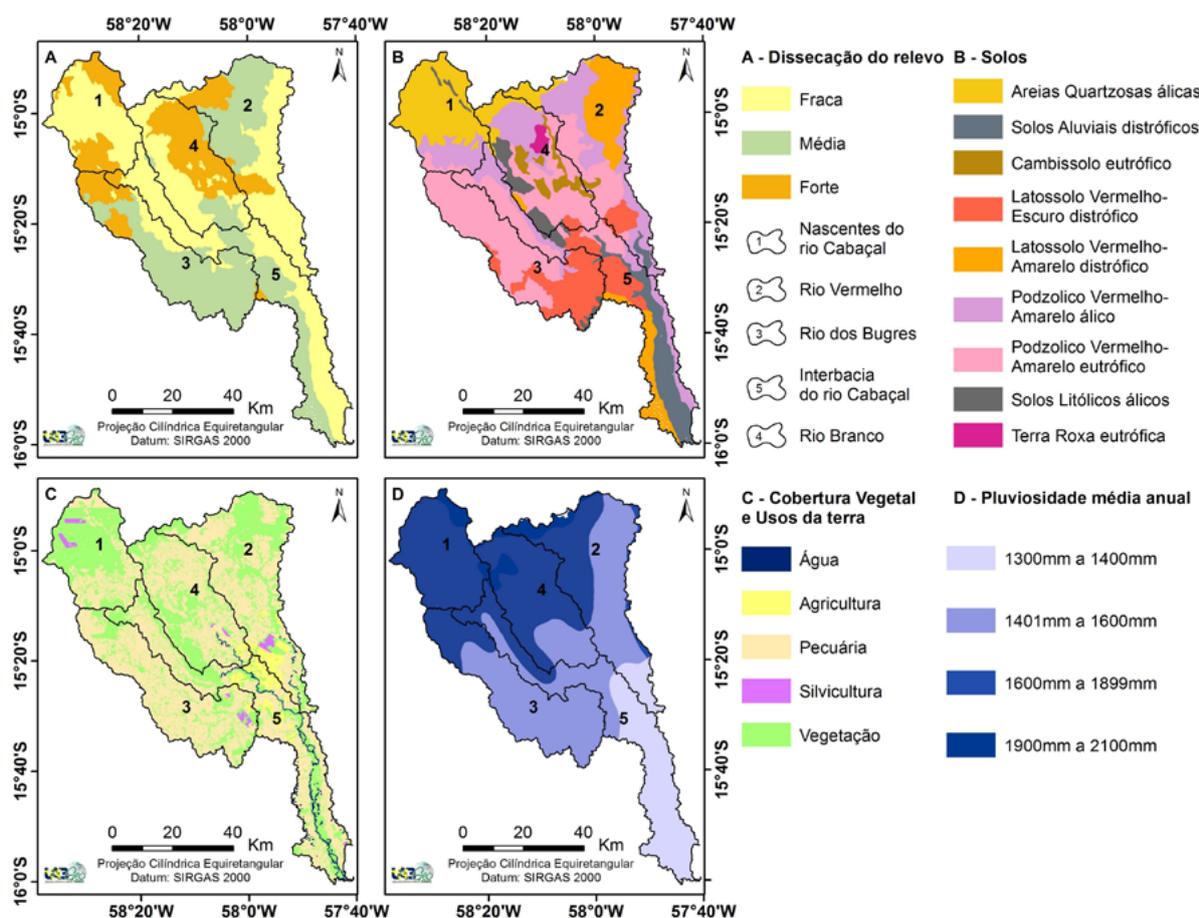


Figura 2. Variáveis para a avaliação da fragilidade ambiental da Bacia hidrográfica do rio Cabaçal: A – Classes de dissecação do relevo; B- Unidades pedológicas; C- Cobertura vegetal e usos da terra; e D- Distribuição da precipitação.

Fonte: os autores (2016).

A cobertura vegetal e os usos da terra representam cinco classes praticadas na bacia de estudo, a saber: 16,52 Km² de água (0,29%), 216,90 Km² de agricultura (3,83%), 3081,77 Km² pecuária (54,43%), 54,19 Km² de silvicultura (0,96%) e 2292,72 Km² de vegetação (40,49%). Através do uso que se estabelece sobre uma área é possível determinar o grau de criticidade do ponto de vista da fragilidade potencial natural. Ambientes fragilizados pelo uso antrópico normalmente demonstram uma supressão de sua vegetação natural, configurando extrema vulnerabilidade a episódios transformadores de sua paisagem.

Em se tratando dos eventos pluviométricos, ocorrem quatro padrões na unidade hidrográfica investigada: 916,49 Km² (16,19%) de 1.300mm-1400mm, 2247,63 Km² (39,7%) de 1401mm-

1600mm, 2234,04 Km² (39,46%) 1601mm-1800mm, 263,96 Km² (4,66%) 1900mm-2100, cujo período chuvoso é de quatro meses (dezembro a março) e o de seca de oito meses (abril a novembro). Infere-se, nesse sentido, que chuvas intensas, quando aliadas a relevos com topos mais altos apresentam intensa fragilidade, decorrente dos eventos de deslizamento resultantes dessa morfologia. Informações da precipitação, portanto, são de extrema importância para a avaliação da potencialidade e da fragilidade natural dos ambientes.

A BHC apresentou áreas com graus de fragilidade ambiental classificadas como 2572,6 Km² de Fraca (44,43%), 1918,52 Km² de Média (33,88%) e 1154,21 Km² de Forte (20,38%), incluindo-se 0,3% de água presente no produto cartográfico (**Figura 3**).

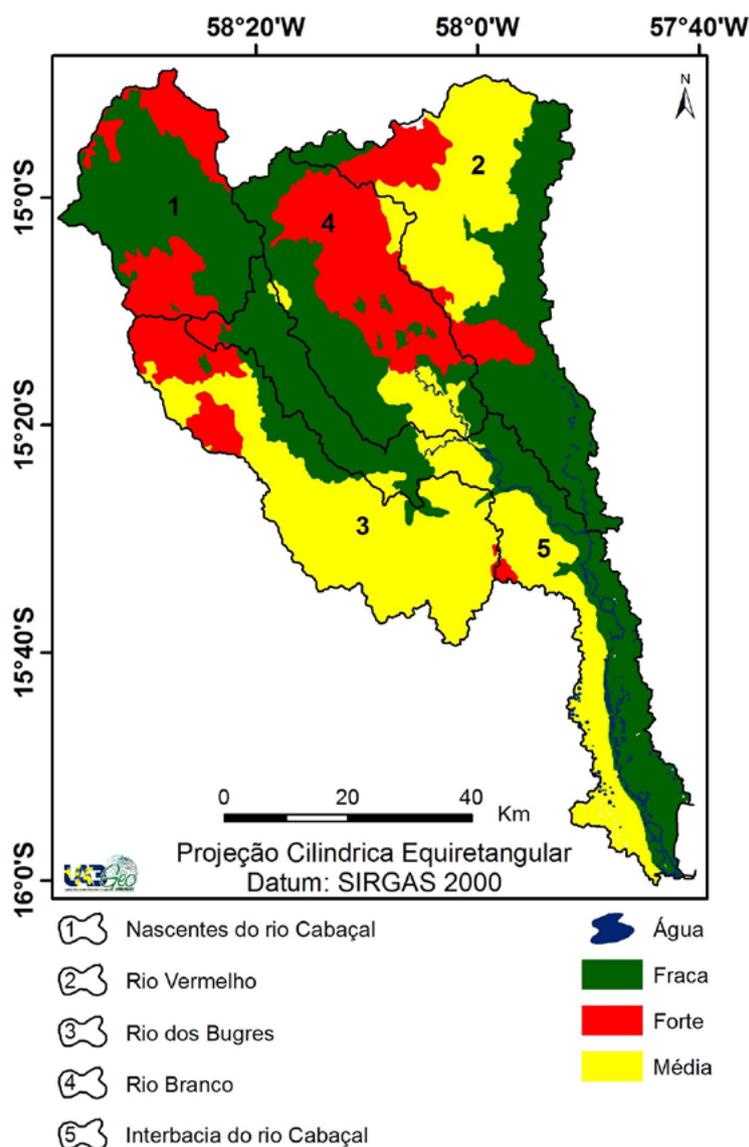


Figura 3. Fragilidade ambiental nas cinco sub-bacias da BHC.

Fonte: Os autores (2016).

As fragilidades de níveis Médio e Forte encontradas na bacia normalmente justificam-se pela presença de pecuária em associação a formas dissecadas de relevo com forte fragilidade. Essa convenção, em união aos tipos pedológicos cambissolos, litólitos e areias quartzosas, explicam a vulnerabilidade associada a essa combinação.

Em contrapartida, nota-se que dissecções de relevo com baixa fragilidade, se associadas

a extensas áreas de vegetação, ainda que com solos predominantemente vulneráveis, como no caso dos solos litólitos e as areias quartzosas álicas, apresentam em geral baixa fragilidade ambiental. Assim, espaços de baixa fragilidade encontram-se sob um índice de dissecação do relevo que apresenta grande estabilidade, como o que ocorre com as dissecações com topos tabulares e aplainados.

Eventos pluviométricos de alta intensidade que variam de 1.300 a 2.100 mm anuais, quando em relevos de alta declividade como os encontrados nas cinco sub-bacias, acarretam em processos erosivos mais intensos, que de acordo com Nakashima (2001), favorece as formações de sulcos, cicatrizes de escorregamento ou ainda ravinas ou voçorocas ligadas às cabeceiras de drenagens que culminam no aumento da fragilidade do ambiente.

Os usos da terra em substituição à vegetal natural são fundamentais para a alteração do grau de fragilidade do ambiente. O uso da terra modificado por intervenções de natureza humana possibilita um grau Médio a Baixo de proteção ao solo, que contribui para a classificação de fragilidade ambiental alta (Santos et al., 2010).

Das cinco subunidades da BHC apenas a sub-bacia do rio Branco apresentou a classe Forte (44%) em maior percentual que as demais, devido apresentar extensa área de pecuária associada aos solos Podzólicos Vermelho-Amarelo e Terra roxa eutrófica, tipos pedológicos determinados com médio grau de fragilidade.

A sub-bacia Nascentes do rio Cabaçal demonstrou quase 33% de sua área apresentando fragilidade denominada Forte, consequência de 79,33% da unidade abranger pastagens em solos Podzólicos Vermelho-Amarelo (Argissolo vermelho) e mais de 48% em solos Litólitos álicos (Neossolo litólito), o último apresentando forte instabilidade (Crepani et al., 2000) e grande susceptibilidade à erosão (Embrapa, 2009), o que confere intenso grau de fragilidade.

Em contrapartida, mais de 67% da unidade apresentou fraca fragilidade ambiental, consequência de 43,63% de sua área estarem cobertas com remanescente florestal natural.

Infere-se uma preocupação a presença de pastagens e práticas de silvicultura em solos do tipo Areia quartzosa álica (Neossolo Quartzarênico), classe com alto nível de fragilidade. Sartori et al. (2005) alertam para a inserção de cultivos nestes solos, pois caracterizam-se por apresentarem alta permeabilidade e suscetibilidade à erosão. Estudos de susceptibilidade à erosão hídrica desenvolvidos por Nunes et al. (2013) no município de Salto do Céu, com área na BHC, identificaram os Neossolos e Nitossolos como classes de alta erodibilidade.

A remoção da cobertura natural aumenta as taxas de erosão, o que acarreta em maior escoamento superficial de substâncias e consequente alteração no processo de sedimentação. De acordo Taylor et al. (2008), áreas com supressão vegetal aumentam drasticamente a quantidade de sedimentos que chegam aos corpos hídricos.

Apesar disso, estas áreas estão associadas a formas de relevo dissecados com topos apresentando morfologias convexas que conferem baixo nível de fragilidade.

A sub-bacia do rio Vermelho, com maior extensão de área (1356,33 Km²), demonstra 47,73% de sua unidade apresentando fraca fragilidade. No entanto, as classificações Média e Forte responderam conjuntamente por mais de 52% de área.

Solos Podzólicos vermelho-amarelo eutróficos que, apesar de Alta fertilidade, apresentam aptidão à erosão (Embrapa, 2009) estão presentes em mais de 325 Km² da sub-bacia. São solos intermediários para Latossolos mostrando-se intensamente profundos. Quando em associação a pecuária, como em cerca de 166 Km² dessa unidade, conferem uma classificação de Forte fragilidade.

A sub-bacia do rio dos Bugres apresenta 72,6% com área de Média fragilidade. Todavia, a unidade do apresenta 89,21% de sua área com graus que variam de Médio a Forte. Atividades como pecuária, silvicultura e agricultura, essencialmente a monocultura da cana-de-açúcar, es-

tão presentes em grandes áreas de Argissolos (Podzólico vermelho-amarelo eutrófico/álico), Latossolos (Latossolo vermelho escuro distrófico/eutrófico) e Neossolos (Solos aluviais distróficos). Encontram-se, ademais, inseridos em dissecações de relevo com alta instabilidade, como as morfologias convexas.

O maior grau de fragilidade foi encontrado na sub-bacia do rio Branco (44% de sua área), cujas atividades de pecuária e agricultura encontram-se associadas especialmente à Nitossolos (Terra roxa eutrófica) e Cambissolos, altamente frágeis e instáveis. Salomão et al. (2009) observaram em seu estudo que os Nitossolos e Cambissolos, por serem solos pouco profundos e porosos, tendem à diminuição da infiltração de água da chuva, permitindo o escoamento sub-superficial dos agroquímicos, configurando uma ameaça aos corpos hídricos, o que justifica a atribuição da alta fragilidade ambiental associada a essa classe pedológica.

Segundo a Agência Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2009), Nitossolos (Terra roxa eutrófica), quando associados à locais de relevo ondulado, apresentam maior risco de erosão, como é o caso da subunidade analisada.

A Interbacia do rio Cabaçal é a menos comprometida com episódios de fragilidade, considerando que nesta mais de 61% de sua extensão a fragilidade é Fraca. Essa inferência deve-se a geomorfologia da área, cujos tipos do relevo são plano e tabular e a presença de ambientes com manutenção de cobertura vegetal. Áreas ocupadas por atividades como pecuária e agricultura, ainda que em diferentes classes de solo e, seus respectivos graus de fragilidades, encontram-se em relevos com fragilidade Fraca.

6. Conclusão

Concluiu-se, por meio do diagnóstico da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Cabaçal, que apesar de prevalecer um grau de fragilidade ambiental fraco, as áreas que demonstram graus variando de Médio à Forte, que constituem em fonte de preocupação frente ao crescimento das ações antrópicas, que possivelmente irá ocorrer na unidade de estudo devido estar em processo de ascensão econômica e demográfica.

Áreas com menor grau de interferência antrópica, como as recobertas por vegetação natural e Silvicultura, demonstraram menor índice de fragilidade ambiental, evidenciando a importância da manutenção da cobertura vegetal.

7. Agradecimentos

Dados derivados do projeto de pesquisa “Modelagem de indicadores ambientais para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas da região sudoeste de Mato Grosso/MT” vinculado à sub-rede de estudos sociais, ambientais e de tecnologias para o sistema produtivo na região sudoeste mato-grossense – REDE ASA, financiados no âmbito do Edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPs/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010.

8. Referências Bibliográficas

- Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*, v. 20, n. 3, p. 395 - 403, 1996.
- Carvalho, J. M.; Cuiabano, M. M.; Neves, R. J.; Serafim, M. E.; Neves, S. M. A. S. Conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Cabaçal – MT, Brasil. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 5., 2014, Campo Grande/MS, *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2014, p. 166-176.
- Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Azevedo, L. G.; Duarte, V.; Hernandez, P.; Florenzano, T.; Barbosa, C. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. INPE, São José dos Campos, SP, 2000.

- Donha, A. G.; Souza, L. C. de P.; Sugamoto, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 10, n. 1, p. 110-121, 2006.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2009. 412p.
- Embrapa. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Solos Tropicais**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_12_2212200611541.html>. Acesso em: 08 jun. 2016.
- Esri. **ArcGIS Desktop Advanced**: release 10.4.1. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2016.
- Franco, G. B.; Betim, L. S.; Marques, E. A. G.; Gomes, R. L. G.; Chagas, C. S. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 42, n. 1, p. 114-127, 2012.
- Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de unidades de relevo do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/relevo_2006.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2016.
- Lorenzon, T. H.; Paiva, S. L. P.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; Nunes, E. S. Analysis of the conservation state from the Permanent protection areas at the springheads and of the water from Cabaçal river drainage basin, Mato Grosso State, Brazil. **Revista Geografia**, v. 40, Número Especial, p. 159-175, 2015.
- Luciano, A. C. S.; Silva, J. S. V.; Neves, S. M. A. S. Geotecnologias aplicadas na caracterização e diagnóstico da paisagem da Upg do rio Aporé, MS. **Revista Geopantanal**, v. 1, n. 16, p. 57-75, 2014.
- Mato Grosso (Estado). **Bases cartográficas temáticas – 1:250.000**. DSEE: Diagnóstico Socioeconômico-Ecológico. Cuiabá: Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral de Mato Grosso, 2002. Disponível em: <<http://www.seplan.mt.gov.br/~seplandownloads/index.php/dsee/viewcategory/1-arquivos-tematicos>>. Acesso em: 10 mar. 2016.
- Mato Grosso (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Atlas de Mato Grosso**: abordagem socioeconômico-ecológica. Cuiabá: Entrelinhas, 2011. 96p.
- Martins, M. H. B.; Silva, S. F. Uso de Imagens dos satélites CBERS-2 e Landsat V para mapeamento do Desflorestamento no Município de Ipixuna/AM: uma proposta metodológica para a Fiscalização Ambiental na região Amazônica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. **Anais . . .** São José dos Campos: INPE, 2007. 1, 4021-4028.
- Nakashima, M. S. R. Carta de fragilidade ambiental da bacia do rio Keller, Estado do Paraná: subsídio ao estudo dos processos erosivos. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 6, p. 1547-1560, 2001.
- Nascimento, W. M.; Vilaça, M. G. Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento. **Associação dos Geógrafos Brasileiros**, v. 5, n. 7, p. 102-121, 2008.
- Neves, S. M. A. S. **Modelagem de um banco de dados geográficos do Pantanal de Cáceres/MT**: estudo aplicado ao turismo. Rio de Janeiro, 2006. 284p. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- Nunes, M. C. M.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; Kreitlow, J. P.; Chimello, A. M. Susceptibility to water erosion of soils from the municipality Salto do Céu, SW Mato Grosso State, Brazil – Brazil. **Revista Geografia**, v.38, Número Especial, p.191-206. 2013.
- Ross, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 1, n. 6, p. 17-29, 1992.
- Ross, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia – FFLCH-USP**, v. 1, n. 8, p. 64-74, 1994.
- Santos, R. M.; Nóbrega, M. T.; Paiva, R. G.; Silveira, H. Análise da fragilidade ambiental no município de Tamboara – PR: aplicação e estudo comparativo de duas metodologias. **Geoambiente**, v. 3, n.14, p. 93-120, 2010.
- Sartori, A.; Lombardi Neto, F.; Genovez, A. M. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos parte 1: Classificação.

Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005.

Silva, J. S. V.; Neves, S. M. A. S.; Vendrusculo, L. G. Caracterização ambiental da unidade de planejamento e gerenciamento do rio Amambaí. **Revista Geopantanal**, v. 1, n. 16, p. 21-35, 2014.

Silva, J. S. V.; Pott, A.; Abdon, M. M.; Pott, V. J.; Santos, K. R. **GeoMS: cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul**. 1. ed. Campinas: Embrapa, 2011. 64p.

Silveira, A.; Cunha, C. M. L. da. Análise empírica de fragilidade ambiental em área de expansão urbana: o caso do setor noroeste do sítio urbano de Piracicaba (SP). **Geografia**, v. 35, n. 3, p. 553-572, 2010.

Silveira, C. T.; Oka-Fiori, C. Análise empírica da fragilidade potencial e emergente da bacia do rio Cubatãozinho, estado do Paraná. *Caminhos da Geografia*, v. 8, n. 22, p. 1-17, 2007.

Spörl, C. Análise da Fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata. São Paulo, 2011. 165 f. **Dissertação** (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo, 2011.

Tarifa, J. R. **Mato Grosso: clima: análise e representações cartográficas**. Entrelinhas, 2011. 102p.

Taylor, K. G.; Owens, P. N.; Batalla, R. J.; Garcia, C. Sediment and contaminant sources and transfers in river basins. **Sustainable Management of Sediment Resources**, v. 4, n. 1, p. 83-135, 2008.

Tonello, K. C.; Dias, H. C. T.; Souza, A. L.; Ribeiro, C. A. A. S. R.; Leite, F. P. Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhães, MG. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2005.

Vasconcelos, C. H.; Novo, E. M. L. M. Mapeamento do uso e cobertura da terra a partir da segmentação e classificação de imagens – fração solo, sombra e vegetação derivadas do modelo linear de mistura aplicado a dados do sensor TM/Landsat5, na região do reservatório de Tucuruí – PA. **Acta Amazônica**, v. 34, n. 3, p. 487-493, 2004.



Análise agroclimática para o cultivo do melão no município de Cáceres/MT

Tamires da Silva Machado¹
Cleiton Paulo Oliveira¹
Sandra Mara Alves da Silva Neves¹
Jesã Pereira Kreitlow¹
Santino Seabra Junior²

¹Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Av. Santos do Dumont, s/n. Bloco I, Sl. 09. Bairro: Santos Dumont
78200-000 Cáceres - MT, Brasil
tamiresagronomia@gmail.com
{cleiton_agromt, jesapk1}@hotmail.com
ssneves@unemat.br

²Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
UNEMAT/Campus de Nova Mutum MT.
santinoSeabra@hotmail.com

Resumo. A produção do meloeiro atualmente se concentra em Rio Grande do Norte e Ceará, onde o clima semi-árido favorece a produtividade e a qualidade dos frutos. Propõe-se neste trabalho realizar o zoneamento da aptidão agroclimática do melão no município de Cáceres/MT por meio das geotecnologias, visando que as informações contribuam no cultivo dos agricultores familiares. Foram utilizadas séries históricas de dados de temperatura e pluviosidade disponibilizados pelos Institutos Agritempo e a Agência Nacional de Água – ANA referentes a seis estações meteorológicas. Os dados foram organizados no Banco de Dados Geográfico por meses. Para a combinação dos dados alfanuméricos e cartográficos e geração dos mapas temáticos utilizou-se o ArcGis. O cultivo de melão é viável em Cáceres, sendo propício a implantação a partir do mês de março até setembro. Contudo, o índice pluviométrico, no período de novembro a fevereiro em Cáceres é o principal fator limitante para a produção. Concluiu-se que o índice pluviométrico e a morfopedologia são os fatores limitantes para a implantação da cultura do melão. Quando implantada na época adequada a cultura é viável para os agricultores famílias no município.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, zoneamento climático, inverso do peso da distância.

Abstract. The production of melon currently focuses on Rio Grande do Norte and Ceará, where the semi-arid climate favors productivity and fruit quality. It is proposed in this paper carry out the zoning of the agro-climatic suitability melon in the city of Cáceres / MT through geotechnology, aiming to contribute information on the cultivation of family farmers. time series of temperature data were used and rainfall provided by Agritempo Institutes and the National Water Agency - ANA referring to six weather stations. Data were organized in Geographic Database for months. For the combination of alphanumeric and cartographic data and generation of thematic maps used the ArcGis. The melon cultivation is feasible in Cáceres, being conducive to implementation from March until September. However, the rainfall in the period from November to February in Cáceres is the main limiting factor for production. It was concluded that the rainfall and morfoedologia are the limiting factors for the implementation of the melon crop. When deployed at the appropriate time the culture is viable for farmers families in the municipality.

Key-words: remote sensing, climatic zoning, inverse distance weighted.

1. Introdução

No Brasil a produção de melão vem se intensificando, inicialmente sua produção se concentrava no estado de São Paulo, e posteriormente foi expandida para os estados da região Nordeste brasileira (Bonetti et al., 2011), estando atualmente concentrada no Rio Grande do Norte e Ceará, que respondem por 82,5% da produção nacional (Brasil, 2015). O clima semi-árido favorece a produtividade e a qualidade dos frutos do meloeiro, elevando o teor de açúcares, enriquecendo aroma e o sabor e melhorando consistência e a durabilidade (Filgueira, 2008).

A cultura do meloeiro é influenciada diretamente pela disponibilidade de água no solo, por se tratar de uma espécie sensível ao déficit ou excesso hídrico e, como a maioria dos cultivos, apresenta necessidades hídricas variáveis no decorrer do ciclo (Silva et al., 2003), fazendo-se necessário o conhecimento do nível de aptidão agrícola em uma região específica, o que exige um levantamento, organização e análise de dados climáticos peculiares às necessidades da cultura (Sediyama et al., 2001).

O zoneamento permite a identificação e o gerenciamento de áreas potenciais ou limitantes segundo as condições físicas, econômicas e sociais (Sarropa, 2003), possibilitando a geração de informações sobre a adaptabilidade das culturas, que uma vez utilizadas refletem em retorno financeiro para os agricultores (Nunes et al., 2007). O zoneamento climático contribui na minimização dos riscos relacionados aos fenômenos climáticos, pois fornece subsídios como, por exemplo, a identificação da melhor época de plantio, considerando os seus ciclos de desenvolvimento (Brasil, 2013).

Com o avanço da informática o uso da tecnologia está ligado diretamente ao geoprocessamento, tendo em vista a importância das informações espacializadas, os Sistemas de Informações Geográficas – SIG's estão cada vez mais oferecendo uma maneira rápida para a realização de trabalhos visando a gestão e tomada de decisões no que se diz respeito a uma redução de riscos para a agricultura, tornando-se imprescindível a identificação, quantificação e mapeamento das áreas adequadas ao plantio (Gianezini e Saldias, 2010; Maciel et al. 2009).

2. Objetivo

Propõe-se neste trabalho realizar o zoneamento da aptidão agroclimática do melão no município de Cáceres/MT por meio das geotecnologias, visando que as informações contribuam no cultivo dos agricultores familiares.

3. Material e Métodos

3.1 Área de estudo

O município de Cáceres, situado na região sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso (Mato Grosso, 2012) e na Bacia do Alto Paraguai (BAP), totaliza uma área de 24.351,408 Km² (Ibge, 2016), sendo que desta segundo Kreitlow et al., (2014) somente 5.046,79 Km² podem ser utilizadas visando a agricultura, devido às restrições legais pertinentes ao Bioma Pantanal e as Áreas de Preservação Permanente (APP), situadas na Província Serrana (Serras) e nos cursos d'água (rios, córregos e lagoas). No município há 20 assentamentos derivados da Reforma Agrária (Freitas et al., 2015), cujo cultivo do meloeiro pode vir a agregar renda as 1.737 famílias assentadas (**Figura 1**).

No município de **Cáceres** o clima é o Tropical, com inverno seco (maio-outubro) e verão chuvoso (novembro-abril). A pluviosidade média anual do município é de 1.335 mm, chovendo em média 115 dias por ano. A temperatura média anual é de 26,24° C, a temperatura média mensal mais alta ocorre no mês de outubro (28,01° C) e as temperaturas médias mensais mais baixas ocorrem nos meses de junho e julho, 23,39 e 23,36° C, respectivamente (Neves et al., 2011).

3.2 Procedimentos metodológicos

Para a execução da pesquisa foram utilizadas séries históricas de temperatura e pluviosidade do período de cinquenta anos (1962-2012) de seis estações meteorológicas, via dados fornecidos pelos Institutos Agritempo e a Agência Nacional de Água - ANA, situadas na região sudoeste do estado de Mato Grosso e dos municípios de entorno da região.

A uniformidade das series mensais utilizadas para o zoneamento foi estabelecida através do ciclo completo dentro de 90 dias. Os dados foram organizados em Banco de Dados Geográfico – BDG e sistematizado por meses.

As classes de aptidão climática (**Tabela 1**) para a cultura do melão foram constituídas conforme proposto pela Whitaker e Davis (1962), Marouelli (2003), Embrapa (2010) e Reis (2013), e alicerçados nas exigências hídricas e de temperatura da cultura.

Tabela 1. Classes de aptidão climática para a cultura do meloeiro.

Classes de aptidão	Temperatura °C	Pluviosidade mm
Apta	$20 \leq a \leq 30$	0 – 393
Restrita	$20 > e > 30$	394 – 550
Inapta	$12 \geq e \geq 40$	> 551

Foi considerada a declividade do terreno, sendo os valores hierarquizados em seis classes: Plano (0-3%), Suave ondulado (3,1-8%), Ondulado (8,1-20%), Forte ondulado (20,1-45%), Montanhoso (45,1-75%) e Escarpado (>75%), conforme proposto no manual de uso da terra (Ibge, 2007).

Para a combinação dos dados alfanuméricos e cartográficos e geração dos mapas temáticos utilizou-se o Sistema de Informação Geográfica ArcGis, versão 10.4 (Esri, 2016). O interpolador utilizado na elaboração dos mapas das variáveis climáticas foi o de ponderação do inverso da distância (IDW), conforme sugerido por Amorim et al. (2008), por apresentar o menor desvio padrão da média, proporcionando uma menor margem de erro, que é indispensável em face da segurança necessária para o planejamento agrícola.

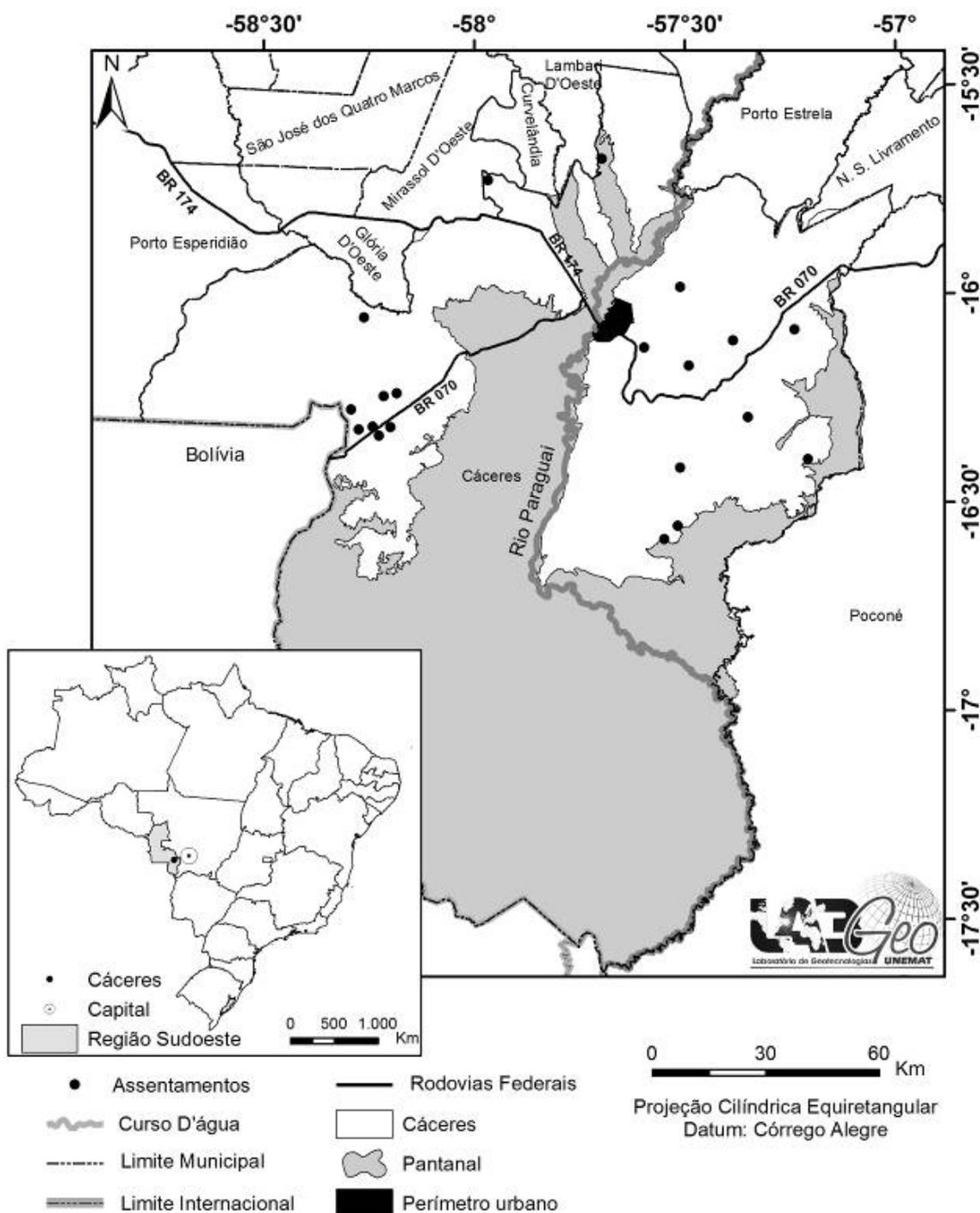


Figura 1. Área de estudo no contexto regional e municipal. Fonte: Labgeo Unemat (2016).

4. Resultados de Discussão

O município de Cáceres possui grande extensão territorial, contudo somente 5.046,79 Km² podem ser utilizados para cultivos conforme verificado por Kreitlow et al. (2014) devido às restrições legais encontradas no município.

Na área de estudo pode-se constatar que durante o período analisado o cultivo do meloeiro iniciado em fevereiro, mapa 2 (Figura 2), encontra-se com 99,31% da área restrita, devido a pluviometria ser o principal fator restritivo. Coelho e Fontes (2005) corroboram ao afirmarem

que períodos chuvosos durante a maturação dos frutos favorecem o aparecimento de patógenos na planta, resultando em frutos com baixa qualidade visual e grau Brix (açúcar) não mantendo um padrão de frutos.

A área classificada como apta no mapa 3 (**Figura 2**) corresponde a 55,20% da extensão territorial não alagável de Cáceres, sendo a época com maior área apta para o cultivo do meloeiro. Quando a necessidade climática é suprida adequadamente, a produção encontra-se em seu máximo, levando em consideração o ciclo e necessidade de cada cultivar (Martin e Valero, 1993).

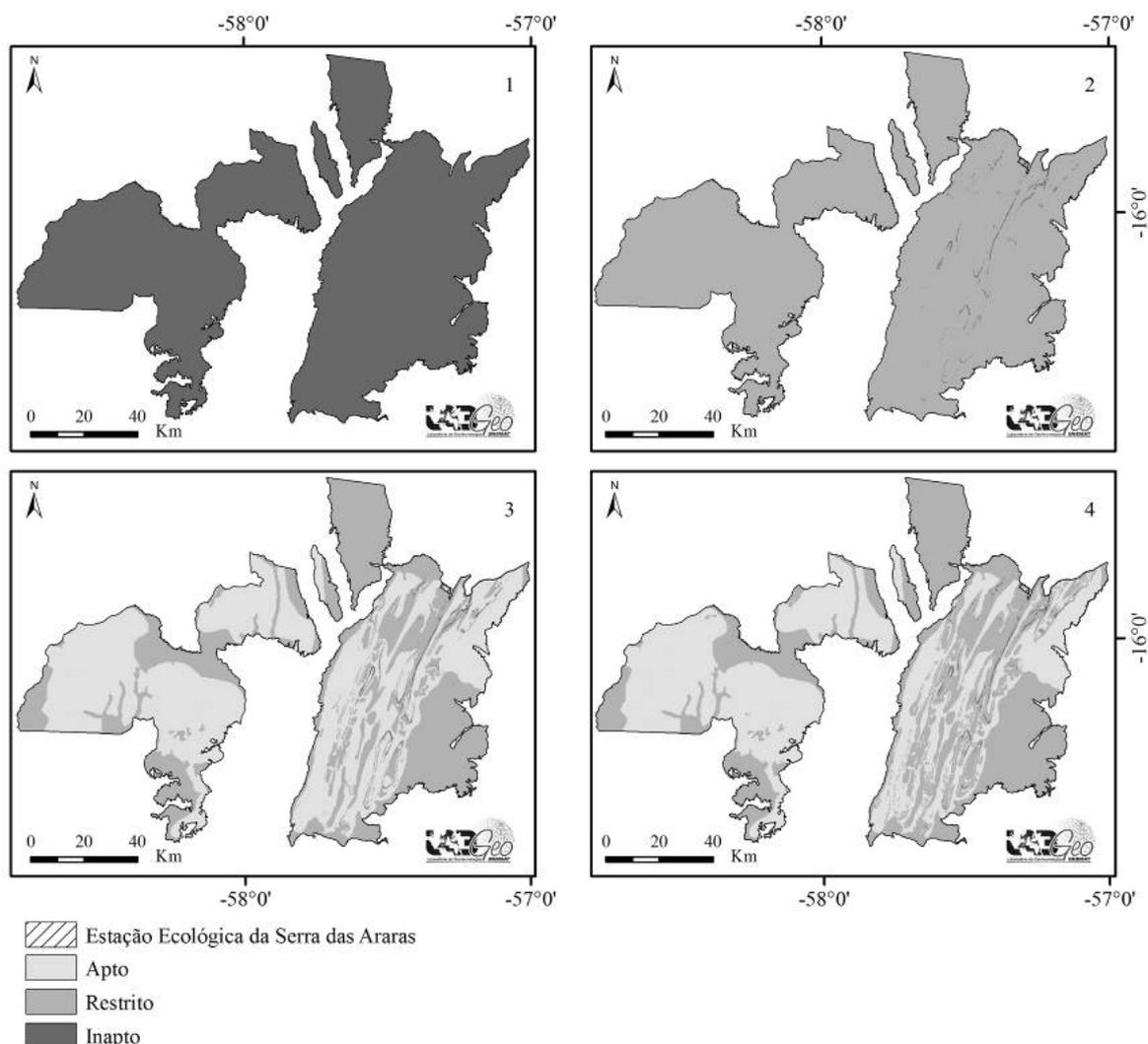


Figura 2. Zoneamento agroclimático para a cultura do meloeiro em Cáceres/MT compreendendo os meses: mapa 01 (jan-mar); mapa 02 (fev-abr); mapa 03 (mar-mai); mapa 04 (abr-jun). Fonte: os autores (2016).

Observa-se que a partir do mapa 4 até o 9 (**Figura 3**) a área de aptidão se mantém constante em 50,03%, isso ocorre devido o índice pluviométrico ser o ideal para a cultura e no município **não haver restrições no tocante a temperatura**. Mendonça Jr (2015) afirma que a distribuição em uma estação chuvosa e temperaturas propicias possibilitam as condições climáticas necessárias ao desenvolvimento do meloeiro, assegurando frutos de ótima qualidade (Angelotti e Costa, 2010).

Nos mapas 1, 11 e 12 (**Figura 1 e 4**) as áreas são 100% restritas, decorrente das altas pluviometrias no município neste período, pois quando cultivado em locais com altos índices plu-

viométricos os frutos produzidos não atendem ao mercado consumidor, sendo um desafio para os produtores na competitividade comercial (Queiroz et al., 2016).

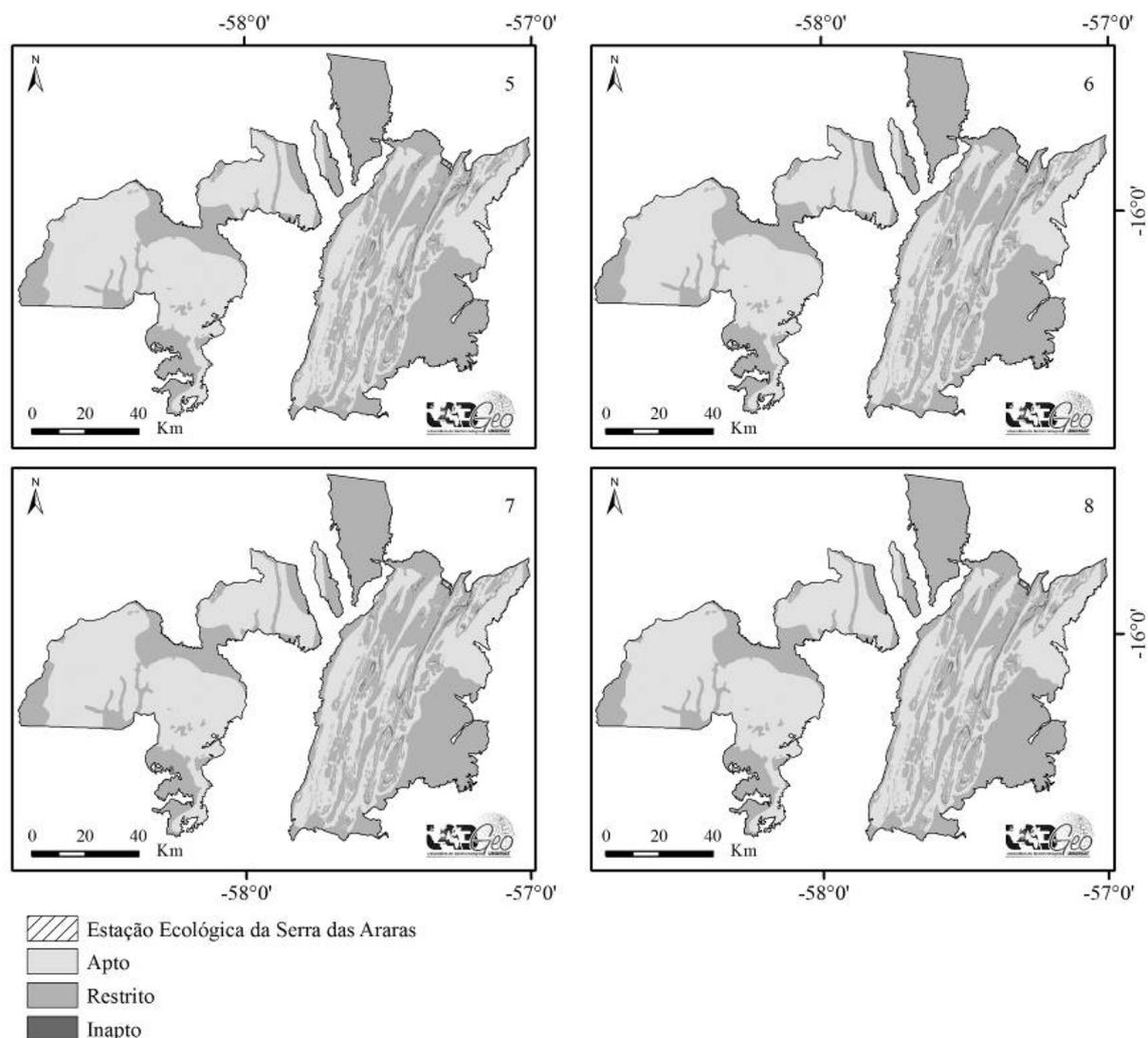


Figura 3. Zoneamento agroclimático para a cultura do meloeiro em Cáceres/MT compreendendo os meses: mapa 05 (mai-jul); mapa 06 (jun-ago); mapa 07 (jul-set); mapa 04 (ago-out). Fonte: os autores (2016).

A seguir são apresentados na **Tabela 1** os totais de áreas conforme as classes de aptidão para o cultivo do meloeiro no município de Cáceres. Nos períodos com maiores áreas aptas o comportamento pluviométrico e variações de temperatura, aliados a declividades do terreno inferiores a 8% são essências para o desenvolvimento de um fruto com qualidade. Segundo Medeiros et al. (2005) e Vela et al. (2007) o conhecimento do comportamento das variáveis climáticas ao longo de um período de estudo são fundamentais para o planejamento agrícola na região.

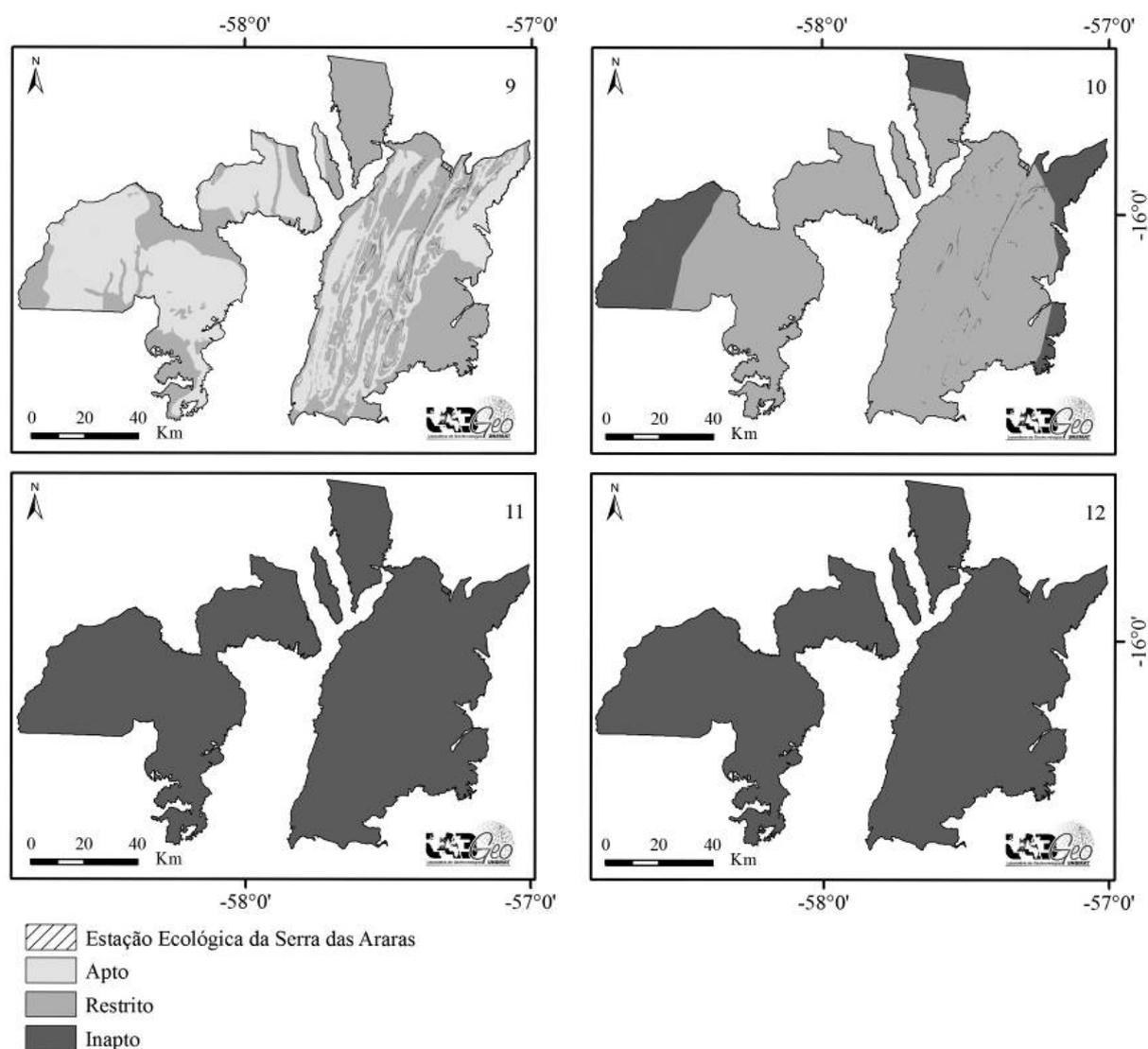


Figura 4. Zoneamento agroclimático para a cultura do meloeiro em Cáceres/MT compreendendo os meses: mapa 09 (set-nov); mapa 10 (out-dez); mapa 11 (nov-jan); mapa 12 (dez-fev).

Tabela 1. Área das classes de aptidão para o cultivo do meloeiro

Mapa (período)	Classes de aptidão (Km ²)		
	Apta	Restrita	Inapta
Mapa 01 (jan-mar)			5.046,79
Mapa 02 (fev-abr)		5.011,97	34,82
Mapa 03 (mar-mai)	2.786,34	2.225,63	34,82
Mapa 04 (abr-jun)	2.525,42	2.486,55	34,82
Mapa 05 (mai-jul)	2.525,42	2.486,55	34,82
Mapa 06 (jun-ago)	2.525,42	2.486,55	34,82
Mapa 07 (jul-set)	2.525,42	2.486,55	34,82
Mapa 04 (ago-out)	2.525,42	2.486,55	34,82
Mapa 09 (set-nov)	2.525,42	2.486,55	34,82
Mapa 10 (out-dez)		4.088,40	958,39
Mapa 11 (nov-jan)			5.046,79
Mapa 12 (dez-fev)			5.046,79

No estado de Mato Grosso o cultivo do meloeiro ainda é pequeno e depende de estudos para definir parâmetros que potencializarão o cultivo, considerando que as condições de clima são favoráveis para uma produção de qualidade (Bonetti et al., 2011).

O desenvolvimento da fruticultura promove a diversificação das atividades agrícolas, exercendo papel socioeconômico de importância nas regiões produtoras, contribuindo para a mudança do quadro social daqueles que têm na agricultura sua forma de sustento, sendo uma alternativa para inserção do pequeno produtor no cenário agrícola (Silva et al., 2014).

5. Conclusão

O índice pluviométrico do município constitui um fator limitante ao cultivo do melão no período de plantio iniciado em novembro até fevereiro, enquanto a temperatura não interfere no desenvolvimento fisiológico da planta. Sendo uma alternativa viável para os agricultores famílias no município quando implantação iniciada nos meses de março até setembro.

O emprego de parâmetros legais para elaboração do zoneamento climático restringiu o uso de terras classificadas como aptas de acordo com os fatores morfopedológicos.

6. Agradecimentos

Ao projeto de pesquisa: “Análise temporal do uso da terra para definição de cenários de mudança da paisagem natural por intervenções de natureza humana no Pantanal de Cáceres/MT”, financiado via Edital Universal 2014 – Doutor da Fundação de Amparo à Pesquisado estado de Mato Grosso – FAPEMAT.

Ao CNPq pela concessão de bolsa de Iniciação Científica via EDITAL nº 003-2015.

7. Referências

Amorim, R.C.F.; Ribeiro, A.; Leite, C. C.; Leal, B. G.; Silva, J. B. G. Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 87-91, 2008.

Angelotti, F.; Costa, N. D. **Sistema de produção de melão**. Versão eletrônica, 2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melao/SistemaProducaoMelao/mercado.html>. Acesso em: 27 de jun. 2016.

Bonetti, J.A.; Zanuzo, M. R.; Machado, R. A. F.; Constantino, E. J.; Cacho, R. C.; Rieger, F. A. Influência do parcelamento de potássio (K) nas características do melão utilizando sistema tutorado em Sinop-MT. **Revista Uniara**, Araraquara, v. 14, n. 1, p. 110-117, 2011.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio**. 6 ed. Brasília: MAPA, 2015. 32p.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Zoneamento agrícola de risco climático**. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/zoneamento-agricola>, Acesso em: 25 de set. 2013.

Coelho, E. L. C.; Fontes, P. C. R. Índices agronômicos do meloeiro associados à dose adequada de nitrogênio, em ambiente protegido e no campo. **Ciência e Agrotecnologia**, local, v. 29, n. 5, p. 974-979, 2005.

Embrapa Semiárido. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2010. **Sistema de Produção de Melão**. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melao/SistemaProducaoMelao/>>. Acesso em: 07 fev. 2016.

Esri. **ArcGIS Desktop: release 10.4**. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2016.

Filgueira, F. A. R. Novo manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3 ed. Viçosa/MG: Editora UFV, 2008. 402 p.

- Freitas, L. E.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; Carvalho, K. S. A.; Kreitlow, J. P.; Dassoller, T. F. - Avaliação do uso dos solos nos Assentamentos do município de Cáceres/MT. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, 2014.
- Gianezini, M.; Saldías, R.; Ceolin, A. C.; Brandão, F. S.; Dias, E. A.; Ruviaro, C. F. Geotecnologia aplicada ao agronegócio: conceitos, pesquisa e oferta. **Revista Economia & Tecnologia**, Curitiba, v.8, n.2, p.167-174, 2012.
- Ibge. Manual técnico de uso da terra. 2. ed. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências/IBGE, 2007. p. 189-191.
- Kreitlow, J. P.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; Serafim, M. E. Avaliação geoambiental das terras do município brasileiro de Cáceres para o cultivo da Teca. *Revista Ra'e Ga*, Curitiba, v.31, p.53-68, 2014.
- Maciel, G. F.; Azevedo, P. V.; Andrade Jr, A. S. Impactos do aquecimento global no zoneamento de risco climático da soja no estado do Tocantins. **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 3, p. 141-154, 2009.
- Marouelli, W. A.; Pinto, J. M.; Silva, H. R.; Medeiros, J. F. Fertirrigação. In: Silva, H. E.; Costa, N. D. **Melão: produção - aspectos técnicos**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças; Petrolina: Embrapa Semi-Árido. 2003. p. 69-85.
- Martin, F.; Valero, J. A. **Agronomia del Riego**. Madri: Mundi-Presa, 1993. 732p.
- Mato Grosso (Estado). Secretaria de Estado e Planejamento e Coordenação Geral. **Anuário Estatístico de Mato Grosso**. Cuiabá: SEPLAN-MT, 2010. Disponível em: <http://www.seplan.mt.gov.br/html/index.php> Acesso em: 23 jun. 2016.
- Medeiros, S. S.; Cecílio, R. A.; Melo Jr, J. C. F.; Silva Jr, J. L. C. Estimativas e espacializações das temperaturas do ar mínimas, médias e máximas na Região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 247-255, 2005.
- Mendonça Jr, A. F. **Crescimento, produção e qualidade de melão e melancia cultivadas sob extrato de algas *Ascophyllum nodosum* L.** 2015. 126f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró: UFERSA, 2015.
- Neves, S. M. A.; Nunes, M. C. M.; Neves, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turística municipais. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 55-68, 2011.
- Nunes, E. L., Amorim, R. C. F., Souza, W. G., Ribeiro, A., Senna, M. C. A., Leal, B. G. Zoneamento agroclimático da cultura do café para a bacia do Rio Doce. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 22, n. 3, p. 297-302, 2007.
- Queiroz, R. F. N.; Neves, S. M. A. S.; Dallacort, R.; Seabra Jr, S.; Neves, R. J.; Machado, T. S. Análise agroclimática do melão na região Sudoeste mato-grossense. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 9, n. 1, p. 215-225, 2016.
- Reis, C. D.; Castro, N. M.; Pedrollo, O.; Louzada, J. A. Resposta da Cultura de Melão a Diferentes Intensidades e Frequências de Irrigação em Porto Nacional – TO. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.18, n.1, p.195-204, 2013.
- Sarraipa, L. A. S. Banco de dados georreferenciado para zoneamento edafoclimático do Estado de São Paulo. 2003. 72f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) - Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas/SP, 2003.
- Sediyama, G.C.; Melo Jr, J. C. F.; Santos, A. R.; Ribeiro, A.; Costa, M. H.; Hamakawa, P. J.; Costa, J. M. N.; Costa, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 501-509, 2001.
- Silva, A.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J. Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da erosão marginal do rio Paraguai: bairro São Miguel em Cáceres/MT-Brasil. **Revista Geografia Acadêmica**, Goiânia, v. 2 n. 3, p. 19-27, 2008.
- Silva, H. R.; Costa, N. D.; Carrijo, O. A. Exigências de clima e solo e épocas de plantio. In: Silva, H. R., Costa, N. D. **Melão: Produção e aspectos técnicos**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2003. 23-28 p.
- Silva, M. C.; Silva, T. J. A.; Silva, E. M. B.; Farias, L. N. Características produtivas e qualitativas de melão rendilhado adubado com nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina

Grande, v. 18, n. 6, p. 581–587, 2014

Tarifa, J. R. **Mato Grosso: clima – análise e representação cartográfica**. Cuiabá: Entrelinhas, 2011. p. 69-96

Vela, R. H. N.; Dallacort, R.; Nied, A. H. Distribuição decedial, mensal e totais de precipitação na região de Tangará da Serra/MT. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 36, 2007, Bonito-MS, **Anais...** Bonito-MS, 2007. Não paginado.

Whitaker, T. W.; Davis, G. N. **Cucurbits: botany, cultivation and utilization**. London: London Hill, 1962. 250 p.



Geoestatística como ferramenta para análise espacial da precipitação para o Mato Grosso e seleção de modelos semivariográficos

Vanessa Rakel de Moraes Dias 1,2

Fernando da Silva Sallo 2

Luciana Sanches 2

Rivanildo Dallacort 1

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Campus Universitário de Tangará da Serra-MT
Centro de Pesquisas, Estudos e Desenvolvimento Agro-Ambientais
Rodovia MT 358, km 7, Bairro Jardim Aeroporto
78300-000 - Tangará da Serra - MT, Brasil
{vanessadias, rivanildo}@unemat.br

² Universidade Federal do Mato Grosso- UFMT
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental
Av. Fernando Correa da Costa, n. 2367, Boa Esperança
78060-900 - Cuiabá - MT, Brasil
fdss88@gmail.com
lsanches@ufmt.br

Resumo. O mapeamento da distribuição espacial da precipitação pluvial torna-se importante por possibilitar analisar tendências e alterações no decorrer do tempo em escalas locais e regionais, fundamentais no desenvolvimento de projetos ambientais e agrícolas. Assim, o objetivo do presente trabalho foi ajustar e selecionar modelos matemáticos semivariográficos para análise da variabilidade espacial da precipitação pluvial para o estado de Mato Grosso, referente aos meses de outubro a março para, posteriormente, representá-la por meio de mapas por técnicas de krigagem. Utilizaram dados de 155 estações pluviométricas no estado de Mato Grosso e algumas no entorno, com dados acima de 10 anos da Agência Nacional de Águas. Os semivariogramas foram ajustados pelo método dos mínimos quadrados ponderados e selecionados entre os modelos esférico, exponencial e gaussiano. O modelo que melhor se ajustou aos semivariogramas experimentais pelo critério do desvio padrão dos erros reduzidos obtido pela validação cruzada e grau de dependência espacial foi o exponencial. Assim, a variabilidade espacial da precipitação pluvial pode ser, posteriormente, mapeada por técnicas de krigagem gerando-se mapas úteis em projetos ambientais e agrícolas, possibilitando a compreensão da distribuição espacial dessa variável tão importante do clima.

Palavras-chave: Análise espacial, geoestatística, mínimos quadrados ponderados, semivariograma.

Abstract. The mapping of the spatial distribution of rainfall becomes important for enabling analyze of trending and changes over time in local and regional scales and is fundamental in the development of environmental and agricultural projects. The objective of this work was to adjust and select semivariogram models to analyze the spatial variability of rainfall in the state of Mato Grosso during the months October to March. Thus, represent it through maps by kriging technique. The data used from 155 rainfall stations in the state of Mato Grosso and some in surrounding area. Only measurement data above 10 years of the National Waters Agency. The semivariograms were adjusted by the method of weighted least squares and selected among the spherical models, exponential and Gaussian. The model that best fit the experimental semivariogram by the standard deviation of the criterion of reduced errors obtained by cross-validation and spatial dependence is exponential. Thus, the spatial variability of rainfall can be further mapped by kriging techniques by generating useful maps in environmental and agricultural projects, enabling the understanding of the spatial distribution of this very important variable climate.

Key-words: Spatial analysis, semivariogram, geostatistics, weighted least squares

1. Introdução

A precipitação pluvial é uma variável do clima de fundamental importância que deve ser monitorada, tanto para planejamento ambiental, projetos agrícolas, construção civil, defesa civil, entre outros. E, apesar de existirem muitos postos de coleta, estes fornecem informações pontuais, sendo necessário o mapeamento da precipitação pluvial por meio de interpoladores espaciais. Para geração de mapas utiliza-se interpoladores, sendo que o interpolador geoestatístico é considerado superior a outros métodos de interpolação. No entanto, há necessidade de modelagem do melhor semivariograma possível antes da interpolação (Mello et al., 2005; Ribeiro Junior & Diggle, 2001).

Há necessidade da seleção de métodos e modelos variográficos que melhor representem a variável em questão. Assim, há vários métodos estatísticos, entre eles: mínimos quadrados ordinários, mínimos quadrados ponderados, máxima verossimilhança, máxima verossimilhança restrita, assim como vários modelos disponíveis em programas computacionais para ajustes de semivariogramas, entre eles: esférico, exponencial, gaussiano, wave, entre outros (R Core Team, 2015).

2. Objetivo

Neste contexto, objetivou-se ajustar e selecionar modelos matemáticos semivariográficos para análise da variabilidade espacial da precipitação pluvial para o estado de Mato Grosso, referente aos meses de outubro a março para, posteriormente, representá-la por meio de mapas por técnicas de krigagem.

3. Material e Métodos

Dados de precipitação pluvial

Foram selecionadas 155 estações hidrológicas instaladas no Mato Grosso e entorno, com dados de precipitação pluvial diária que foram obtidos no portal da Agência Nacional de Águas-ANA (Hidroweb, 2012), com séries históricas de no mínimo 10 anos. Como os meses de maior pluviosidade são de outubro a março, esses foram selecionados para o presente estudo. Em que se trabalhou com o percentil 75% porque aumenta o grau de confiabilidade na ocorrência de precipitação (Hann, 2001).

Geoestatística

A Teoria das Variáveis Regionalizadas foi desenvolvida por Matheron, baseado nas observações

de Krige, que em sua homenagem chamou o seu método de “krigagem” (interpolador geostatístico). Uma variável regionalizada é uma função numérica com distribuição espacial, com variação de um local a outro com continuidade aparente, porém essas variações não podem ser representadas por uma função matemática simples (Burrough & McDonnell, 1998).

Uma variável em função das coordenadas geográficas é considerada regionalizada e pode variar continuamente no espaço geográfico. Cada valor observado $Z(x_i)$ nos locais x_i , $i = 1, 2, \dots, n$, em que x_i denota a coordenada geográfica em duas dimensões, é considerada uma realização das variáveis aleatórias $Z(x)$. O conjunto de variáveis aleatórias constitui uma função aleatória ou processo estocástico (McBratney & Webster, 1986). A metade da esperança da variância entre pares de pontos separados por uma distância ‘ h ’ é definida como semivariância e representada pelo modelo clássico, segundo a equação abaixo:

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [z(x_i) - z(x_i + h)]^2$$

em que $\hat{\gamma}(h)$ é a semivariância estimada para cada distância (lag) entre pares de pontos, $N(h)$ é o número de pares de valores medidos $z(x_i)$, $z(x_i + h)$, separados pela distância h (Burrough & McDonnell, 1998).

Pelo modelo variográfico ajustado pode-se descrever padrões espaciais e prever valores em locais não amostrados por meio de krigagem. Então, foram ajustados os modelos esférico, exponencial e gaussiano aos semivariogramas experimentais, pelo método dos mínimos quadrados ponderados. Os três modelos estão abaixo:

$$\gamma(h) = \begin{cases} C_0 + C_1 \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], & 0 < h < a \\ C_0 + C_1, & h \geq a \end{cases} \quad (\text{esférico})$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left\{ 1 - \exp \left(-3 \frac{h}{a} \right) \right\} \quad (\text{exponencial})$$

$$\gamma(h) = C_0 + C_1 \left\{ 1 - \exp \left[-3 \left(\frac{h}{a} \right)^2 \right] \right\} \quad (\text{gaussiano})$$

em que ‘ C_0 ’ é o efeito pepita, ‘ $C_0 + C_1$ ’ o patamar, ‘ a ’ o alcance e ‘ h ’ a distância.

Para seleção do modelo matemático que melhor se ajustou ao semivariogramas experimentais foram utilizados o grau de dependência espacial (GD) e a validação cruzada.

O grau de dependência espacial foi calculado pela razão entre a variância estrutural (C_1) e o patamar ($C_0 + C_1$), sendo que valores abaixo de 25%, o semivariograma é considerado fraco; valores entre 25% e 75%, é considerado moderado; e acima de 75%, é considerado forte (Mello, 2004).

A técnica de validação cruzada foi utilizada como critério de comparação, que consiste em retirar temporariamente do conjunto de dados um valor observado e estimá-lo a partir dos outros, esse processo é feito para todos os valores observados. Posteriormente, foi calculado o

desvio padrão dos erros reduzidos (S_{ER}) (Cressie, 1993), segundo a equação:

$$S_{ER} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{z(x_{i0}) - \hat{z}(x_{i0})}{\sigma_{i0}} \right)^2}$$

em que $z(x_{i0})$ é o valor observado no ponto $i0$, $\hat{z}(x_{i0})$ é o valor estimado para o ponto $i0$ e $\sigma(x_{i0})$ é o desvio padrão da krigagem no ponto $i0$. O desvio padrão dos erros reduzidos deve ser próximo de um.

Selecionado o melhor método de estimação para verificar a dependência espacial, procedeu-se a construção de mapas utilizando-se a krigagem ordinária como interpolador, possibilitando a visualização da variabilidade espacial da precipitação pluvial.

Foi utilizado o programa R (R Core Team, 2015) e o pacote de análises geoestatísticas geoR (Ribeiro & Diggle, 2016).

4. Resultados e Discussão

Os semivariogramas experimentais da precipitação pluvial decendial, de outubro a março, em Mato Grosso, foram ajustados pelo método dos mínimos quadrados ponderados.

Foram ajustados os modelos esféricos, exponenciais e gaussianos que estão apresentados na **Tabela 1**, assim como estão apresentados os parâmetros efeito pepita (C_0), patamar ($C_0 + C_1$) e alcance (a), e os valores de desvio padrão dos erros reduzidos (S_{ER}) e grau de dependência espacial (GD) que são os critérios para seleção do melhor modelo selecionado.

Tabela 1. Parâmetros dos modelos dos semivariogramas esférico, exponencial e gaussiano, desvio padrão dos erros reduzidos (S_{ER}) e grau de dependência espacial (GD) para os decêndios de outubro a março da precipitação pluvial no Mato Grosso.

Mês	Decêndio	Modelo	C_0	$C_0 + C_1$	a (m)	S_{ER}	GD (%)
OUTUBRO	1º	esférico	17,75	72,40	1097316	1,100	75,48
		exponencial	18,23	109,59	1090000	1,077	83,37
		gaussiano	22,00	72,36	516575	1,205	69,60
	2º	esférico	25,88	83,38	1080000	1,084	68,95
		exponencial	25,34	125,09	1080000	1,079	79,74
		gaussiano	29,00	85,59	535209	1,150	66,12
	3º	esférico	32,92	124,62	939999	1,068	73,58
		exponencial	34,55	186,33	940000	1,042	81,46
		gaussiano	35,00	127,55	458513	1,230	72,56
NOVEMBRO	1º	esférico	45,78	95,30	1100000	1,031	51,96
		exponencial	45,32	133,55	1140000	1,028	66,07
		gaussiano	49,00	103,17	632234	1,079	52,51
	2º	esférico	57,03	108,54	600000	1,037	47,46
		exponencial	62,72	130,44	600000	1,004	51,91
		gaussiano	62,00	114,39	401186	1,075	45,80
	3º	esférico	62,09	145,89	760000	1,009	57,44
		exponencial	63,20	167,41	500022	0,985	62,25
		gaussiano	63,00	146,03	351908	1,105	56,86

DEZEMBRO	1º	esférico	68,24	175,02	950000	1,039	61,01
		exponencial	70,94	246,32	970000	1,021	71,20
		gaussiano	80,00	185,47	540103	1,051	56,87
	2º	esférico	96,64	269,63	1063621	1,061	64,16
		exponencial	96,70	367,68	950000	1,052	73,70
		gaussiano	119,00	272,26	529636	1,052	56,29
	3º	esférico	81,09	493,67	1388271	1,144	83,57
		exponencial	72,19	810,01	1390000	1,169	91,09
		gaussiano	111,00	469,35	599539	1,175	76,35
JANEIRO	1º	esférico	82,44	353,15	911371	1,064	76,66
		exponencial	93,54	551,44	990000	1,017	83,04
		gaussiano	112,00	358,21	453480	1,095	68,73
	2º	esférico	74,00	163,17	477683	1,011	54,65
		exponencial	73,00	175,95	241907	0,978	58,51
		gaussiano	76,00	159,21	187879	1,071	52,27
	3º	esférico	69,00	130,62	300000	1,089	47,18
		exponencial	65,00	143,29	181106	1,061	54,64
		gaussiano	67,00	132,16	151616	1,147	49,30
FEVEREIRO	1º	esférico	60,00	217,81	482992	1,175	72,45
		exponencial	61,00	240,35	240824	1,098	74,62
		gaussiano	64,00	204,61	175582	1,333	68,72
	2º	esférico	79,66	165,62	373984	1,102	51,90
		exponencial	80,00	166,34	130785	1,039	51,91
		gaussiano	86,00	165,68	177591	1,146	48,09
	3º	esférico	41,00	109,49	525629	1,123	62,55
		exponencial	42,00	144,15	438740	1,090	70,86
		gaussiano	43,00	107,97	235603	1,244	60,18
MARÇO	1º	esférico	73,00	237,29	522831	1,083	69,24
		exponencial	75,50	311,61	412095	1,051	75,77
		gaussiano	76,00	228,38	215931	1,245	66,72
	2º	esférico	60,00	151,73	419139	1,083	60,46
		exponencial	66,00	170,78	470001	1,022	61,35
		gaussiano	59,00	148,08	164678	1,186	60,16
	3º	esférico	68,91	127,94	300007	1,241	46,14
		exponencial	67,00	148,88	300004	1,241	55,00
		gaussiano	66,00	127,71	129999	1,241	48,32

Para selecionar um modelo variográfico não é suficiente apenas a análise do comportamento dos semivariogramas, pois essa é uma avaliação subjetiva. Assim, o desvio padrão dos erros reduzidos (S_{ER}) obtido pela validação cruzada e o grau de dependência espacial (GD) foram utilizados como uma forma de avaliação mais objetiva. Os resultados de S_{ER} para o modelo exponencial foram próximos de “um”, assim podem ser considerados acurados e precisos para todos os semivariogramas analisados.

Por estes dois critérios fica evidente a superioridade do modelo exponencial em relação aos outros modelos. Este apresentou melhor desempenho que o esférico e o gaussiano.

Nas **Figuras 1 e 2** estão apresentados os semivariogramas selecionados e ajustados pelo

modelo exponencial da precipitação pluvial para cada decêndio referente aos meses de outubro a março.

Pelo critério de dependência espacial, valores menores que 25% o grau de dependência espacial é considerado fraco, entre 25% e 75% moderado e acima de 75% forte. Dos semivariogramas ajustados pelo modelo exponencial, 67% apresentaram dependência espacial moderada e 33% forte.

O comportamento do alcance está associado à existência de estrutura de dependência espacial, ou seja, é uma distância em que há correlação espacial entre os locais da variável em questão. Como o modelo selecionado foi o exponencial, o alcance referente a este modelo variou entre 130785 a 1390000 m, no segundo decêndio de fevereiro e no terceiro decêndio de dezembro, respectivamente. Estes valores representam a extensão da estrutura de dependência espacial da precipitação pluvial no Mato Grosso e entorno, sendo que dezembro cobre praticamente todo o estado.

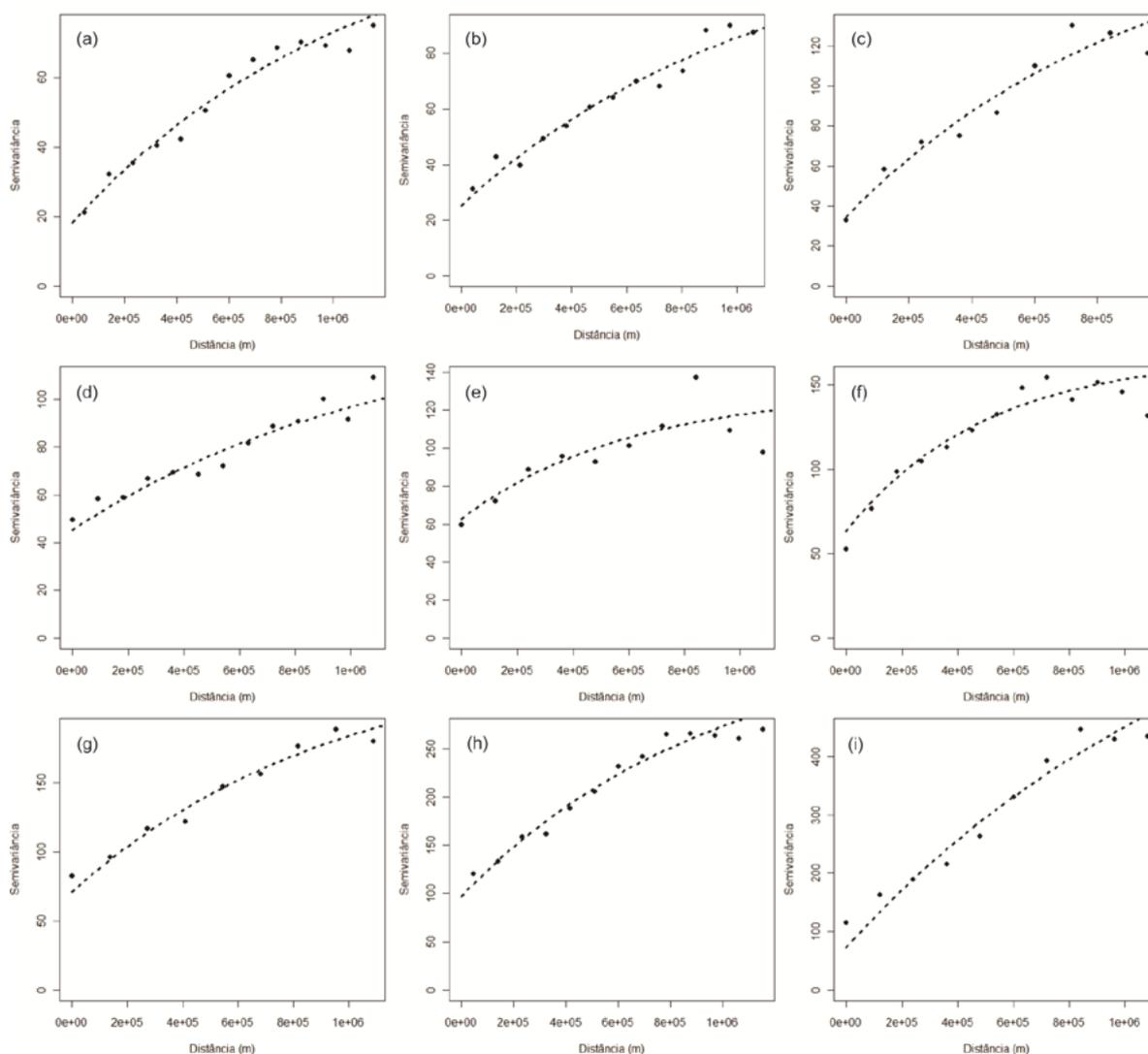


Figura 1. Semivariogramas experimentais referente à precipitação pluvial decenal no Mato Grosso, ajustados ao modelo exponencial, do 1º, 2º e 3º decêndio de outubro (a, b, c), novembro (d, e, f) e dezembro (g, h, i), respectivamente.

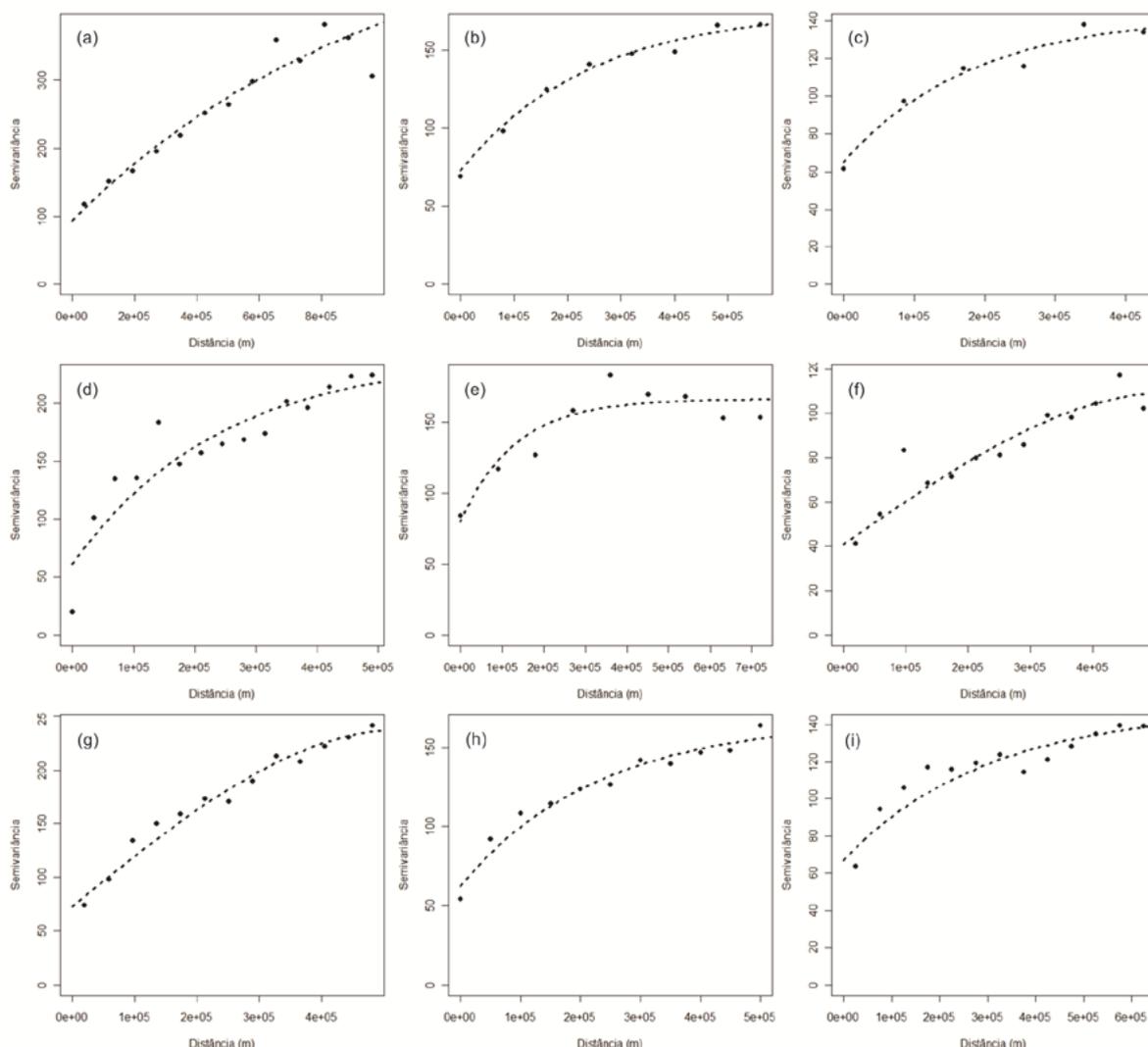


Figura 2. Semivariogramas experimentais referente à precipitação pluvial decenal no Mato Grosso, ajustados ao modelo exponencial, do 1º, 2º e 3º decêndio de janeiro (a, b, c), fevereiro (d, e, f) e março (g, h, i), respectivamente.

Modelos variográficos ajustados para precipitação pluvial do estado de Minas Gerais foram ajustados e selecionado o modelo exponencial como aquele com melhor desempenho em relação aos demais (Mello et al., 2008).

Para chuvas intensas no estado de São Paulo foram avaliados dois interpoladores distintos. Sendo que o método geoestatístico foi superior ao outro método, e o modelo exponencial foi ajustado pelo método da tentativa e erro, gerando mapas precisos por meio de krigagem. Os autores concluíram que os resultados foram precisos e que o método deve ser aplicado quando possível (Mello et al., 2003).

Carvalho et al. (2004), também estudando o comportamento espacial da precipitação no estado de São Paulo, porém com dados de precipitação pluvial média anual de 379 estações pluviométricas, comparou diferentes modelos de ajuste de semivariograma e o exponencial foi superior aos demais.

Estes resultados corroboram a escolha do modelo exponencial no presente estudo como modelo com melhor desempenho.

5. Conclusões e sugestões

O modelo semivariográfico que melhor se ajustou aos semivariogramas experimentais da precipitação pluviual decencial de Mato Grosso, de outubro a março, foi o exponencial. Sendo este selecionado por validação cruzada e pelo grau de dependência espacial para descrever a estrutura de dependência espacial da precipitação.

Assim, a variabilidade espacial da precipitação pluviual pode ser, posteriormente, mapeada por técnicas de krigagem gerando-se mapas úteis em projetos ambientais e na agricultura, possibilitando a compreensão da distribuição espacial dessa variável tão importante do clima.

6. Agradecimentos

Agradecemos à Agência Nacional de Águas (ANA) pela disponibilização de dados no website (<<http://hidroweb.ana.gov.br>>).

7. Referências

Burrough, P. A.; McDonnell, R. A. **Principles of geographical information systems**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 333p.

Carvalho, J. R. P. de; Vieira, S. R.; Vendrusculo, L. G. **Uso da técnica de mínimos quadrados ponderados para ajuste de modelos as semivariograma**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2004. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento).

Cressie, N. **Statistics for spatial data**. New York: Wiley. 1993.

Hann, C. T. **Statistical Methods in Hydrology**. 2.ed. Ames: The Iowa State University Press, 2002. 377p.

Hidroweb. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em 25 jun. 2012.

Mcbratney, A. G.; Webster, A. G. Choosing functions for semi-variograms and fitting them to sampling estimates. **Journal of Soil Science**, v. 37, p. 617-639, 1986.

Mello, C. R. de; Lima, J. M.; Silva, A. M.; Mello, J. M.; Oliveira, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 925-933, 2003.

Mello, C. R. De; Viola, M. R.; Mello, J. M.; Silva, A. M. Continuidade espacial de chuvas intensas no estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.2, p. 532-539, 2008.

Mello, J. M.; Batista, J. L. F.; Ribeiro Junior, P. J.; Oliveira, M. S. Ajuste e seleção de modelos espaciais de semivariograma visando à estimativa volumétrica de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, v. 1, n. 1, p. 25-37, 2005.

Ribeiro, P. J.; Diggle, P. J. (2016). **geoR: Analysis of Geostatistical Data**. R package version 1.7-5.2. <https://CRAN.R-project.org/package=geoR>

R Core Team (2015). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.



Geoferramenta para Aquisição Automática de Dados Pluviométricos a partir do QGIS

Jéssica Ribeiro Fontoura 1
Daniel Gustavo Allasia Piccilli 1
Rutinéia Tassi1
Vitor Gustavo Geller1
Jean Ricardo Favaretto1
Gabriel Herbstrith Froemming1

¹ Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Av. Roraima, 1000, Caixa Postal 5082
97105 – 900 – Santa Maria – RS, Brasil
{jessica.ribeirofontoura, rutineia, jeanfavaretto, gabrielhfroemming}@gmail.com
dga@ufsm.br
vitorgg_hz@hotmail.com

Resumo. O principal banco de dados com informações sobre recursos hídricos no Brasil é o Sistema de Informações Hidrológicas HidroWeb, coordenado pela Agência Nacional de Águas (ANA). No entanto, a obtenção dos dados pode demandar tempo, já que em muitos casos significa delimitar com auxílio de um SIG a bacia pretendida, para depois identificar e baixar os dados das estações de interesse um-a-um. Neste sentido, e considerando que tradicionalmente o uso de SIG auxilia o gerenciamento dos recursos hídricos, seja no processamento dos dados, nas simulações hidrológicas ou na análise dos resultados, seria natural considerar a possibilidade de automatizar a descarga dos dados diretamente do SIG. Neste contexto, este trabalho apresenta a metodologia de construção do plug-in ECO Pluvia Downloader dentro da plataforma livre QGIS. O plug-in permite baixar os dados das estações da ANA selecionadas pelo usuário, com auxílio das amplas ferramentas de seleção que o QGIS oferece. O status do download para cada estação é informado na tela permitindo que o usuário acompanhe o processo, eliminando assim a necessidade de conferência e download manual dos dados. A ferramenta de código aberto, desenvolvida sob os termos da livre distribuição mostrou-se eficiente na tarefa poupando tempo significativo dos usuários.

Palavras-chave: QGIS, Hidroweb, dados hidrológicos.

Abstract. The main water resources database in Brazil is the Hydrological Information System HIDROWEB, coordinated by the Agência Nacional das Águas (ANA). However, the data acquisition require time, since in many cases it means delimiting the watershed with a GIS tool, then identify and download the data for each station of interest one by one. Considering that traditionally GIS assists the management of water resources, in processing of data, hydrological simulations or analysis of results, it would be natural to consider the possibility to automate the download directly from the GIS. Therefore, this work presents the development methodology of the plug-in ECO Pluvia Downloader in the free platform QGIS. The plugin allows the user to download selected data from ANA supported by a wide range of selection tools that QGIS offers. The downloading process can be viewed in real-time and the process status for each gauge is available to the user, eliminating the need of reviewing and manual download of data. The tool open code, developed under the free distribution terms showed efficiency in the task saving a significant time to the users.

Key words: QGIS, Hidroweb, hydrologic data.

1- Introdução

Devido à complexidade e heterogeneidade espacial de um sistema natural como a bacia hidrográfica e o grande volume de dados envolvidos na modelagem hidrológica, tradicionalmente Sistemas de Informação Geográfica (SIG) auxiliam o gerenciamento dos recursos hídricos, seja no processamento dos dados, nas simulações ou na análise dos resultados e tomada de decisões (Goodchild; Haining; Wise, 1992).

No Brasil, a Agência Nacional de Águas (ANA) coordena o principal banco de dados hidrológicos, o Sistema de Informações Hidrológicas HydroWeb. No entanto, apesar da grande disponibilidade de dados, o download das variáveis pode ser um processo demorado, já que em muitos casos significa delimitar com auxílio do SIG a bacia pretendida, para posteriormente identificar e baixar os dados das estações de interesse um-a-um. Tendo em vista a grande importância do uso do SIG no gerenciamento de recursos hídricos, seria natural considerar a possibilidade de automatizar a descarga dos dados diretamente do SIG.

Durante muito tempo desenvolveu-se ferramentas de suporte ao gerenciamento em pacotes computacionais comerciais de geoprocessamento, como por exemplo, o popular software de modelagem hidrológica HEC-HMS integrado de forma flexível com o ArcGIS® por meio do plug-in HEC-GeoHMS (Doan et al., 2000). No entanto, a partir do final dos anos 90, com o surgimento do consórcio OpenGIS (OGC) o desenvolvimento de tais ferramentas ficou facilitado, pois surgiram os softwares geoespaciais livres e de código aberto com amplas possibilidades de customização de funcionalidades por meio de scripts (Steiniger; Hunter, 2013).

As limitações de recursos enfrentadas pela maioria dos países em desenvolvimento, torna a utilização de softwares de código aberto uma ótima opção para contornar dependência em programas pagos sem perder a qualidade e confiabilidade dos resultados (Camara; Fonseca, 2007). Além da questão do custo, o software livre tem um impacto potencial para a aquisição do conhecimento por nações em desenvolvimento (Swain et al., 2015), e permite adaptação de ferramentas já existentes, o que aumenta a eficiência, pois o corpo técnico não desperdiça tempo desenvolvendo algo em que não é especialista (Fleagle; Gerlek, 2007).

Dentre inúmeros softwares de código aberto disponíveis atualmente, O QGIS ganhou destaque no trabalho de Chen (2010) onde foram avaliados 31 pacotes computacionais de SIG de código aberto para desktop. No estudo o programa foi considerado o melhor de um ranking que avaliou quesitos como instalação, performance, funcionalidade, maturidade, nível de complexidade, popularidade, segurança, suporte, linguagem de programação, formato dos dados, flexibilidade de plataformas.

Baseado neste contexto, e visando estimular o desenvolvimento de ferramentas em SIG de código aberto e livre distribuição que auxiliem o gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil,

este trabalho apresenta a metodologia de construção do plug-in ECO Pluvia Downloader dentro do QGIS. O plug-in tem como objetivo facilitar a aquisição de séries históricas de precipitação disponibilizadas pela Agência Nacional das Águas no portal Hidroweb, automatizando o processamento dos dados.

2. Materiais e Métodos

Extensões e plug-ins são criados para customizar os softwares geoespaciais, em outras palavras, adicionar funcionalidades extras aos mesmos. Um plug-in pode ser definido como um programa a parte, que não pode ser executado individualmente e que utiliza a interface do software anfitrião para o controle e acesso a dados. Apesar do mecanismo de funcionamento do plug-in envolver a interface do aplicativo principal, suas funções são fornecidas por uma biblioteca externa acessada através do código-fonte (Steiniger; Hunter, 2013). O esquema a seguir, expresso pela **Figura 1**, representa sinteticamente a metodologia utilizada para a construção do plug-in ECO Pluvia Downloader.

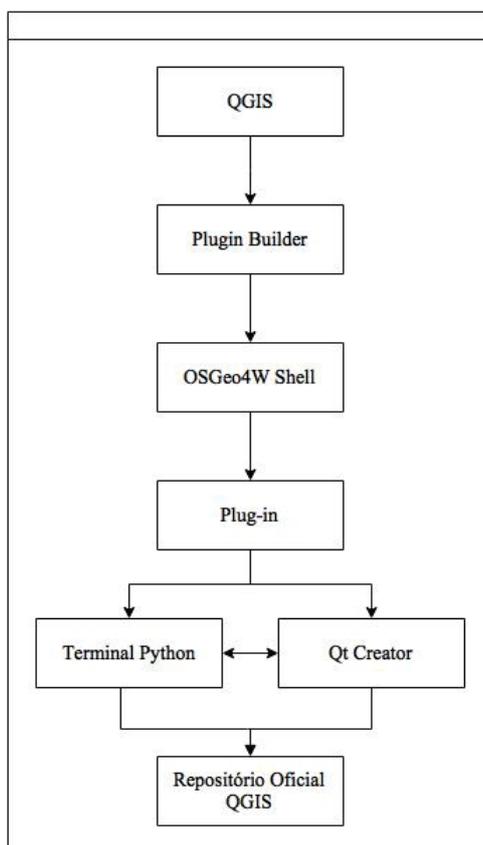


Figura 1. Metodologia de construção de plug-ins no QGIS

Como indicado pelo esquema da **Figura 1**, este trabalho utilizou duas atribuições que o QGIS oferece para facilitar a customização: o ambiente de programação Terminal Python e o complemento Plugin Builder. O Plugin Builder (**Figura 2**) auxilia na estruturação dos plug-ins por meio da construção de um código fonte básico que segue os moldes exigidos pelo repositório oficial QGIS. Este código serve de base para a elaboração do plug-in a ser criado.

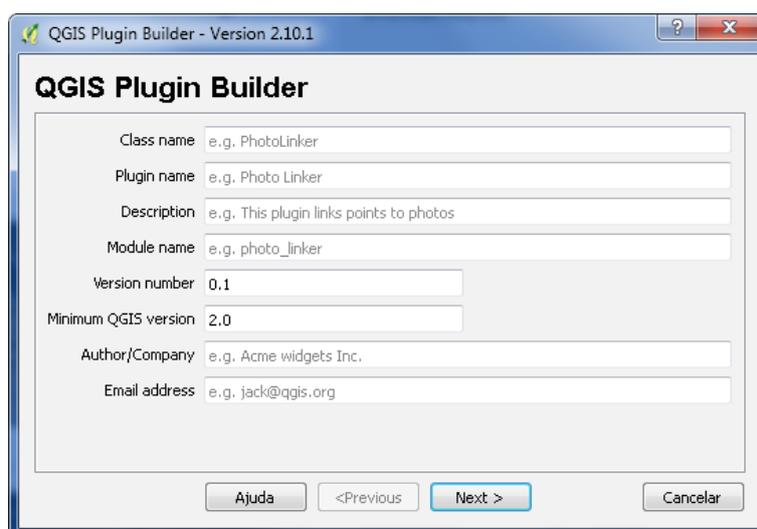


Figura 2. Interface do complemento Plugin Builder

Um dos arquivos criado por este complemento é o *resources.qrc*, que deve ser compilado utilizando o OSGeo4W Shell (que faz parte dos módulos que são instalados nas máquinas juntamente com o QGIS). Após a compilação, o código fonte está pronto para receber as funções desejadas, para isso, o desenvolvedor deve utilizar algum ambiente de desenvolvimento integrado Python (do inglês IDE). O QGIS possui o Terminal Python (**Figura 3**), onde é possível escrever e executar códigos escritos em Python versão 2.7.

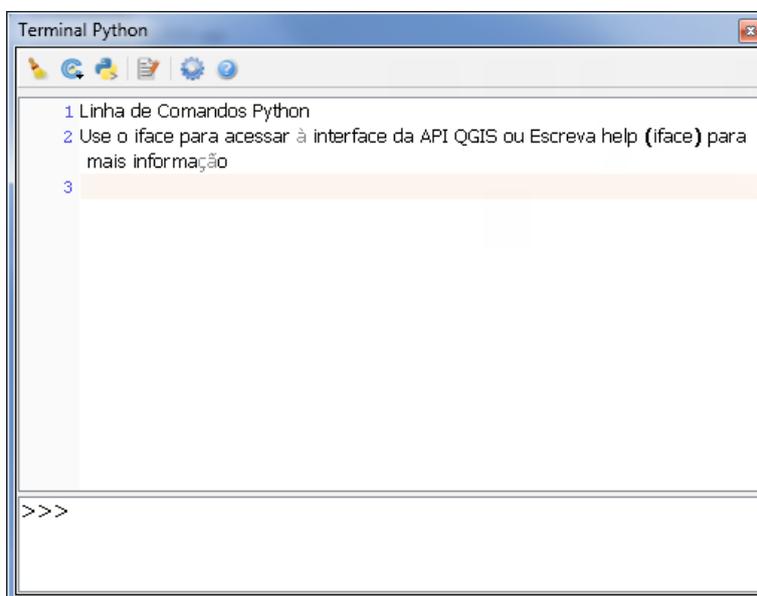


Figura 3. Interface do ambiente de desenvolvimento integrado Terminal Python

O Python por sua vez, é uma linguagem de programação orientada a objetos com funções praticamente ilimitadas, criada por Guido Van Ross no Instituto Nacional de Matemática da Computação da Holanda (CWI), no início da década de 90, com intuito de auxiliar físicos e engenheiros a programar seus códigos (Coelho, 2007).

Atualmente, scripts em Python vem sendo amplamente utilizados para a personalização de SIG para desktop e desenvolvimento de aplicativos de mapas (Steiniger; Hunter, 2013), por contarem com vantagens que vão muito além da gratuidade da linguagem de programação de

código aberto inclusive em softwares comerciais como o ArcGIS. De acordo com Lutz e Ascher (2007), esta linguagem foi projetada para ser fácil de manter, usar e aprender e possui suporte por meio de uma grande comunidade on-line que responde as consultas dos usuários com a mesma velocidade de fornecedores comerciais. Ainda mais, programas em Python podem ser compilados e executados em praticamente todas as plataformas em uso atualmente (Windows, Android, Macintosh, Linux, Unix).

O PyQGIS Developer Cookbook (disponível em qgis.org) traz uma listagem de inúmeras funções que estão disponíveis nas bibliotecas internas do QGIS e permitem a análise e manipulação de dados vetoriais e raster. Porém, para atender o objetivo deste trabalho também foram utilizadas bibliotecas externas desenvolvidas em Python, são elas: Beautiful Soup, Requests e Pep8.

Para construção da interface do plug-in foi utilizado a estrutura de desenvolvimento de software Qt, que foi desenvolvida em C++ e se comunica com Python através das ligações PyQt. Para isto, foi utilizado o desenvolvedor de interfaces Qt Creator que auxilia na criação rápida de interfaces para usuários.

Como indicado pelo esquema da **Figura 1**, a atribuição de funções ao código no Terminal Python e a criação da interface no Qt Creator é um processo iterativo, que se repete até que o código esteja funcionando perfeitamente, portanto, é uma etapa que consome grande quantidade de tempo, já que depende diretamente das habilidades de programação do desenvolvedor e do nível de complexidade das funções a serem atribuídas. Contudo, o tempo demandado por esta etapa pode ser otimizado utilizando um complemento chamado Plugin Reloader, que atualiza o QGIS conforme as modificações recém implementadas no código.

Por fim, o plug-in foi postado no repositório oficial de complementos QGIS na categoria experimental, por ainda estar em fase de testes e aperfeiçoamento.

3. Resultados e Discussão

A metodologia apresentada apresentou-se eficiente para construção de plug-ins dentro do QGIS, pois o plug-in ECO Pluvia Downloader foi aceito e está disponível no repositório oficial de complementos, como ilustrado na **Figura 4**. No entanto, no final desta seção são apresentadas algumas considerações quanto a funcionalidade do mesmo.



The image shows a screenshot of the QGIS Plugin Repository page for the 'ECO Pluvia Downloader' plugin. At the top, there is a yellow banner with a warning icon and the text 'Esse complemento é experimental'. Below this, the title 'ECO Pluvia Downloader' is displayed in large, bold black font. Underneath the title, a short description reads: 'Esta ferramenta facilita a aquisição de dados de precipitação disponíveis no Portal HidroWeb.' A longer paragraph follows, explaining that the tool was developed by the Hydrological and Ecotechnologies Research Group at the Federal University of Santa Maria, aiming to facilitate the acquisition of precipitation data used for hydrological studies and available on the HidroWeb portal. Below the text, there are five yellow stars and the text '8 voto(s) de classificação, 291 baixados'. Further down, the category is listed as 'Plugins', and the tag is 'webservice'. There are links for 'página inicial', 'rastreador', and 'code repository'. The authors are listed as 'Jessica Fontoura, Daniel Allasia, Vitor Geller, Jean Favaretto, Gabriel Froemming'. At the bottom, the installed version is '0.1 (em C:\Users\Eco2\qgis2\python\plugins\dist)' and the available version is '0.1 (em Repositório Oficial de Complementos do QGIS)'.

Figura 4. Informações sobre o plug-in no repositório oficial de complemento QGIS

Depois de instalado o plug-in pode ser facilmente acessado por meio do menu principal do QGIS na aba complementos, como demonstrado pela **Figura 5**.

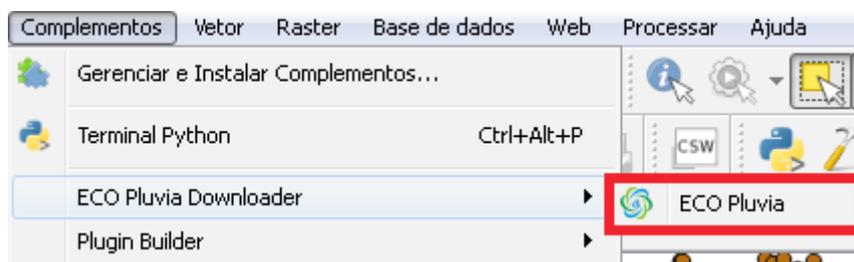


Figura 5. Acesso ao plug-in no menu principal

Ainda mais, o plug-in pode ser iniciado por meio de um ícone de atalho criado automaticamente na barra de ferramentas (**Figura 6**):

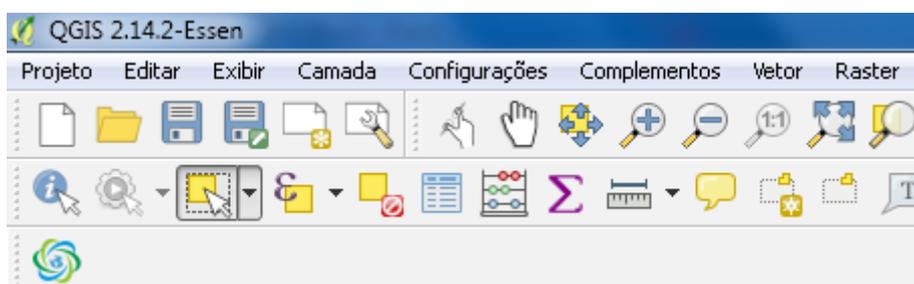


Figura 6. Ícone de atalho na barra de ferramentas

A interface desenvolvida representada pela **Figura 7** é de fácil compreensão e manuseio, e não traz informações e opções desnecessárias que só confundem o usuário.

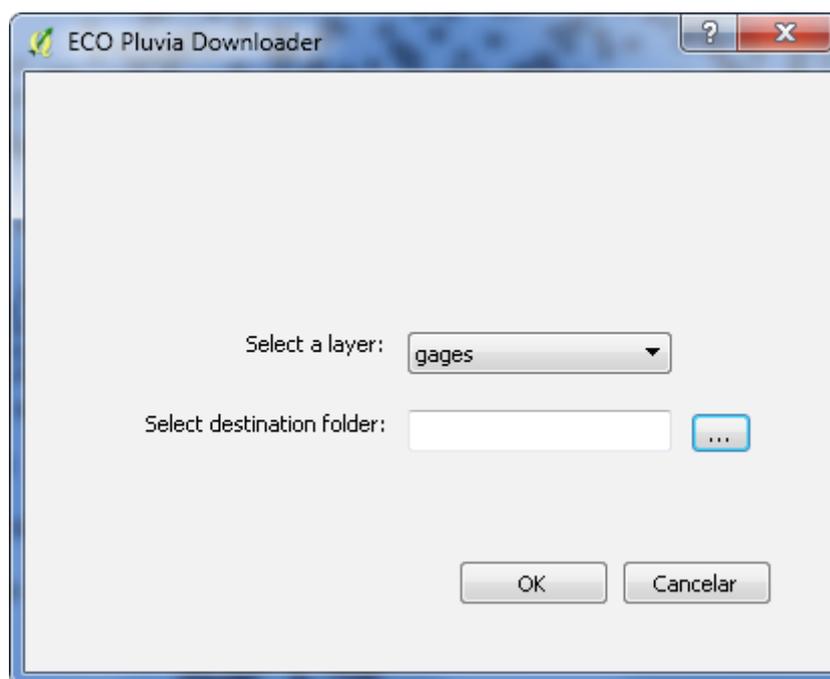
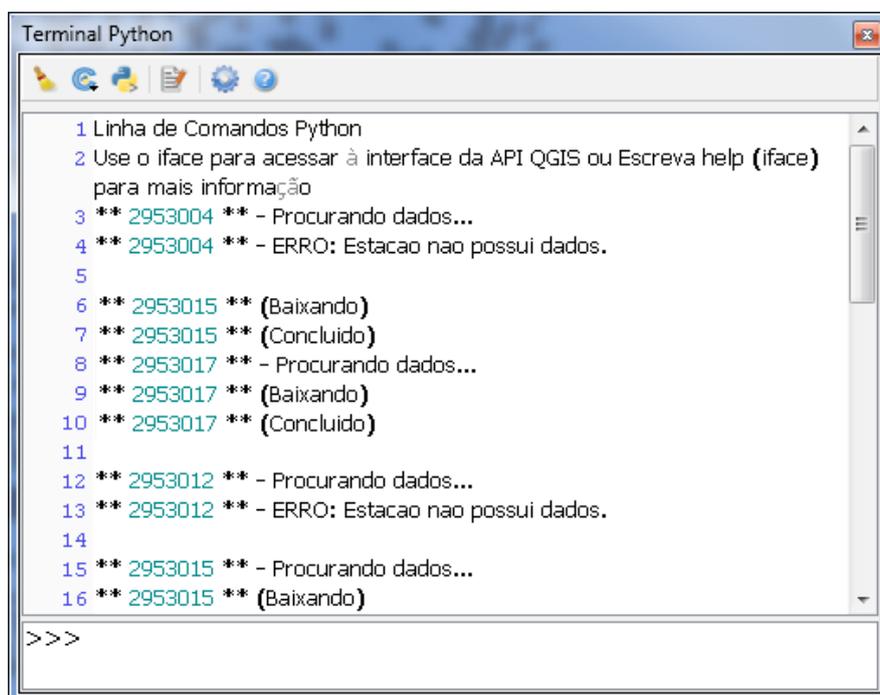


Figura 7. Interface do ECO Pluvia Downloader

O plug-in foi programado para baixar os dados de todas as estações da ANA selecionadas pelo usuário, assim, ele dispõe de todas as ferramentas de seleção do QGIS para indicar quais serão os postos pluviométricos do shapefile das estações meteorológicas que serão baixadas pelo plug-in. O status de download é informado no Terminal Python (**Figura 8**) a cada tentativa realizada pelo plug-in, possibilitando o acompanhamento do processo.



```
Terminal Python
1 Linha de Comandos Python
2 Use o iface para acessar à interface da API QGIS ou Escreva help (iface)
  para mais informação
3 ** 2953004 ** - Procurando dados...
4 ** 2953004 ** - ERRO: Estacao nao possui dados.
5
6 ** 2953015 ** (Baixando)
7 ** 2953015 ** (Concluido)
8 ** 2953017 ** - Procurando dados...
9 ** 2953017 ** (Baixando)
10 ** 2953017 ** (Concluido)
11
12 ** 2953012 ** - Procurando dados...
13 ** 2953012 ** - ERRO: Estacao nao possui dados.
14
15 ** 2953015 ** - Procurando dados...
16 ** 2953015 ** (Baixando)
>>>
```

Figura 8. Plug-in em funcionamento

Por fim, a aplicação gera um arquivo de texto no diretório indicado pelo usuário contendo os códigos das estações selecionadas, juntamente com os dados de cada posto pluviométrico obtido do portal HidroWeb.

Uma das dificuldades encontrada nos testes foi a ausência das bibliotecas necessárias para execução das funções do plug-in, sendo assim, nesta primeira versão o usuário precisa adicionar as bibliotecas Beautiful Soup, Requests e Pep8 manualmente para que o plug-in funcione corretamente. A automatização deste processo já está sendo estudada e será implementada nas versões seguintes, bem como a ampliação das funções para download de postos fluviométricos e síntese dos resultados na tela, como por exemplo, alteração da cor ou da simbologia das estações sem dados. Desta maneira, além de poder acompanhar os status dos downloads no Terminal Python, será possível visualizar a disponibilidade dos mesmos.

4. Conclusões e recomendações

A metodologia de construção de plug-ins proposta mostrou-se eficiente e pode ser aplicada para a construção de outras ferramentas customizadas que auxiliem o gerenciamento dos recursos hídricos de código aberto e livre distribuição.

De uma maneira geral o plug-in automatizou a aquisição de dados de precipitação, resultando numa diminuição significativa do tempo para a aquisição de dados. No entanto, as funcionalidades do plug-in evidenciam a necessidade de aprimoramentos, principalmente na adequação de usuários não familiarizados.

5. Agradecimentos

- Ao CNPQ pela bolsa de iniciação científica ao primeiro autor.
- A CAPES pelas bolsas de fomento à pesquisa ao quarto e quinto autor.

6. Referências Bibliográficas

- Camara, G.; Fonseca, F. Information policies and open source software in developing countries. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 58, n. 1, p. 121–132, 2007.
- Coelho, F. C. **Computação Científica com Python: Uma introdução à programação para cientistas**. 1. Petrópolis, RJ, 2007.
- Doan, J. et al. **Geospatial hydrologic modeling extension HEC-GeoHMS-user’s manual-version 1.0**. US Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center, Davis, California, USA, 2000.
- Fleagle, M.; Gerlek, M. LizardTech: Why We Use and Support Free and Open Source Software an Informal but Earnest Manifesto. **OSGeo Journal**, v. 2, n. 1, 2007.
- Goodchild, M.; Haining, R.; Wise, S. Integrating GIS and spatial data analysis: problems and possibilities. **International Journal of Geographical Information Systems**, v. 6, n. 5, p. 407–423, set. 1992.
- Lutz, M.; Ascher, D. **Aprendendo Python**, 2. [s.l.] Bookman, 2007.
- Steiniger, S.; Hunter, A. J. S. The 2012 free and open source GIS software map – A guide to facilitate research, development, and adoption. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 39, p. 136–150, maio 2013.
- Swain, N. R. et al. A review of open source software solutions for developing water resources web applications. **Environmental Modelling & Software**, v. 67, p. 108–117, maio 2015.



PSA Hídrico Web: um sistema de apoio a programas de Pagamento para Serviços Ambientais Hídricos no Brasil

Carla Geovana do Nascimento Macário¹
Azeneth Eufrausino Schuler²
Rachel Bardy Prado²
Elaine Cristina Cardoso Fidalgo²
Ana Paula Dias Turetta²

¹ Embrapa Informática Agropecuária
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 - Campinas - SP, Brasil
{carla.macario }@embrapa.br

² Embrapa Solos
R. Jardim Botânico, 1024 - Jardim Botânico
22460-000 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil
{azeneth.schuler, rachel.prado, elaine.fidalgo, ana.turetta }@embrapa.br

Resumo: Programas para Pagamento de Serviços Ambientais (PSA) têm aumentado no âmbito das políticas ambientais por seu objetivo de manutenção de ecossistemas, ao mesmo tempo que provêm melhorias ao rendimento dos agricultores em áreas rurais. No Brasil, os programas de PSA relacionados à água tiveram um crescimento notável, apesar da falta de metodologias de avaliação dessas iniciativas. A fim de ajudar esses projetos no alcance de seus objetivos, um grupo multi-institucional propôs um projeto para pesquisa, organização e análise de metodologias de acompanhamento, avaliação e de apoio à decisão em projetos relacionados ao uso de água. Uma revisão bibliográfica mostrou grande diversidade de abordagens em metodologias, indicadores e projetos de PSA. A organização desse crescente conjunto de dados requer um sistema de informação geográfica apoiado por um banco de dados que assegure a consistência e a integridade da informação, mas também permita o acesso inteligente à informação disponível. Nesse contexto, desenvolveu-se o sistema PSA Hídrico Web, visando facilitar a entrada de dados, bem como realizar consultas importantes sobre a informação teórica ou experimental existente, geográfica ou não, relacionada a PSA, funcionando como ferramenta de apoio a decisões sobre o uso de recursos hídricos no país. Dentre as fontes de dados estão publicações indexadas e informações de projetos da Agência Nacional de Águas (ANA) e da ONG *The Nature Conservancy* (TNC). O sistema visa proporcionar um meio de fácil acesso para difundir, incrementar e melhorar a adoção e a prática de processos e metodologias em PSA relacionados aos serviços hídricos.

Palavras-chave: banco de dados, pagamento de serviços ambientais hídricos, sistema de informação web.

Abstract: Environmental Services Payment Program (ESP) have increased in the context of environmental policy due to its objective of maintaining ecosystems, while providing improvements to the income of farmers in rural areas. In Brazil, ESP programs related to water had remarkable growth, despite the lack of methodologies to assess these initiatives. In order to help the ES projects in achieving their goals, a multi-institutional group has proposed a project to research, to organize and to analyze methodologies for monitoring, assessment and decision support on projects related to water use. A literature review showed great diversity of approaches in methodologies, indicators and ESP projects. The organization of this growing body of data requires a geographic information system supported by a database to ensure information consistency and integrity, but also enables intelligent access to available information. In this context, it developed the PSA Hídrico Web system to facilitate data entry, their compilation and classification, as well as providing the realization of important searches on the existing theoretical or experimental data, geographical or not, related to ecosystem services and / or ESP, functioning as an important tool to support decisions related to the use of water resources in the country. The main sources of information are indexed publications and information of projects from the National Water Agency (ANA) and The Nature Conservancy (TNC). The system was developed to provide a means of easy access to spread, increase and improve the adoption and practice of processes and methodologies in ESP related to water services.

Keywords: database, payment for water environmental services, web information system

1. Introdução

O uso sustentável dos recursos naturais consiste em um tema cada vez mais presente no mundo atual. A busca pela preservação dos recursos naturais disponíveis frente às mudanças que o planeta enfrenta vem tornando-se ação presente na vida da maioria das pessoas. Para que essa sustentabilidade ocorra é necessário que os atuais modelos de produção levem em conta questões relacionadas a diferentes temas: manutenção de áreas ambientais, fauna, flora, mananciais, solo, entre outros. A gestão de recursos naturais envolve diagnósticos em diversas escalas (local, regional e nacional) e os resultados promovem o suporte para os tomadores de decisões. Embrapa/ACS (2009).

Recentemente algumas regiões geográficas do país enfrentaram problemas decorrentes de uma seca severa, levando à revisão na forma de uso da água, envolvendo questões como a preservação de nossos recursos hídricos. Uma resposta a esse problema tem sido a criação de programas para Pagamento de Serviços Ambientais (PSA) Hídricos, que vem se expandindo por toda a América Latina. No Brasil, desde a criação do Programa Produtor de Água, em 2006, pela Agência Nacional de Águas (ANA), vários programas de PSA surgiram com o objetivo a manutenção de ecossistemas, reforçando sua importância para a conservação da água e melhorando o rendimento dos agricultores em áreas rurais.

Apesar da falta de metodologias de avaliação dessas iniciativas no país, os programas de PSA hídricos tiveram um crescimento notável, funcionando como ferramenta para apoio à decisão em projetos relacionados ao uso de água. Por outro lado, durante o desenvolvimento desses programas, os profissionais têm enfrentado escassez de informação em questões importantes, como metodologias para a seleção de áreas prioritárias e para o acompanhamento e avaliação dos resultados dos programas. Assim, um projeto multi-institucional foi proposto pela equipe da Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária -- e parceiros para reunir informações sobre as metodologias aplicadas no Brasil e em outros países, buscando respostas para as lacunas de informação-chave identificadas – Prado et. al (2011).

O projeto desenvolveu ações como: definição de critérios e diretrizes para a identificação de áreas prioritárias de intervenção; seleção e classificação de indicadores e estabelecimento de diretrizes para a monitoração dos impactos de PSA hídricos. Os resultados foram apresentados em um manual contendo metodologias selecionadas entre as aplicáveis no planejamento e execução de projetos de PSA, além de diretrizes para auxiliar na decisão sobre a adoção dessas metodologias. Outras ações resultantes foram a definição e a implementação de um banco de dados

para armazenamento de informações coletadas em levantamentos sobre metodologias e projetos de PSA coletadas, disponibilizando-as em um sistema web. Além de permitir a organização e a divulgação das informações existentes por meio de um conjunto de cadastros, o sistema foi estruturado para reduzir a redundância dos dados e aumentar sua consistência, possibilitando a recuperação das informações pela busca de termos. O sistema PSA Hídrico Web encontra-se em fase final de implementação e validação, com adição de um módulo geográfico para disponibilizar a informação em forma de mapas, permitindo a visualização da distribuição dos programas PSA e das metodologias adotadas nas diferentes regiões hidrográficas do país. Essa ferramenta visa promover a divulgação e o compartilhamento de informações metodológicas entre projetos de PSA hídrico, bem como de apoio a decisões de cunho ambiental.

No Bioma Pantanal os serviços hídricos têm forte relação com benefícios associados à biodiversidade. O funcionamento do ecossistema está intrinsecamente ligado ao ciclo da água e às suas variações sazonais e interanuais. O revezamento de períodos de cheia e seca condiciona as fases e os ciclos de vida da biota aquática e terrestre. Atualmente, o reconhecimento da importância da questão hídrica no Pantanal tem levado à busca de melhorias na gestão das bacias tributárias do Alto Paraguai, formadores da área do Pantanal. Uma das estratégias de gestão é o PSA hídrico, por meio da instalação de projetos do Programa Produtor de Água, promovido pela Agência Nacional de Águas, em municípios localizados nas cabeceiras do Pantanal.

No estabelecimento de um projeto, vários passos são necessários, sendo classificadas três situações para os projetos, de acordo com sua respectiva fase: i) articulação; ii) desenvolvimento; e iii) implantação propriamente dita, quando as práticas de serviços ambientais são implantadas e o pagamento é realizado aos produtores, mediante comprovação oferecida no monitoramento.

Desde a fundação do Programa Produtor de Água pela ANA, em 2005, o número de projetos tem crescido rapidamente, com novas bacias e regiões envolvidas a cada ano – Prado et al. (2015). A **Figura 1** mostra o incremento de projetos de PSA entre 2011 e 2014, sua distribuição pelo país nos seus respectivos biomas e estados, bem como a situação do projeto.

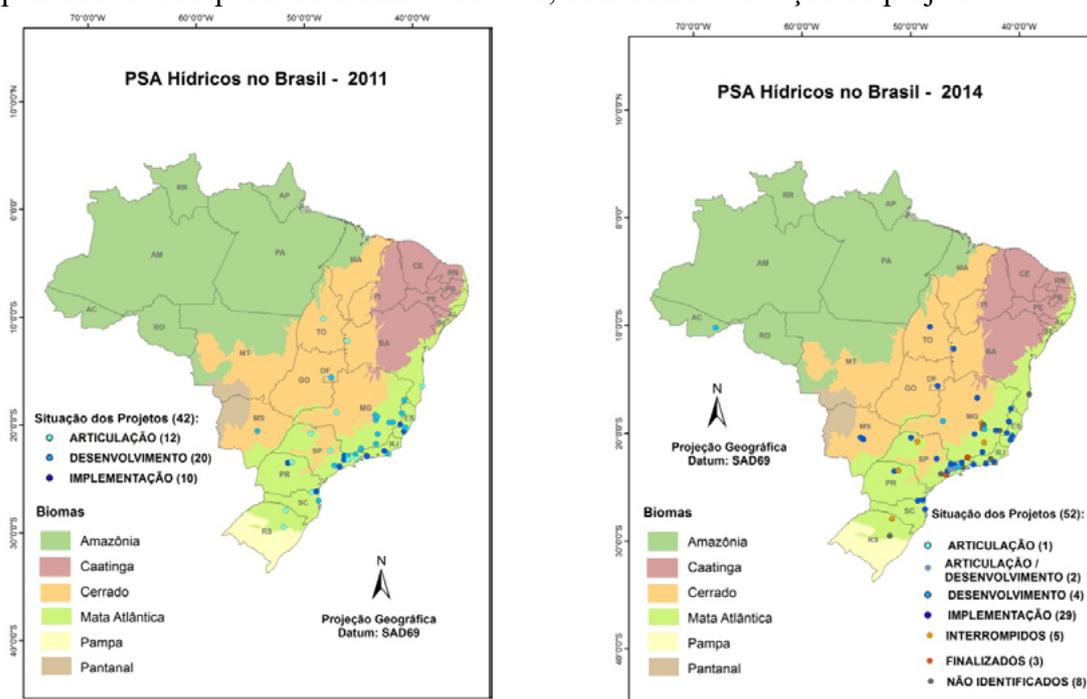


Figura 1. Mapas de projetos PSA hídricos no Brasil por estado e bioma, bem como a situação em que se encontravam nos anos de 2011 e 2014. Fonte: Prado et al. (2015)

Por meio do sistema PSA Hídrico Web gestores ambientais envolvidos em iniciativas de PSA hídrico, terão disponível uma ferramenta para a gestão e a avaliação das várias iniciativas de PSA implementadas, acesso e recuperação de informações sobre projetos e metodologias de monitoramento e de seleção de área prioritárias para intervenção.

2. Objetivo

Este trabalho apresenta o sistema PSA Hídrico Web, um sistema web para organização e divulgação de informações sobre Programas de Pagamento de Serviços Ambientais Hídricos, sua metodologia de desenvolvimento e uma possibilidade de aplicação no bioma Pantanal.

3. Material e Métodos

O sistema web PSA Hídrico Web surgiu de uma demanda identificada no projeto de pesquisa desenvolvido na Embrapa para levantamento, organização e análise de metodologias de acompanhamento, avaliação de PSAs de água.

As principais atividades desenvolvidas no âmbito do projeto foram: o mapeamento e descrição da evolução de PSA Água; definição de critérios e diretrizes para a identificação de áreas prioritárias de intervenção; seleção e classificação de indicadores e estabelecimento de diretrizes para a monitorização dos impactos de PSA Água; elaboração de um manual para divulgar diretrizes para a identificação de áreas prioritárias de intervenção e monitoramento da água, usando uma linguagem simples para ajudar os decisores na implementação de PSA água – Gjo-rup. et. al (2016)

Para identificar as áreas prioritárias para a intervenção, o manual descreve um conjunto de medidas para orientar a seleção, incluindo a identificação do objetivo das intervenções, a categorização dos tipos de intervenção e a escolha de critérios para a seleção dessas áreas. Quanto aos indicadores, o manual mostra um modelo para orientar a seleção e classificação de indicadores dos principais serviços do ecossistema e benefícios relacionados a PSA água em um processo participativo. Sobre o monitoramento, muitas orientações são apresentados, tais como a viabilidade da aplicação de indicadores, a frequência de monitorização, o custo dos equipamentos, organização e divulgação dos resultados e a eficácia nas respostas – Prado, et. al (2015).

A quantidade de informações envolvidas e provenientes dos trabalhos desenvolvidos é alta e com diferentes relacionamentos entre elas. A sua manipulação, controle e uso acaba por se tornar uma atividade complexa e sujeita a muitos erros. Assim, surgiu a necessidade de um banco de dados que organizasse a informação existente, facilitando a sua inserção no sistema e ao mesmo tempo proporcionasse o acesso à informação de maneira organizada. Desta maneira o sistema funcionará como importante ferramenta de apoio a decisões relacionadas ao uso de recursos hídricos no país. As principais fontes de informação desse sistema são publicações indexadas, documentos governamentais, relatórios internacionais de organizações e projetos locais. O sistema também disponibiliza informações de projetos brasileiros provenientes da Agência Nacional de Águas (ANA) e da organização (ONG) *The Nature Conservancy* (TNC) – Prado, et. al (2011).

O sistema foi trabalhado paralelamente ao desenvolvimento das demais ações da equipe, aproveitando todo o conhecimento gerado. Foram usadas tecnologias de software livre implementando o modelo Modelo-Visão-Controlador (MVC). Dentre elas destacam-se: (i) Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) PostGreSQL, com sua extensão geográfica para dados vetoriais PostGIS; (ii) linguagem de programação Java; (iii) servidor de aplicação Jboss; (iv) *framework* PrimeFaces, JSF para a construção de interfaces web baseadas em componen-

tes. Para informação geográfica – municípios, estados, bacias hidrográficas biomas -- estão sendo usadas fontes do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

4. Metodologia

O sistema PSA Hídrico Web funcionará com uma entrada de dados facilitada, bem como forma de compartilhamento e consultas por diferentes perfis de usuários, fornecendo meios para organizar e divulgar informações sobre os programas de PSA hídricos brasileiros e suas metodologias de avaliação. O sistema também funcionará como um repositório integrador de informação bibliográfica existente e disponível sobre os diversos programas já implementados e suas metodologias de avaliação. Para atingir este objetivo um desafio a ser vencido refere-se a como proporcionar facilidade de uso, mesmo considerando as diferentes e complexas relações existentes entre os dados.

A estratégia para o desenvolvimento do projeto foi trabalhar em conjunto e em paralelo com as demais atividades. Assim, teve início entrevistas com pesquisadores envolvidos, discutindo sobre seus interesses, buscando identificar as informações que deveriam estar presentes no sistema. Num primeiro momento foram elaboradas planilhas de dados, indicando relações que estariam presentes. Essas planilhas foram validadas pelos pesquisadores, que propuseram vários ajustes ao longo do tempo. A **Figura 2** ilustra algumas das planilhas usadas. A maior delas contém informações de projetos. No exemplo, o projeto 1 usa dois métodos de monitoramento: o método 1 e o 2. O método 1 nesse projeto está associado a 7 objetivos do projeto e usa o método 1 de integração de dados. Já o método 2 está associado apenas ao objetivo 2. A planilha menor descreve cada um dos métodos de monitoramento usados pelos programas. Neste exemplo temos diferentes relacionamentos identificados, como projetos/objetivos, projeto/métodos de monitoramento; métodos de monitoramento/objetivos dos projetos.

Referencia	Projeto	Pais	Município/ Estado	Método Monitoramento	Objetivos do projeto	Metodo de integração de dados
136	Projeto 1	Brasil	Extrema/ MG	Método1	Objetivos 1, 2,3,4,5,6,7	Método 1
136	Projeto 1	Brasil	Extrema/ MG	Método 2	Objetivo 2	Método 2

Métodos de monitoramento	Descrição
Método 2	Nas visitas técnicas mensais é realizado o replantio de mudas se necessário
Método 3	Visitações técnicas mensais para avaliar as intervenções (cercas, adequação de estradas, etc.)
Método 4	Monitoramento de qualidade da água, feito bimestralmente, com análise de 5 parâmetros : temperatura, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido (OD) e pH

Figura 2. Planilhas de dados de projetos de PSA Hídrico

O trabalho com as planilhas validadas permitiu identificar as entidades principais do sistema, a saber: referências bibliográficas, projetos, metodologias e indicadores. A **Figura 3** ilustra essas entidades e seus atributos. Vemos, por exemplo, que metodologias podem ser de diferentes tipos (monitoramento, seleção de áreas, valoração, avaliação, etc). Metodologias têm métodos associados, descrição, e fontes de referência. As metodologias são associadas a projetos de PSA, que por sua vez tem nome, local de aplicação, datas de início, entre outros atributos. Indicadores são usados para medir avaliar diferentes itens, com unidade de medida, frequência de medição. Todas as entidades têm associadas a elas referências bibliográficas. Na figura as setas indicam relacionamentos existentes.

Em complementação ao trabalho com planilhas, foram desenhadas telas do sistema, incluindo as consultas desejadas, visando identificar outras informações que pudessem complementar

5. Resultados Parciais e Discussão

O sistema PSA Hídrico Web encontra-se em fase de validação e estará disponível via ambiente Web, seguindo regras estabelecidas pela política de dados da Embrapa.

Para acessar o sistema o usuário deve inserir um login e senha válidos, previamente cadastrados via módulo de usuário. Acessando o sistema o usuário tem duas opções de ações: consulta e cadastro. Na consulta e possível acesso a dados cadastrados. No cadastro o usuário insere os dados referentes aos programas, projetos e metodologias em PSA. O sistema tem cinco opções de cadastro: projeto, metodologia, indicadores, referências bibliográficas e outros, sendo o ultimo para tabelas de apoio.

Inicialmente devem ser preenchidas informações auxiliares que serão usadas nos demais cadastros. Além destas, o sistema usa informações do IBGE (municípios e Biomas). As principais opções de cadastro são relacionadas as entidades principais. A **Figura 5** ilustra o cadastro de referências bibliográficas. Optou-se por diferenciar os tipos de referência. Na inserção do item o sistema apresenta, sempre que possível informações já cadastradas e é feita a validação dos dados inseridos. São solicitados Autores, Palavras-chave, Título, Ano, Periódico, volume, numero, serie, paginas inicial e final, Resumo, URL, Editora, Publicação, Idioma, Notas e Local.

Título	Autores	Veículo	Palavras-Chave	Local	
teste 2		Livro	monitoramento; serviço ambiental;	02	
teste 3		Capítulo de Livro	pagamento; serviços;	local teste 3	
e	autor(es): antonio pedro;	Capítulo de Livro	pagamento;	01	
resto		Relatório Técnico	monitoramento; serviço ambiental;	03	
tre	autor(es): joao da silva;	Livro		03	
testr	autor(es): antonio pedro;	Artigo em periódico		04	
ref	autor(es): joao da silva;	Capítulo de Livro		05	

Figura 5. Cadastro de referência bibliográfica – Artigo

As informações cadastradas ficam disponíveis via módulo de consulta. A **Figura 6** mostra a consulta às referências cadastradas no sistema. Ao selecionar esta opção o sistema apresenta uma tela com todas as referências selecionadas. Inicialmente são apresentadas partes das informações de cada referência, de maneira a auxiliar o usuário no processo de consulta. São elas: Título, Autores, Veículo, Ano e Local.

Com a barra superior é possível fazer uma busca pelo conteúdo de cada campo, informando a palavra completa ou parte dela. Por exemplo caso seja feita uma busca por referências que tenham um dos autores com nome Pedro ou Ped, o sistema exhibe apenas aquelas que satisfazem essa consulta. Na lateral esquerda da tabela há uma coluna com 3 ícones. O ícone *P* faz com que sejam exibidos os projetos associados à referência, o *M* as metodologias associadas a ela e

6. Dados sobre o Bioma Pantanal

O bioma Pantanal, como os demais biomas brasileiros, possui uma rica biodiversidade, com destaque para a biota aquática e avifauna. A sucessão de períodos de cheia e seca faz parte dos ciclos das biotas aquática e terrestre. As variações sazonais da chuva e do total de área alagada, refletem na dinâmica das populações da fauna e flora desse bioma. Ocupando territórios dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, o Pantanal apresenta a maior taxa de conservação entre os biomas brasileiros, possivelmente devido à sua característica de alagamento sazonal. Silva et al. (2010), em seu estudo da vegetação do Mato Grosso do Sul destacam que 90% do bioma encontra-se preservado no estado, enquanto 9% corresponde a ocupação antrópica, e 1% a corpos hídricos; uma situação oposta à do Cerrado, que tem apenas 32% de sua área natural conservada neste estado. Considerando o desmatamento da bacia do Alto Paraguai, que contribui para a formação do Pantanal, 33% de sua área tem uso antrópico. A maior parte desta área corresponde à vegetação original de Cerrado, e ocupa as cabeceiras dos tributários do Alto Paraguai, cuja drenagem forma a jusante o Pantanal.

Em 2013, um conjunto de instituições firmou o Pacto em Defesa das Cabeceiras do Pantanal. Esta iniciativa tem por objetivo recuperar pelo menos 30 nascentes nas cabeceiras do Pantanal, envolvendo 25 municípios na região, com impacto em mais de 700 Km de rios. Foi este grupo de instituições que participou da articulação junto à ANA (Agência Nacional de Águas) do primeiro projeto do Programa Produtor de Água em municípios de bacias de contribuição do Pantanal – Tangará da Serra e Mirassol d'Oeste – envolvendo microbacias Queima-Pé e do Caeté. Os municípios foram selecionados em dezembro de 2014 para participar do Programa. Em breve produtores desses municípios receberão recursos, em torno de R\$ 1.200.000,00 no total, por ações de proteção de nascentes, conservação das matas ciliares e boas práticas de manejo do solo (WWF- Brasil, 2014). Essas ações envolvem construção de barraginhas (bacias de captação e infiltração de água da chuva), plantio de mudas de espécies nativas, construção de terraços de nível, cercamento de áreas de interesse para conservação ambiental, adequação de estradas rurais, entre outras medidas, focando principalmente na recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) e recuperação de nascentes, melhorando a qualidade da água e aumentando sua vazão, e revitalizando as bacias hidrográficas. A **Figura 8** ilustra o módulo geográfico com destaque para os projetos que envolvem bacias do Pantanal.

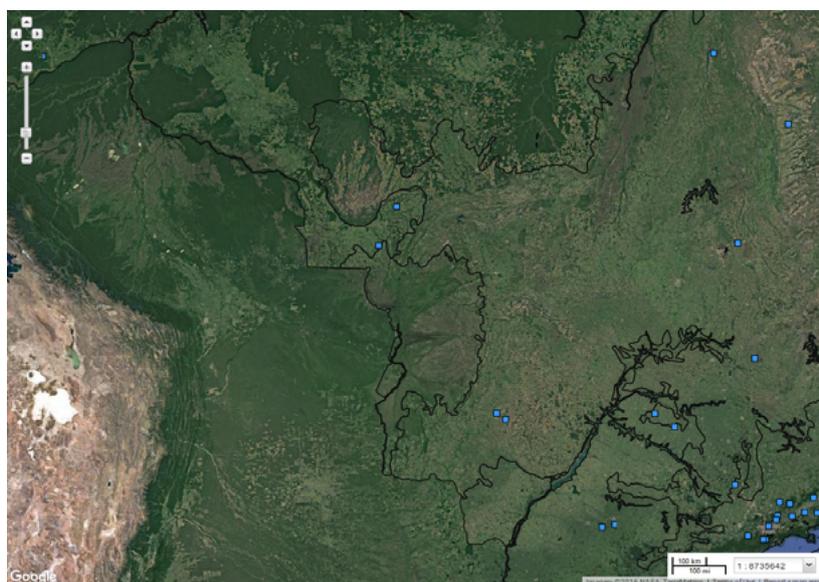


Figura 8. Módulo geográfico do sistema PSA Hídrico Web - Bioma Pantanal

O uso do sistema para a entrada e a consulta e de informações destes e de outros projetos, permitirá aos seus gestores o acompanhamento de ações semelhantes na bacia do Alto-Paraguai e nas demais bacias do país, apoiando na tomada de decisão. Com isso espera-se melhoria de processos e resultados dos projetos de PSA, bem como a motivação para novas ações semelhantes.

7. Conclusão

Este trabalho apresentou o sistema PSA Hídrico Web desenvolvido no âmbito de um projeto multi-institucional proposto pela Embrapa com o objetivo de funcionar como ferramenta de apoio a decisões relacionadas a iniciativas de Pagamento de Serviços Ambientais hídricos.

O sistema desenvolvido deve proporcionar um meio de fácil acesso para difundir, incrementar e melhorar a adoção e a prática de processos e metodologias em projetos de PSA hídricos. A principal dificuldade encontrada foi a complexidade dos relacionamentos entre os dados que sistema deste tipo precisa representar, além da distribuição geográfica dos membros da equipe do projeto. Por esta razão a sua metodologia de desenvolvimento priorizou o contato frequente para validação dos módulos implementados. O sistema encontra-se em fase final de teste para disponibilização ao público em geral.

Entre as vantagens do sistema destacam-se a reunião das diferentes informações existentes sobre projetos de PSA hídrico e o compartilhamento dos dados entre os diversos pesquisadores brasileiros e setores decisórios que buscam a sustentabilidade e melhor uso dos recursos hídricos do país. Como benefício adicional, o exercício de discussão e de levantamento de requisitos, permitiu identificar informações importantes aos programas de PSA, bem como estruturá-las de maneira a facilitar seu uso. Na bacia hidrográfica do Bioma Pantanal, foram identificados programas de PSA recentes (2014), cujas informações devem estar presentes no sistema para apoio na tomada de decisões dos gestores envolvidos.

Trabalhos futuros envolvem melhoria na informação geográfica e a disponibilização de serviços que permitam a execução de análises mais específicas.

8. Agradecimentos

A equipe do projeto agradece a seus parceiros da Agência Nacional de Água (ANA) e da The Nature Conservancy (TNC).

9. Referências

Embrapa **Desafios para uma agricultura sustentável**. Embrapa, Assessoria de Comunicação Social. – Brasília, DF : Embrapa - 79 p. 2009

Gjorup, A. F.; Fidalgo, E. C. C.; Prado, R. B.; Schuler, A.E. Análise de procedimentos para seleção de áreas prioritárias em programas de pagamento por serviços ambientais hídricos. **Rev. Ambient. Água** [online]. 2016, vol.11, n.1, pp.225-238. ISSN 1980-993X. <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1782>.

Prado, R. B., et al. **Fortalecimento do conhecimento, organização da informação e elaboração de instrumentos de apoio aos Programas de Pagamentos por Serviços Ambientais Hídricos no meio rural**. Projeto Embrapa código 05.11.11.004.00.00, 2011.

Macário, C. G. Do N.; Nakai, A. M.; Carvalho, J. R. P. de, **Plataforma Natdata – usando dados de Recursos Naturais do Bioma Pantanal** In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 5., 2014, Campo Grande, MS. Anais... São José dos Campos: INPE, 2014. p. 998-1007. 1 CD-ROM. Geopantanal 2014..

Prado, R.B.; Costa, M.; Lima, A. P. M.; Schuler, A.E. Guimarães, J.; Fidalgo, E. C. C.; Turetta, A. P. D.; Pedreira, B. C. C. G.; Coutinho, H. L. C.; Monteiro, J. M. G.; Clemente, E.; Martins, A. L. Oliveira, A. P. **Payment for ecosystem water services (PES) in Brazil (2011 to 2014): main opportunities and challenges**. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LOS NEOTRÓPICOS, 4., 2015, Mar del

Plata. De la investigación a la acción: libro de resúmenes. Mar del Plata: GEAP, 2015.

Silva, A. M. da; Silva, J. dos S. V. da; Ferrari, D. L.; Lamparelli, R. A. C. Vegetação natural e área antrópica em Mato Grosso do Sul até o ano de 2002. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 3., 2010, Cáceres, MT. Anais... Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2010. p. 391-400. Geopantanal 2010.

WWF-Brasil - **Relatório Anual 2014** (disponível em <http://www.wwf.org.br/informacoes/biblioteca/?uNews-ID=45783>), 2014.



Impactos climáticos das emissões associadas às queimadas no município de Cáceres-MT

Verônica Martinez de O. Raymundi¹
Thales Ernildo de Lima¹
Alfredo Zenen Domínguez González²

¹Universidade do Estado do Mato Grosso - UNEMAT
Av. Tancredo Neves, 1095 - Cavahada II
78200-000 - Cáceres, MT
veronica.raymundi@hotmail.com
lima.thales@outlook.com

²Universidade do Estado do Mato Grosso - UNEMAT
Av. Ivo Carnelos, 393 – Jardim Universitário, setor Leste
78500-000 - Colíder, MT
alfredoزدg@gmail.com

Resumo. O presente trabalho visa destacar, com base em estudos científicos já publicados, os efeitos das queimadas em diferentes escalas, destacando a queimada ocasionada no município de Cáceres. As queimadas que ocorrem no município de Cáceres, são fontes de emissões de poluentes que atingem a atmosfera todos os anos com grande intensidade nos meses mais secos do ano. Durante a combustão da biomassa são emitidos para a atmosfera gases poluentes, que por sua vez afetam a escala local, regional e global, provocando sérios desequilíbrios ao meio. Apesar da característica da vegetação estar adaptada ao fogo, a agricultura potencializa as queimas, favorecendo a ocorrência de incêndios florestais e o descontrole das queimadas. Este é um tema que precisa ser tratado com maior importância, diante dos impactos e consequências evidenciados no ambiente. Para melhor compreensão do trabalho foi utilizado dados secundários relacionados a focos de queimadas, dos anos de 2010 a 2015 referentes ao município de Cáceres.

Palavras-Chave: Queimadas, Mudanças climáticas, poluição atmosférica.

Abstract. This paper aims to highlight, based on scientific studies already published, the effects of fires on different scales, highlighting the fire caused in the city of Cáceres. The fires that occur in the city of Cáceres, are sources of emissions of pollutants that reach the atmosphere every year with great intensity in the driest months of the year. During the combustion of biomass are emitted into the atmosphere pollutants gases, which in turn affect the local, regional and global scale, causing serious imbalances in environment. Despite the characteristic vegetation is adapted to fire, agriculture enhances the burnings, favoring the occurrence of forest fires and uncontrolled fires. This is a topic that needs to be treated with utmost importance, given the impacts and consequences evidenced in the environment. For better understanding of the work we were used secondary data related to fire outbreaks, the years 2010 to 2015 for the city of Cáceres.

Key-words: Fires, climate change, air pollution.

Introdução

Nos últimos séculos, a crescente problemática ambiental causada por intensos processos de transformação da paisagem natural, como os associados ao desmatamento, formação de pastagem, desertificação, poluição do ar e queimadas geram consequências negativas ao equilíbrio do planeta. Nesta situação, tanto as espécies vegetais e animais como o próprio homem estão vulneráveis as mudanças do ambiente e variações climáticas.

A ocupação e o uso do solo se relacionam com práticas estabelecidas pela ação humana em diferentes espaços de vivência. Reis (1999) afirma que um dos maiores desafios do homem é utilizar os recursos naturais de forma equilibrada. Em geral, na obtenção dos recursos disponíveis na natureza, frequentemente o homem provoca uma intensa degradação ambiental que compromete a existência de vida no futuro. Diante da temática, as queimadas podem ocasionar sérios danos às paisagens naturais, produzindo impactos na regulação dos ecossistemas pela sua interferência no solo, na fauna e flora e na qualidade da atmosfera (Dias, 2014).

A área de estudo da climatologia vem se destacando nos últimos anos devido às diversas situações de instabilidade no clima a escala planetária. Estudos realizados sobre as emissões geradas pela queima de combustíveis fósseis, desmatamento e atividades agropecuárias permitem perceber que ainda não se deu a devida importância às queimadas e incêndios florestais, porém à medida que se aprofundam as discussões sobre o tema, a questão das “queimadas” adquire relevância (Agop e Setzer, 2003).

Mesmo que o Brasil tenha feito importantes investimentos em tecnologias como as do Sensoriamento Remoto, que permitem a detecção e monitoramento de focos de calor e, com isso, o combate às queimadas (Carvalho e Carneiro, 2009), ainda persiste a queima descontrolada todos os anos durante o período seco. Embora contribuído com o monitoramento e controle das queimadas e incêndios florestais, sendo possível alertar a sociedade sobre os riscos em determinadas regiões, ainda não é possível evitar a queima descontrolada todos os anos em períodos mais secos.

Utilização do fogo como manejo e emissão de gases do efeito estufa

A utilização do fogo como parte do manejo agrícola foi regulamentada pelo decreto 2.661 de 8 de julho de 1998, sendo permitida a queima controlada. Porém, o proprietário deverá seguir algumas exigências previstas na lei, como: preparar aceiros de no mínimo três metros; providenciar pessoal preparado no local da operação com equipamentos apropriados; e prever a realização da queima em dias apropriados, com temperaturas mais amenas e pouca incidência de ventos. Diante do cumprimento das regras e vistoria, o proprietário recebe a autorização do SISNAMA, órgão responsável pela autorização da queima (Prevfogo, 2011).

Pesquisadores como Pauliquevis (2007), (do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazona-INPA), Artaxo, Oliveira e Paixão (2007), (do Instituto de Física da Universidade de São

Paulo) destacam que as queimadas são responsáveis por 75% das emissões de carbono no Brasil. Segundo estes pesquisadores, a queima emite gases do efeito estufa como CO₂ (dióxido de Carbono) e CH₄ (metano) os quais, em grande quantidade na atmosfera, prejudicam a floresta não queimada, por ser considerados gases fitotóxicos.

De acordo com o relatório de combate a incêndio, elaborado pelo IBAMA em parceria com o Prevfogo (2011), nos meses mais secos e quentes o risco de focos de queimadas tende a aumentar. No caso da região central do Brasil, a incidência é intensificada pela atividade econômica, que tem como foco a agropecuária. Neste período, os agricultores estão limpando o solo com o auxílio do fogo, caracterizando um período com muitas emissões de gases poluentes na atmosfera. Dias (2014) critica o fato das emissões de gases ocasionados pelas queimadas ser tratado com pouca relevância, havendo um maior foco ao desmatamento.

O que mais inquieta é a obviedade da necessidade. Enquanto o CO₂ oriundo dos desmatamentos é liberado lentamente para a atmosfera, nas queimadas e incêndios florestais o CO₂ estocado na vegetação (e também uma parte no solo) é liberado imediatamente para a atmosfera.
(DIAS, 2014)

Nos meses mais secos, o município de Cáceres é atingido por incêndios, provocando a emissão anual de toneladas de gases que intensificam o efeito estufa. Em geral, os incêndios são causados de forma natural (alta temperatura sobre a vegetação seca) e pela ação humana, que corresponde a uma das técnicas agrícola muito utilizada entre agricultores no passado e na atualidade, visando limpar o solo para o cultivo. Queimar a vegetação constitui uma forma rápida, prática e viável economicamente (Lara *et al.*, 2007); no entanto, a queima descontrolada constitui uma problemática porque pode atingir áreas de preservação, destruir florestas que contribuem com o equilíbrio de carbono e aumentar os índices de poluição na atmosfera.

Tomando como referência trabalhos que analisam os impactos e consequências das queimadas no clima (como os de Setzer (2003), Dias (2014), Agop (2004), Moreira (1999), e Bicudo (2005), o presente trabalho visa investigar a ocorrência de queimadas no município de Cáceres por meio de imagens de satélite, correlacionando as incidências de agressão ao Pantanal cacerense, com as implicações da queima no clima local.

Materiais e Métodos

Área de Estudo

Com uma extensão territorial de 24.351, 408 km², o município de Cáceres está localizado na região sudoeste do estado do Mato Grosso, formando parte da Bacia do Alto Paraguai (**Figura 1**). De acordo com o IBGE (2013), a sua população é de 87.942 habitantes, sendo que 76.568 (87,07%) vivem em área urbana e apenas 11.374 na zona rural (12,93%).

Foi realizado levantamento de dados dos focos de queimadas anuais ocorridos de 2010 a 2015 através do banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, disponíveis gratuitamente em seu site (<http://www.inpe.br/queimadas/>).

Os dados vetoriais obtidos através do Satélite Aqua, permitiram a confecção dos mapas temáticos no software ArcGis 10.2, classificando os focos nos períodos matutino e vespertino. Os mesmos foram agrupados em um único *layout*, facilitando a comparação e interpretação dos dados.

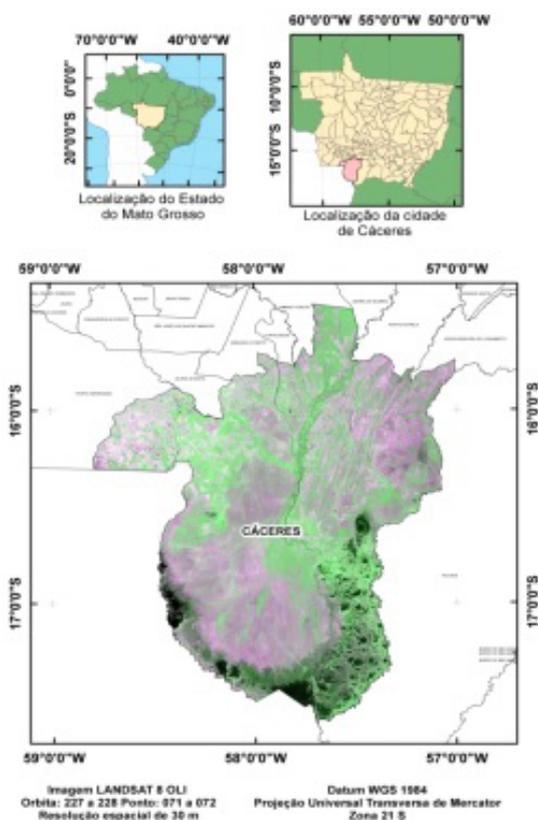


Figura 1. Mapa de localização do Município de Cáceres.

Foi realizado levantamento de dados secundários, que por fim norteou a interpretação dos dados coletados sobre a incidência de focos de queimadas no município de Cáceres e suas implicações sobre o clima local e em diferentes escalas.

Resultados e Discussão

Situação das queimadas no município de Cáceres no período 2010 - 2015

Segundo o relatório de combate a incêndios (Prevefego, 2011), Mato Grosso está entre os estados que apresentam as maiores detecções de focos de queimadas. Por apresentar uma atividade econômica voltada para a agropecuária, os meses de seca são castigados pela estiagem e também pela emissão de fumaça proveniente do fogo. Por possuir características climáticas e econômicas semelhantes, o município de Cáceres, também apresenta intensa emissão de poluentes ocasionado pela queima.

Os registros evidenciados nos mapas do município de Cáceres (**Figura 2**), representam uma sequência anual de incidência de focos de queimadas, totalizando um período de seis anos entre 2010 e 2015. Assim, a alta incidência de focos pode ser observada durante a tarde, entre as 12 e 16 h, por haver maior ganho energético derivado da elevada insolação, que se traduz em uma alta temperatura e uma reduzida umidade relativa do ar. Segundo Torres (2006) a temperatura ambiente tende a aumentar com o incremento da intensidade da radiação solar, resultando em uma diminuição na umidade, que por sua vez contribui com uma maior incidência nos focos de queimadas.

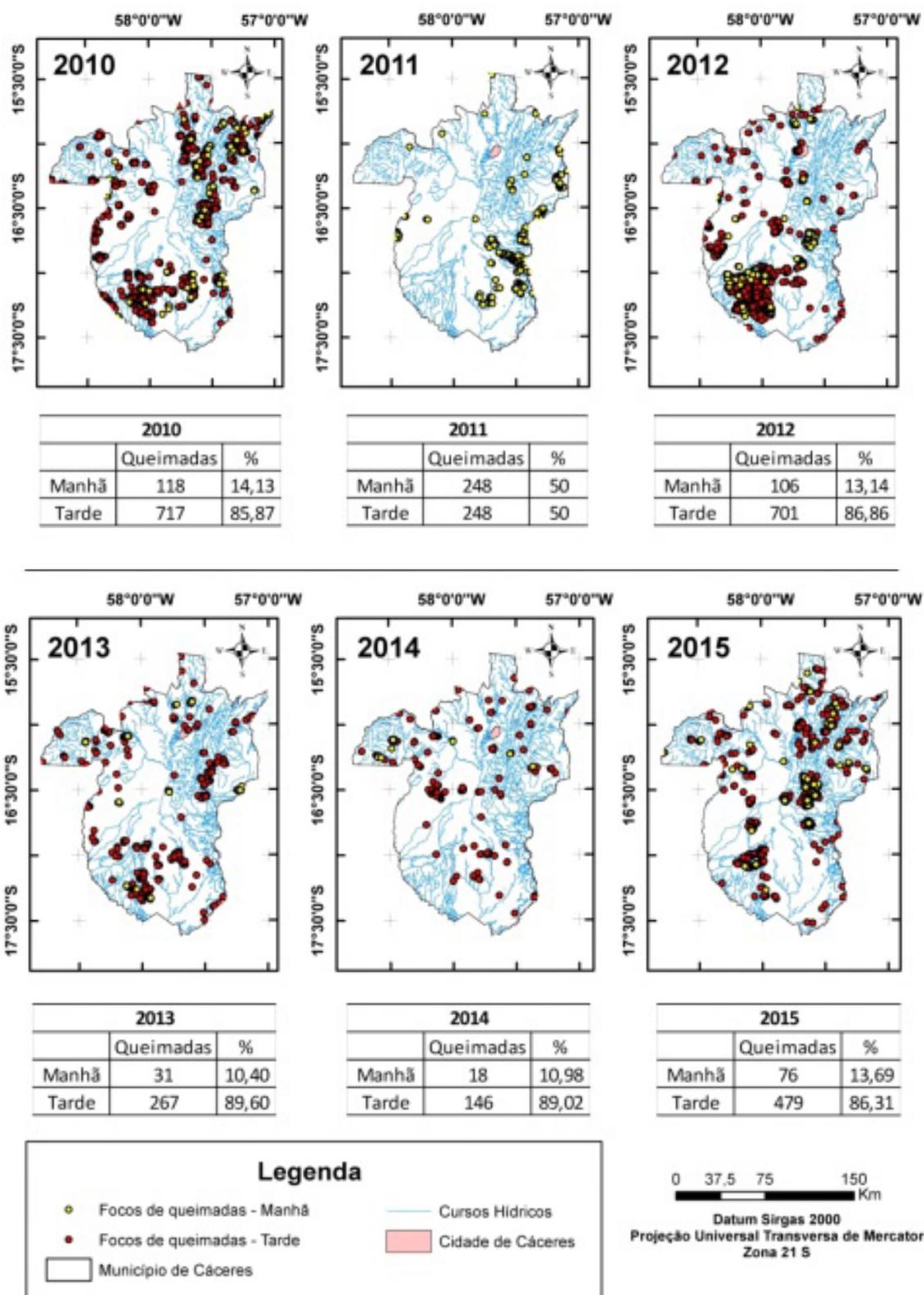


Figura 2. Distribuição diurna das queimadas no município de Cáceres entre os anos de 2010 e 2015.

A detecção dos focos de queimadas no ano de 2011 esta abaixo da média, quando comparado aos outros anos. De acordo com relatório de combate a incêndio (Prevefogo, 2011), isto se deve ao fato daquele ano ter apresentado um percentual de precipitação acima da média. Neste

mesmo ano, as informações dos focos nos períodos da manhã e da tarde não foram distinguidas visto que houve uma sobreposição das imagens (período da manhã e tarde).

Em 2010, o período de estiagem foi de quatro meses, enquanto que em 2011, de três meses, havendo também menor porcentagem de precipitação no mês de agosto de 2010 em relação a 2011 na região central (Prevefogo, 2011), possibilitando desta forma, a ocorrência elevada de focos de queimadas no ano de 2010.

No ano de 2012, a região sudoeste concentrou grande quantidade de focos de queimadas se comparado com a região nordeste do município. Esta concentração de focos, também se repete no ano de 2013, porém com menor proporção de queimadas. Já no ano de 2015 a maior intensidade de queimadas fica concentrada na região nordeste, atingindo diretamente a cidade de Cáceres com focos registrados principalmente no período da tarde. Durante os anos avaliados, apenas em 2011 e 2014 a cidade de Cáceres não foi atingida diretamente com os focos de queimada, havendo também maior controle dos incêndios se comparado aos anos citados no mapa acima.

É importante salientar que no município de Cáceres, assim como em outras regiões tropicais, os agricultores utilizam a técnica da queima como forma rápida e barata de preparo do solo para o cultivo, que por sua vez acontece no inverno, onde a incidência de umidade e precipitação é baixa, permitindo durante a época mais seca (tipicamente julho, agosto e setembro) a secagem da vegetação e sua queima. Sendo assim os focos de queimadas detectados durante o período de um no município de Cáceres estão concentrados nos meses mais secos do ano.

Poluentes, riscos a saúde e ao equilíbrio climático

As queimadas ocorrem por todo o mundo, sendo originada tanto por meio natural como pela ação humana. Porém na maioria dos casos, as queimadas estão vinculadas ao uso e ocupação do espaço. Miranda *et al* (2014) analisou as mudanças nos usos da terra, considerando a influência da queima na região de Cáceres, onde foi constatado que as áreas de Savana gramíneo-lenhosa sofreram mais queimada devido a substituição desta área por pastagem, evidenciando desta forma ações antropogênicas às queimadas no município. Neste mesmo estudo Miranda *et al* (2014) conclui que as formações florestais foram as classes que não sofreram mudanças significativas, quanto à queimada e associam tais focos a incidentes de origem natural.

No município de Cáceres os períodos de estiagem são considerados críticos quanto à emissão de poluentes ocasionados pelas queimadas, pois alteram a qualidade do ar e prejudicam a saúde humana. Segundo Ribeiro e Assunção (2002), a existência de partículas finas presentes em maior proporção no ar poluído por queimadas, são as que mais afeta o sistema respiratório.

Além disso, Freitas (2005) afirma que os poluentes decorrentes da queima são conduzidos até a troposfera, por meio da ocorrência de circulações, a exemplo, da entrada de frentes frias originária da região sul do Brasil, que por sua vez favorecem o movimento convectivo ascendente. Na troposfera, estes poluentes são transportados para regiões distantes. De acordo com Freitas (2005), não só o local da queimada é atingido pelos gases poluentes, os danos da queima ultrapassam a escala local atingindo diferentes espaços, alterando desta forma o balanço radiativo da atmosfera. Isto ocorre segundo o autor, devido a maior quantidade de radiação terrestre ser aprisionada pela maior quantidade de gases emitidos por queimadas.

As queimadas no município de Cáceres atingem todos os anos com diferentes proporções diversas escalas (local regional e global). Com o incremento das atividades agrícolas, a problemática tende a aumentar visto que a queimada antropogênica é responsável pela queima de grandes áreas causando sérios prejuízos ao equilíbrio natural.

Considerações Finais

Considerando o que foi exposto podemos concluir que os índices anuais de queimadas no município de Cáceres não podem passar despercebidos. A natureza consegue regenerar com rapidez após as primeiras chuvas, ao passo que as folhagens começam a brotar, porém gradativamente as emissões de poluentes originados pelas queimadas contribuem com o aumento da liberação de dióxido de carbono, que conseqüentemente provoca o aquecimento global, destruição do ozônio e esta associada aos impactos climáticos que afetam o ambiente natural.

Resguardado por um contexto histórico, o homem vem se apresentando como o maior causador das queimadas. Com ações inconseqüentes e muitas vezes criminosas, a prática da queima vem comprometendo desta forma o equilíbrio natural do ambiente.

A relação cultural entre o homem e o fogo estabelecida ao longo dos anos, como prática de manejo é algo difícil de reverter. Porém medidas drásticas devem ser concretizadas diante dos impactos ocasionados pelas queimadas, direcionando o homem a uma educação ambiental bem como na aplicação e ao cumprimento das leis existentes.

Além dos estudos realizados sobre a temática que comprovam os danos ao ambiente, o homem na atualidade dispõe do sensoriamento remoto orbital. Este recurso vem se apresentando como uma alternativa tecnológica que auxilia na detecção, e entendimento dos processos de queimada por possuir alta eficiência de atualização de informações e visão sinóptica de grandes áreas.

As queimadas constituem um sério problema na qualidade de vida da população por comprometer a qualidade do ar inalado e manter em diferentes escalas inúmeros impactos que alteram o clima e conseqüentemente todo o ambiente natural.

O futuro emerge para uma mudança, onde a sustentabilidade deixe de ser algo utópico e passe a se tornar realidade.

Referencias Bibliográficas

- Agop, R. S. e Setzer A. W. **Análise mensal do risco de Queimadas para a América do Sul: Resultados preliminares para 2003.** Disponível em: sigma.cptec.inpe.br/queimadas/.../200409_sismanoglu&setzer_cb-met8_f... Acesso em 5 de dezembro de 2015;
- Artaxo, P., Paixão, M., Henriques, P. de O. e PAULIQUEVIS, T. **O papel das partículas de aerossol no funcionamento do ecossistema amazônico.** Ciênc. Cult. Vol. 59 nº3 São Paulo July/Sept.2007;
- Arruda, P. F. **O Cerrado e suas Atividades Impactantes: Uma leitura sobre o garimpo, a mineração e a agricultura mecanizada.** Revista Eletrônica de Geografia, v.3, n.7, p. 19-37, out. 2011. Acesso em 6 de dezembro de 2015.
- Bicudo, Francisco. O mapados Ventos. **Correntes de ar levam umidade ou fumaça da Amazônia até a Bacia do Prata.** Agosto de 2.005 _ Pesquisa Fapesp114.
- Carvalho, D.G. e Carneiro. **Monitoramento de focos de incêndios e áreas queimadas com a utilização de imagens de sensoriamento remoto.** Revista de Engenharia e Tecnologia ISSN 2176-7270 V. 1, Nº 1, Dez./2009 pag. 55. Acesso em 4 de dezembro de 2015.
- Christofolletti, Antonio. **Geomorfologia.** São Paulo Ed. Edgard Blucher 1980.
- Dias, Genebaldo F. **Mudanças Climáticas e Você: Cenários, desafios, governança, oportunidades, cinismo e maluquices.** 1. Ed. – São Paulo: Gia, 2014.
- Freitas, S.R.; Longo, K.M.; Dias, M.A.F.S. e Dias, P.L.S. **Emissões de queimadas em ecossistemas da América do Sul.** Estudos Avançados 19 (53), 2005.
- Higa, Tereza C. S. **Contextualizando Mato Grosso** In: Moreno, Gislaíne e Higa, Tereza C. S. (orgs). **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade e ambiente.** 1 ed. Cuiabá: estrelinhas, 2005. 296p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2010**. Rio de Janeiro, 2010.

Ibama e Prevfogo. Relatório de Combate a Incêndio. Dezembro de 2011.

LabGEO. Imagem do Município de Cáceres no contexto da Bacia do Alto Paraguai, em Mato Grosso.

Lara, D. X.; Fiedler, N. C. e Medeiros, M. B. **Uso do fogo em propriedades rurais do cerrado em Cavalcante, GO**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 17, n. 1, p. 9-15, jan-mar, 2007.

Miranda, M. R. S.; Neves, L.F.S.; Kreitlow, J. P.; Neves, S.M.A.S.; Neves, R.J. Queimadas no município mato-grossense de Cáceres e as mudanças na cobertura vegetal e uso da terra. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Campo Grande, MS, 22 a 26 de novembro 2014. Anais... São José dos campos: INPE, 2014. P. 398-407. Disponível na biblioteca digital URLib: < <https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2014/cd/p63.pdf> > Acesso em: 15 maio de 2015.

Nepstad, D. C. Moreira, A. G. e Alencar, A. A. **Floresta em Chamas, Origens, impactos e prevenção do fogo na Amazonia**. 1999 Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil.

Pauliquevis, T.; Artaxis, P.; Oliveira, P.h. e Paixão, M. **O papel das partículas de aerossol no funcionamento do ecossistema amazônico**. Cienc. acault. vol.59 no.3 São Paulo July/Sept. 2007.

Reis, A. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando as sucessões e as interações planta-animal**. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica e Secretaria do Meio Ambiente. Caderno14, 1999.

Ribeiro, H. e Assunção, J.V. **Efeitos das queimadas na saúde Humana**. Estudos Avançados 16 (44), 2002 125

Setzer, A.; Romão, M. **Ameaça Cinzenta**. Aero Magazine, p.28-29, nov/2003.

http://queimadas.cptec.inpe.br/~rqueimadas/documentos/200311_romao_setzer_aeromagazine_ameacacinzenta.pdf.

Torres, F. T. P. **Relações entre fatores climáticos e ocorrências de incêndios florestais na cidade de Juiz de Fora (MG)**. Caminhos de Geografia 7 (18) 162- 171, jun/2006.



O cadastro ambiental rural e os desafios para sua efetiva implementação no município de Terra nova do norte-MT.

Viviane Pimentel de Lima dos Santos¹
Sylvia Karla Ferreira dos Santos¹

¹Faculdade de Sinop – FASIPE
Av. Magda Cassia Pissinati, 69 - Residencial Florença - Cx. Postal 820
78550-000 – Sinop – MT, Brasil
{vivi_lima02, sylvia.florestal}@hotmail.com

Resumo. O Cadastro Ambiental Rural – CAR, implementado pelo Código Florestal (Lei Nº 12.651/2012), veio como ferramenta aliada ao combate do desmatamento, capaz de controlar, monitorar, e planejar propriedades rurais, que através do geoprocessamento é eficiente para mapear e delimitar Áreas de Proteção Permanente (APP), Reserva Legal (RL), remanescentes de vegetação nativa e área rural consolidada. Apesar de sua importância, e com apenas 30% de suas áreas por cadastrar, no município de Terra Nova do Norte-MT o CAR ainda encontra desafios a serem superados. Este artigo tem como objetivo apresentar os motivos que retardam esse processo de regularização. A análise sobre os impasses para implementação efetiva do CAR, demonstrou que a falta de engajamento por parte do poder público em formar uma equipe com atores que possam desempenhar uma força tarefa através de mobilizações, aliada às dúvidas dos produtores, à carência de técnicos treinados e ao custo de consultoria para cadastramento da propriedade são os principais entraves para a conclusão desta etapa de regularização no município. No entanto, a prorrogação do prazo para inscrição ao CAR e para adesão ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) para 05 de maio de 2017, vêm como uma oportunidade diante desses desafios, abrindo portas para que novos projetos sejam desenvolvidos para a concretização do cadastramento, favorecendo tanto os produtores que obterão seus cadastros, quanto o preenchimento do banco de dados do município, para uso na organização territorial e gestão que uma produção agrícola, pecuária e florestal à proteção ambiental.

Palavras-chave: cadastro ambiental rural, geoprocessamento e regularização.

Abstract. The Rural Environmental Registry - CAR, implemented by the Forest Code (Law No. 12,651/2012), came as a tool allied to combat deforestation, able to control, monitor, and plan rural properties, through geoprocessing is efficient to map and demarcate areas Permanent Protection (APP), legal Reserve (RL), remnants of native vegetation and consolidated rural areas. Despite its importance, and only 30% of its areas by registering in the city of Terra Nova do Norte-MT CAR is still challenges to be overcome. This article aims to present the reasons that slow the process of regularization. The analysis of the impasses for effective implementation of the CAR, showed that lack commitment by the government to form a team with members who can play a task force through mobilizations, coupled with concerns of producers, the lack of trained technicians and cost consulting for registration of the property are the main obstacles to the conclusion of this settlement step in the city. However, the extension of the deadline for registration to the CAR and to join the Environmental Adjustment Program (PRA) to May 5, 2017, come as an opportunity on these challenges, opening doors for new projects to be developed for the implementation of the registration favoring both the producers obtain its records, as the completion of the municipal database for use in territorial organization and management that unites agricultural, livestock and forestry to environmental protection.

Key-words: rural environmental register, Geoprocessing, Regularization.

1. Introdução

O estado de Mato Grosso, além de sua vasta extensão territorial, que conforme o IBGE é de 903.378,292 km², é o único do País que abriga sozinho os biomas: Amazônia, Cerrado e Pantanal, ostentando riqueza de biodiversidade. Porém, Mato Grosso vem sendo definido, não apenas por suas riquezas naturais e por seus potenciais, a degradação das florestas para implantação e expansão da agricultura e pecuária em larga escala avança em ritmo acelerado.

De acordo com dados do Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD), do Imazon, foram detectados em fevereiro e março de 2016, 281 quilômetros quadrados de desmatamento na Amazônia Legal, na qual Mato Grosso está inserido. Isso representou um aumento de 339% em relação a fevereiro e março de 2015, quando o desmatamento somou 64 quilômetros quadrados. Em fevereiro e março de 2016, o desmatamento concentrou no Mato Grosso 81%.

Reconhecendo a importância da conservação e a manutenção dos recursos naturais, a legislação brasileira tem avançado, tornando mais efetivos os mecanismos legais de proteção ao meio ambiente. Segundo Nascimento et al., 2014, na história do nosso país, os primeiros conceitos e mecanismos legais surgiram desde o Brasil colônia, evoluindo gradativamente até a aprovação do Código Florestal (Lei nº 12.651/2012) e com ele a implementação do Cadastro Ambiental Rural, em todo território Nacional.

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) deriva de ferramentas desenvolvidas em função dos avanços na utilização das metodologias de sensoriamento remoto para identificar os desmatamentos na região da Amazônia Legal. Durante a década de 1990 tanto o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), que já vinha apurando a taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal desde 1988 quanto, alguns estados amazônicos, passaram a intensificar os esforços de mapear o avanço do desmatamento a partir de imagens de satélites. A possibilidade de identificar com precisão a localização dos desmatamentos levou à procura por mecanismos que também permitissem utilizar estas metodologias para promover a identificação e integração de todas as informações ambientais das propriedades e posses rurais, Oliveira et al. (2014).

O CAR tem por finalidade integrar as informações ambientais referentes à situação das Áreas de Preservação Permanente - APP, das áreas de Reserva Legal, das florestas e dos remanescentes de vegetação nativa, das Áreas de Uso Restrito e das áreas consolidadas das propriedades e posses rurais do país. De acordo com a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, constitui-se em base de dados estratégica para o controle, monitoramento e combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetação nativa do Brasil, bem como para planejamento ambien-

tal e econômico dos imóveis rurais.

Mato Grosso foi um dos pioneiros na implantação do CAR, em 2008, com a Lei Complementar 343/2008, o Governo do Estado criou o Programa Mato-grossense de Regularização Ambiental Rural – MT Legal e instituiu a ferramenta do CAR, definindo-o como uma das etapas obrigatórias do licenciamento ambiental dos imóveis rurais, criando um instrumento fundamental para a gestão da propriedade rural, do desmatamento e da conciliação entre produção e conservação com base no Código Florestal Brasileiro, privilegiando os proprietários que aderissem ao cadastro e firmassem o Termo de compromisso para recuperação das áreas degradadas com o benefício de suspensão da prescrição do ilícito administrativo praticado, durante o período definido para a regularização do passivo ambiental existente, TNC (2015).

O Município de Terra Nova do Norte aderiu ao Programa MT Legal, através do projeto “Terra Nova Verde e Próspera” em parceria com o Instituto Centro de Vida - ICV, a Prefeitura Municipal de Terra Nova e Cooperativa Agropecuária Mista de Terranova – COOPERNOVA e Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Alta Floresta/MT - SECMA, inscrevendo mais de mil propriedades no Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental (SIM-LAM). Apesar de todo o apoio e incentivo por parte das instituições e atores empenhados em promover o licenciamento dos imóveis rurais, muitos proprietários optaram por não aderir ao cadastro.

Atualmente, o CAR é o registro eletrônico de âmbito federal, em plataforma digital SI-CAR, tornou-se uma ferramenta de emissão ágil e eficiente, mas apesar da obrigatoriedade e benefícios de adesão ao CAR pelos proprietários rurais e já finalizados os quatro anos desde a entrada em vigor do atual Código Florestal Brasileiro, este mecanismo considerado indispensável para sua concreta aplicação, insiste em não se tornar realidade.

Em Terra Nova, com apenas 30% do território ainda não cadastrado conhecer e entender os desafios de implementação pode promover o desenvolvimento de programas e métodos que contribuam com o avanço desse processo de regularização, por meio da articulação de ações e parcerias que trabalhem a gestão, do ponto de vista de incluir e viabilizar o cadastro.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é apresentar a relevância do Cadastro Ambiental Rural - CAR na perspectiva da regularização ambiental no meio rural e os motivos que retardam esse processo de regularização.

3. Metodologia

3.1. Área de estudo e contexto histórico

O município de Terra Nova do Norte (**Figura 1**) está localizado a 647 km da capital Cuiabá/MT e possui uma área de unidade territorial de 2.562,231km².

A atividade rural do município é baseada na agricultura familiar, com a produção de leite, carne e fruticultura.

Colonizada na década de 70, por Norberto Schwantes, que em virtude de sua descendência européia, adotou um modelo de colonização muito utilizado na Alemanha, consistente na implantação de “Agrovilas”, ou seja, além de constituir uma cidade sede, Terra Nova do Norte foi dividida com vários núcleos urbanos no interior do município, denominados de Agrovilas, com um mínimo de utilidades, como posto de saúde, escola, igreja, mercado entre outros.

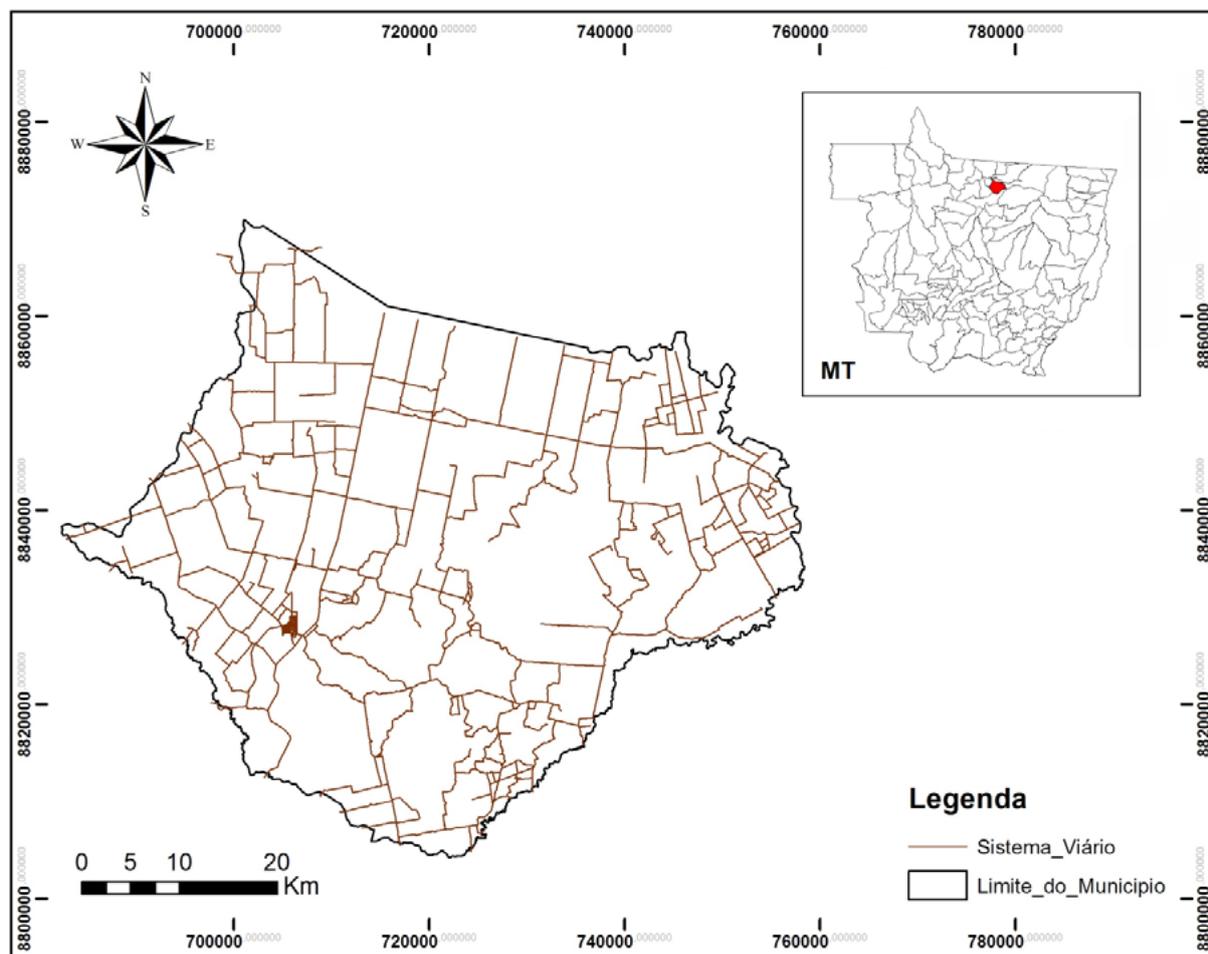


Figura 1. Mapa de localização do Município de Terra Nova do Norte em Mato Grosso.

A distribuição dos lotes foi então feita levando-se em consideração as Agrovilas, onde cada assentado recebeu três áreas distintas, sendo:

- a) um lote de 16.000m² (dezesesse mil metros quadrados) a 19.000m² (dezenove mil metros quadrados) na sede da Agrovila, destinado à residência;
- b) um lote de 100ha (cem hectares) ou 50ha (cinquenta hectares), dependendo do projeto de colonização (Projeto Terra Nova I ou II), destinado totalmente ao aproveitamento agrícola;
- c) uma parcela ideal correspondente à área agricultável, destinada à reserva legal, constituída em condomínio por todos os parceleiros dos Projetos Terra Nova I e II.

Inicialmente foram instituídas 09 (nove) Agrovilas. Nos títulos definitivos de propriedades expedidos pelo INCRA constou expressamente essa situação, explicitando que cada lote de colonização compreenderia as três porções de terra tal sendo indissociáveis, não podendo ser transacionadas isoladamente, nem subdivididas em porções desiguais. A responsabilidade pela conservação a área destinada à reserva legal era de cada parceleiro, juntamente com a COOPERCANA.

Transcorridas mais de três décadas desde o início da implantação do Projeto de Colonização Terra Nova, a extensão de terras originariamente destinada para ser a reserva legal em condomínio dos parceleiros, de fato não mais existe, tendo em vista que toda sua extensão hoje é ocupada por propriedades rurais consolidadas há vários anos, tendo não só invasores, como também terceiros de boa-fé.

Atualmente o município sofre com questões de regularização fundiária. Inicialmente pela questão ambiental, já que uma extensão de 86.354 ha (oitenta e seis mil, trezentos e cinquenta e quatro hectares) de terras, que deveriam estar desempenhando uma importante missão ecológica e ambiental inerente às áreas de reserva legal, está devastada e descumprindo a função social da propriedade. Igualmente, essa mesma quantidade de terra desmatada tem aproveitamento econômico irrisório, posto que diante do impasse instaurado com a ocupação irregular da área das “4 Reservas”, seus ocupantes, por não possuírem o título de propriedade, não têm acesso às linhas de crédito rural aptas a fomentar a atividade agrícola da região, desenvolvendo todo o potencial produtivo, Mendes (2013).

Apesar de toda essa problemática, que ainda hoje não se encontra resolvida, em 2010 o município de Terra Nova aderiu ao CAR, através do projeto “Terra Nova Verde e Próspera”, que trouxe tanto aos posseiros como aos parceiros, a oportunidade de um novo olhar sobre suas propriedades rurais; de dar nome e características às propriedades das áreas consolidadas das quatro reservas; regularizar as questões ambientais pertinentes as Áreas de Preservação Permanente (APP) e/ou Reserva Legal (RL), alteradas até 22/07/2008 bem como suspensão de sanções em função de infrações administrativas por desmatamento irregular de vegetação em áreas de APP, RL e UR, cometidas até esta mesma data; e por fim a perspectiva recuperar cerca de mil nascentes com algum nível de degradação, das quase duas mil existentes no município. O projeto levou a inscrição de mais de mil propriedades no SIMLAM, o que se pode contar como um grande avanço, já que a partir desses cadastros muitos produtores já assinaram seus TAC's junto a Sema comprometendo-se em regularizar seus passivos ambientais, e a reduzirem a zero o desmatamento ilegal. Além disso, o protocolo do CAR abriu as portas para que linhas de crédito rural pudessem ser acessadas, o potencial produtivo de muitas propriedades alavancado e os produtos das propriedades cadastradas aceitos pelo mercado.

3.2. Procedimentos Metodológicos

Para analisar o nível de implementação do CAR no município, foram obtidos dados dos cadastros efetuados na Secretaria de Meio Ambiente de Terra Nova - SAMA e baixados dados atualizados da Secretaria Estadual de Meio Ambiente – SEMA/MT.

Foram realizadas entrevistas com atores envolvidos no processo de regularização ambiental e produtores rurais.

Questionários foram formulados para nortear estas entrevistas, com questões baseadas na realidade atual do município.

4. Resultados e Discussões

A partir dos dados obtidos pela SAMA, do projeto “Terra Nova Verde e Próspera” iniciado em 2010 e que contemplava pequenas propriedades rurais com área de até 4 módulos fiscais, foram inscritas 1048 propriedades para cadastro de seus imóveis junto à SEMA, dessas, 937 tiveram seus protocolos no Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental (SIMLAM). Além dos cadastros efetuados pelo projeto, propriedades não enquadradas também se inscreveram, por meio de consultoria particular, totalizando até o ano de 2013, 1309 perímetros incluídos na base de dados do município.

Com o advento do Sicar, os dados cadastrados no antigo Simlam foram transportados para a nova plataforma, que passou a disponibilizá-los de forma mais transparente. Assim podemos analisar a base de cadastros já efetuados, conforme a **Tabela 1**:

Tabela 1. Dados sobre o CAR, por município, até 30/11/2015.

Nº	133
Município	Terra Nova do Norte
Área do Município	239.956,04
Superfície Cadastrável	239.955,32
% Cadastrável	100,00
Superfície Cadastrada	167.768,58
% Cadastrado	70
Superfície à Cadastrar	72.186,74
% a Cadastrar	30
Nº de CAR 30/11/2015	1.402
Nº de CAR 31/10/2015	1.398
Nº de CAR 30/09/2015	1391
Nº de CAR 31/08/2015	1.385

1 Área Cadastrável: Área do Município excetuando Área de Terras Indígenas e Unidades de Conservação de proteção Integral e RESEX.

2 Superfície Cadastrada: área Cadastrada excetuando sobreposições entre cadastros.

3. Nº de CAR = Total, inclusive incidindo em Unidades de Conservação.

4. Áreas de Litígio: Áreas não contempladas em nenhuma Lei de Criação de municípios - o número de cadastros incidentes nestas áreas está computado no município declarado pelo cadastrante.

5. Instabilidades no SiCAR Federal impactaram na sincronização dos cadastros retificados ocasionando uma redução temporária da superfície cadastrada dos municípios.

Fonte: SEMA/MT (2015).

Com base nos dados em números de cadastros efetuados pelo Projeto quando comparados com o número de cadastros realizados após o advento da nova plataforma, até 30 de novembro de 2015, é possível analisar que mesmo com um sistema menos burocrático, de fácil acesso e ágil do ponto de vista do recibo do CAR, apenas 93 propriedades enviaram seus cadastros, ou seja, do total de imóveis já cadastrados no antigo Simlam, apenas 6,63% aproximadamente foram efetuados direto na plataforma Sicar. Dessa forma fica evidente a importância de se entender os desafios de implementação do CAR no município.

De acordo com os dados obtidos através dos questionários foi possível elencar os principais desafios do CAR:

4.1. Dificuldade de Parcerias

Assim como nos dados dos números de cadastros efetuados, os resultados obtidos através dos questionários também demonstraram a forte influência das mobilizações sobre as adesões ao CAR. Atualmente, o município conta com parcerias que estão trabalhando, porém não no mod-

elo de mobilizações, atuam, no entanto de forma indireta, sem disponibilização de técnicos para trabalho in loco.

De acordo Wesley Butturi, analista do ICV que respondeu ao questionário destinado ao Instituto, a dificuldade em se fazer articulação do poder público municipal com as lideranças de comunidades rurais e outros representantes da sociedade civil no intuito de trabalhar com um objetivo comum que é o cadastro ambiental dos imóveis rurais, é muito grande. Quando se trabalha com a regularização ambiental de imóveis rurais de um município com um todo faz-se necessário a construção de parcerias com diversos representantes de setores distintos da sociedade o que é inevitável o surgimento de forças contrárias. Nisso, o papel do Instituto centro de vida, foi lidar com estas forças contrárias e fazer com que as forças à favor fossem mais fortes.

A ausência de um projeto com mobilização e assistência técnica é considerada um dos principais entraves, já que a partir daí muitos produtores rurais podem esclarecer dúvidas e eliminar informações equivocadas, e isso se comprovou quando observamos o número de cadastros realizados quando houve o projeto com a mobilização até o ano de 2012 - onde foram realizadas reuniões e oficinas nas comunidades rurais, divulgação através dos meios de comunicação locais, e equipe in loco para recebimento e efetuo dos projetos, quando comparamos com os períodos posteriores que não contaram com a mesma força tarefa.

4.2. Carência de Assistência Técnica

A assistência técnica é ponto chave para que o andamento dos cadastros aponte resultados que além do aspecto quantitativo, seja também qualitativo, isso foi apresentado tanto pelos produtores questionados, como entidades e pelo Conselho Municipal de Meio Ambiente como órgão capaz de opinar e assessorar o poder executivo municipal nas questões relativas ao meio ambiente; representado pelo Biólogo Eliseu Venceslau, membro do mesmo, que declarou como a falta deste fator é preponderante na efetivação dos cadastros.

A assistência técnica simplifica o processo de cadastro, pois os produtores rurais além de na maioria não possuem acesso a informatização, quando possuem não tem habilidade para utilizar as ferramentas disponíveis no sistema, principalmente na etapa de geoprocessamento, que exige prévios conhecimentos técnicos. Além disso, muitas mudanças foram feitas no Código Florestal, como é o caso das APPs (Áreas de Preservação Permanente) e ARL's de acordo com o bioma, tamanho da propriedade e áreas consolidadas, isso gera várias dúvidas para os produtores, que necessitam de assistência técnica.

O apoio técnico para a resolução das questões e auxílio na operacionalização das etapas do cadastro são aspectos imperativos para quaisquer projetos efetivos de CAR, TNC (2015).

4.3. Falta de Informação

Apesar da maximização e engajamento dos órgãos ambientais nas divulgações de informações sobre o CAR, através dos meios de comunicação, ainda há muitos proprietários com dúvidas, sem informações e até informações equivocadas a respeito do cadastro. No município de Terra Nova, devido à grande problemática sobre a regularização fundiária nas áreas de reserva invadidas, os produtores, por falta informação deixam de realizar seus cadastros por estarem em áreas irregulares e não possuem documento. Por outro lado, muitos que compõem essas áreas, realizaram seus cadastros acreditando equivocadamente, que o CAR servirá como comprovação fundiária e não somente como documento declaratório sobre a situação ambiental da área.

Além disso, muitos proprietários, ainda pensam desmatar antes de aderir ao CAR, acreditando que as sanções para desmatamento só ocorrem depois da realização do cadastro. Situações semelhantes foram apresentadas por Cenamo e Lima (2015), demonstrando que segundo

os produtores, as motivações para aderir ao CAR são distintas. Alguns pensam em aderir, pensando na regularização fundiária, outros, em função de acesso ao crédito rural, ou evitar embargos, mas nota-se que há muita dúvida sobre a veracidade das informações e as reais vantagens. Na dúvida, muitos estão optando por esperar, acreditando, erroneamente, que ainda poderiam desmatar um pouco mais antes de aderir ao CAR.

A carência de informações sobre o CAR por parte dos produtores rurais é um importante entrave a ser solucionado logo na concepção inicial de qualquer projeto de cadastramento, para derrubar os mitos que naturalmente se formam sobre o instrumento. Embora facilmente justificáveis e compreensíveis, os falsos paradigmas sobre o CAR que decorrem dessa falta de informação geram crenças contraproducentes em relação ao sucesso esperado pelo cadastramento dos imóveis rurais. Conquistar o apoio e a confiança dos produtores, pois, é condição fundamental para que os projetos atinjam os fins propostos, TNC (2015).

4.4. Custo

O CAR é uma ferramenta que permitirá aos produtores melhor planejar atividades rurais dentro de suas propriedades, levando a uma otimização na utilização do espaço e um aumento na produtividade. O CAR também é a porta de entrada para vantagens como acesso a crédito e a comercialização de Cotas de Reserva Ambiental, além de ser requisito para o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras, Cenamo e Lima (2015).

Ao aderir ao CAR o produtor tem a oportunidade de regularizar as questões ambientais pertinentes as Áreas de Preservação Permanente (APP) e/ou Reserva Legal (RL), alteradas até 22/07/2008 bem como suspensão de sanções em função de infrações administrativas por desmatamento irregular de vegetação em áreas de APP, RL e UR, cometidas até esta mesma data, porém, o desconhecimento desses benefícios aliados à falta de recursos humanos capacitados com disponibilidade pelo setor público, também geram resistência; mesmo o CAR sendo eletrônico e podendo ser feito de gratuita e menos burocrática, muito produtores não tem acesso sequer à internet e ainda precisam de ajuda para se cadastrar, e nesse enfoque os valores cobrados por empresas que prestam consultoria nesse ramo também são considerados um impasse para efetivação dos cadastros. Muitos produtores não vêem vantagens lucrativas em se fazer o CAR, por isso apresentam resistência em aderir-lo.

5. Considerações e Sugestões

Os principais desafios para conclusão do CAR em Terra Nova do Norte são a dificuldade de parcerias para projetos que mobilizem e incentivem os produtores, a carência de assistência técnica, a falta de informação de alguns produtores e o custo para cadastramento através de consultoria.

A aprovação da Medida Provisória (MP) nº 724, de 04 de maio de 2016, que estende o prazo para inscrição ao CAR e para adesão ao Programa de Regularização Ambiental (PRA) até 05 de maio de 2017, abre portas para que os produtores com até quatro módulos fiscais, sejam inscritos com os mesmos benefícios dos que se cadastraram nos anos anteriores, essa é uma oportunidade para o desenvolvimento de um projeto que contemple todos os seguimentos que têm impedido a conclusão do CAR, através da gestão pelo órgão executivo, que com suas parcerias, desenvolvam uma força tarefa nesta etapa final de cadastramento, favorecendo não somente os produtores que obterão seus cadastros, bem como o preenchimento do banco de dados do município, para uso na organização territorial e gestão que alie a produção agrícola, pecuária e florestal à proteção ambiental.

7. Referências

- Cenamo, M.C. e LIMA, L. - **CAR no Amazonas: Oportunidades e Desafios para a Gestão Territorial. Análise dos 03 anos (2011-2014) de implementação do Cadastro Ambiental Rural no Amazonas.** 58p. Manaus, AM: IDESAM, 2015. Disponível em: <<http://www.idesam.org.br/publicacao/cadastro-ambiental-rural-amazonas.pdf>> Acesso em: 04 Jan. 2016.
- Fonseca, A.; Justino, M.; Souza Júnior, C. e Veríssimo, A. - **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (Fevereiro e Março de 2016)** Sistema de Alerta de Desmatamento (SAD) p. 9. Belém: Imazon, Abril de 2016. Disponível em: <http://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/transparência_florestal/SAD%20fevereiro%20marco%202016.pd> Acesso em: 02 Mai. 2016.
- Mendes, A.S. – **Relatório de decisão interlocutória.** 21p. Terra Nova do Norte, 2013. Disponível em: <<http://www.tjmt.jus.br/intranet.arq/downloads/Imprensa/NoticiaImprensa/file/2013/09%20Setembro/10%20%2050817%20Liminar%20ACP%204%20Revervas.pdf>> Acesso em: 09 Fev. 2016.
- Nascimento, R.C.; Oliveira, A.L.; Moras Filho, L.O.; Barros, D.A.; Laudares, S.S.A.; Borges, L.A.C. e Pereira, C.M. - **Curso de capacitação para o Cadastro Ambiental Rural (CapCAR): Histórico e evolução da legislação ambiental brasileira.** 34p. Lavras: UFLA, 2014.
- Oliveira, A.L.; Nascimento, R.C.; Moras Filho, L.O.; Barros, D.A.; Laudares, S.S.A.; Borges, L.A.C. e Pereira, C.M. - **Curso de capacitação para o Cadastro Ambiental Rural (CapCAR): Linha do tempo CAR.** 22 p. Lavras: UFLA, 2014.
- Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA/MT) – **CAR: Dados por município** – Cuiabá, MT: 2015. Disponível em: <http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=3170> Acesso em: 11 Jan. 2016.
- The Nature Conservancy (TNC) - **Cadastro Ambiental Rural – CAR: Nasce a identidade do Imóvel Rural.** 145 p. Curitiba, PR: TNC, 2015. Disponível em: <<http://www.nature.org/media/brasil/cadastro-ambiental-rural.pdf>> Acesso em: 05 Jan. 2016.



Metodologia para a delimitação da Reserva Biológica do São Donato, municípios de Itaqui e Maçambará, RS, Brasil

Sidnei Luís Bohn Gass¹
Guilherme Augusto Muzy¹
Richard Assis da Silva¹

¹ Universidade Federal do Pampa - Unipampa
R. Luís Joaquim de Sá Brito, sn, Bairro Promorar, 97650-000, Itaqui, RS, Brasil
sidneigass@unipampa.edu.br
guilhermemuzyro@gmail.com
richardassisdasilva@outlook.com

Resumo: A seleção de áreas com potencial ambiental e paisagístico para a conservação da natureza ou o estabelecimento de áreas naturais protegidas, vem ocorrendo há quase três séculos. As Unidades de Conservação prestam importantes serviços ambientais para a região na qual se inserem bem como para um contexto mais amplo de equilíbrio natural, merecendo destaque, neste contexto, os banhados. Morfologicamente, os banhados ocorrem em regiões com presença de água rasa ou solo saturado, com acúmulo de material orgânico proveniente da vegetação bem como a presença de plantas e animais adaptados à vida aquática. A área foco deste estudo é a Reserva Biológica do São Donato, localizada nos Municípios de Itaqui e Maçambará, RS, Brasil, criada em 1975. O objetivo central foi o de propor a definição do perímetro da Reserva Biológica do São Donato com o uso de imagens de satélite e Modelos Digitais de Elevação, com o intuito de subsidiar a sua delimitação legal. Como materiais foram utilizados os dados das cartas topográficas da década de 1970, em escala 1:50.000, imagens de satélite do ano de 2013 com 5 metros de resolução espacial e os dados de radar da *Shuttle Radar Topography Mission*, tendo sido tratados com o software QGIS 2.8.6. O comparativo entre os dados utilizados demonstrou um resultado satisfatório quanto à identificação do avanço das atividades agrícolas sobre a área do banhado. A utilização das imagens de satélite e dos dados de relevo permitiram estabelecer uma proposta inicial de perímetro para a Reserva Biológica, considerando as áreas de banhado e de cobertura florestal e sua interconexão.

Palavras chave: áreas úmidas, bioma Pampa, cartografia, sensoriamento remoto.

Abstract: The selection of areas with environmental and landscape potential for nature conservation or establishment of protected natural areas, has been taking place for nearly three centuries. The protected areas provide important environmental services to the region in which they operate as well as to the broader context of natural balance, deserving emphasis in this context, the wetlands. Morphologically, the wetlands occur in areas with presence of shallow water or saturated soil, with accumulation of organic material from vegetation and the presence of plants and animals adapted to aquatic life. The focus area of this study was the Biological Reserve of São Donato, located in the municipalities of Itaquí and Maçambará, RS, Brazil, established in 1975. The main objective was to propose the definition of the perimeter of Biological Reserve of São Donato with the use of satellite images and Digital Elevation Models, in order to subsidize their legal delimitation. As materials were used the data from the topographic charts of the 1970s, in scale 1: 50,000, satellite images of 2013 with 5 m spatial resolution and the radar data from the Shuttle Radar Topography Mission, having been processed with QGIS 2.8.6 software. The comparison between the data used showed satisfactory results regarding the identification of the progress of agricultural activities on the area of the wetland. The use of satellite images and relief data allowed to establish an initial proposal perimeter for Biological Reserve considering the wetland areas and forest cover and their connectivity.

Keywords: wetlands, Pampa biome, cartography, remote sensing.

1. Introdução

A seleção de áreas com potencial ambiental e paisagístico para a conservação da natureza ou o estabelecimento de áreas naturais protegidas, vem ocorrendo há quase três séculos. A criação do parque de Yellowstone nos Estados Unidos, no ano de 1872, é um marco nas ações preservacionistas daquele país, bem como nas ações que passaram a ocorrer em outros países, sob o aspecto da preocupação com a preservação ambiental, como pode ser verificada nos escritos de Brito (2000). As Unidades de Conservação prestam importantes serviços ambientais para a região na qual se inserem bem como para um contexto mais amplo de equilíbrio natural, se analisadas a partir do ciclo hidrológico, da migração da fauna, da beleza cênica da paisagem (Vieira, 2014), entre outros fatores determinantes.

Neste contexto, merecem destaque os banhados, os quais podem ser caracterizados como áreas inundadas por águas superficiais ou subterrâneas, com uma frequência suficiente para garantir o predomínio de vegetação ou fauna aquática que necessitam da condição de solo saturado para seu crescimento ou reprodução (Polling & Kaminsky, 1985, apud Melo, 1998). A denominação banhado é oriunda da expressão espanhola *Bañados*, que significa úmido e submerso, e fora adotada na região sul do Brasil para caracterizar ecossistemas que possuem essas características, como mencionado por Daronch et al, (2006). Dependendo da sua localização, estes ecossistemas são conhecidos como pântanos, charcos, turfas, brejos, varjões ou várzeas, ocorrendo ainda algumas diferenças de estrutura funcional. Contudo, ambas são alagadas permanentemente ou temporariamente durante determinados períodos do ano.

Segundo Soares, et al. (2008), a migração pode ser vista como um deslocamento sazonal, em busca de algum recurso favorável, geralmente ligado à alimentação. Desta forma, a riqueza de matéria orgânica dessas áreas serve como fonte de alimento para uma variada gama de espécies de animais nativos como, por exemplo, o *Circus buffoni* (gavião do banhado), bem como de espécies endêmicas da região sul do Brasil. Ocorre ainda a presença sazonal de espécies nativas da América do Norte que migram para esta região, para realizar sua nidificação nos banhados, no período de inverno no hemisfério norte.

Morfologicamente, os banhados ocorrem geralmente em regiões com presença de água rasa ou solo saturado, com acúmulo de material orgânico proveniente da vegetação bem como a presença de plantas e animais adaptados à vida aquática.

Na classificação de vegetação do projeto RADAMBRASIL (IBGE, 1986) os banhados aparecem como áreas pioneiras de influência fluvial considerando-se, em especial, as características morfológicas por ela apresentadas. Neste sentido cabe mencionar a localização dos

banhados em áreas ligeiramente deprimidas se comparadas com o seu entorno, o que determina a influência fluvial, considerando o sistema hidrológico da bacia hidrográfica na qual tais áreas estão inseridas.

De acordo com IBGE (2004), os campos do bioma Pampa são formações ecológicas que se inter cruzam dando origem a uma formação ecopaisagística única, com intenso tráfego de matéria e energia entre as formações campestres, as matas ciliares (de galeria), os capões de mato e as matas de encosta. Assim, no Rio Grande do Sul, em especial nas áreas que integram o bioma Pampa (**Figura 1**), a biodiversidade associada aos banhados é fruto da influência fluvial sobre tais características regionais.

Nas extensas planícies do Pampa Gaúcho, com relevo suave de altimetrias que não ultrapassam os 200 m, se destacam os tabuleiros (Cerros na denominação local) e as coxilhas, dominantes formas mamelonares compondo suaves ondulações por onde correm famílias de Ema ou Nhandu (*Rhea americana*) (Suertegaray, 2009).

Segundo Beskow (1986), os banhados possuem características naturais de manutenção de umidade, estas áreas são vistas como propícias para a ampliação de áreas de cultivo em regiões de rizicultura. Desde 1908, com a introdução da rizicultura irrigada no Rio Grande do Sul, as áreas junto aos cursos d'água passaram por uma série de transformações com o intuito de atender a demanda desta cultura.

2. Objetivo

Estabeleceram-se os seguintes objetivos para o presente estudo: 1) comparar os dados das cartas topográficas em escala 1:50.000, produzidas pela 1ª Divisão de Levantamentos do Exército Brasileiro, na década de 1970, da região do Banhado de São Donato e seu entorno, com imagens de satélite do ano de 2013, para identificar o avanço das ações antrópicas sobre a área em questão; 2) propor a definição do perímetro da REBIO de São Donato com o uso de imagens de satélite e Modelos Digitais de Elevação, com o intuito de subsidiar a sua delimitação legal.

3. A área de estudo

A área foco do presente estudo é a Reserva Biológica (REBIO) de São Donato, localizada nos Municípios de Itaqui e Maçambará, Rio Grande do Sul (**Figura 1**), a qual possui seu amparo legal no Decreto Estadual nº 23.798, de 12 de março do ano de 1975 (Rio Grande do Sul, 1975), o qual cria Parques Estaduais e Reservas Biológicas, e dá outras providências. Contudo, a REBIO não possui a delimitação de seu perímetro, dificultando a fiscalização das ações antrópicas sobre o meio. Assim, o solo nessa região acaba sendo utilizado para o desenvolvimento de atividades agrícolas sem o planejamento ambiental necessário para manter as suas características naturais devidamente preservadas.

De acordo com SEMA (2009), a reserva biológica estadual do São Donato, “é uma das últimas grandes áreas de banhado do oeste do Rio Grande do Sul, com importantes nascentes e espécies ameaçadas. Abriga banhados, campos, vassourais, matas ciliares e capões de mata”. Ainda, conforme o mesmo estudo, a área tem importância significativa para a reprodução de peixes bem como nela já foram encontradas mais de 150 espécies de aves, além de mamíferos e répteis. Sua área estimada é de 4.392 hectares.

Por sua vez, no levantamento realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007) com relação às áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira (**Figura 2**), a Reserva Biológica do São Donato localiza-se em áreas de extremamente alta prioridade e importância. De acordo com as fichas do levantamento, as ameaças ao banhado são “a sua drenagem e canalização, o cultivo de arroz, a caça e a

queimada”, tendo sido definida como principal ação, a ampliação da Reserva Biológica. No entorno da área em questão, há duas outras áreas que merecem destaque por estarem diretamente associadas a esta, sendo elas: I) entorno REBIO São Donato, avaliada como área potencial para integrar a reserva, e, II) nascentes do rio Butuí, para a qual foi identificada como oportunidade a pecuária sustentável e como principais ameaças a expansão da agricultura em latossolo e a expansão da silvicultura.

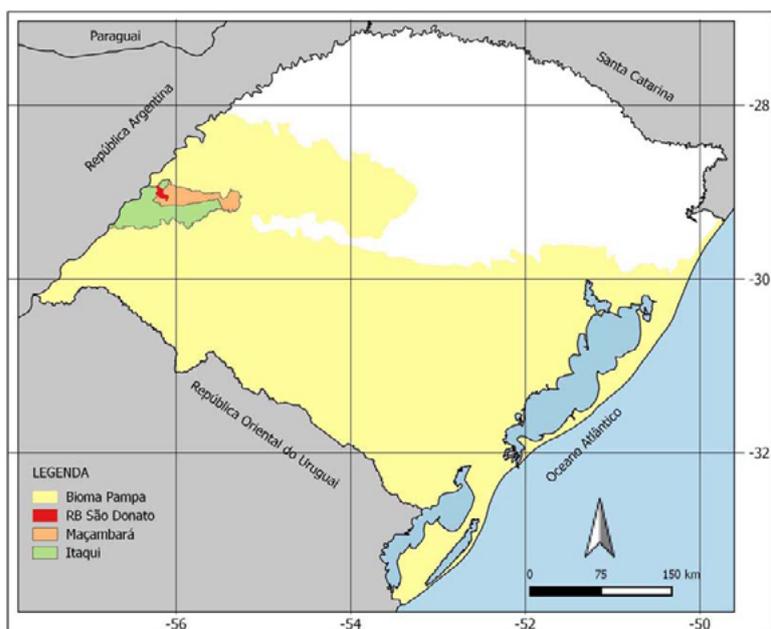


Figura 1 – Localização da área de estudo.

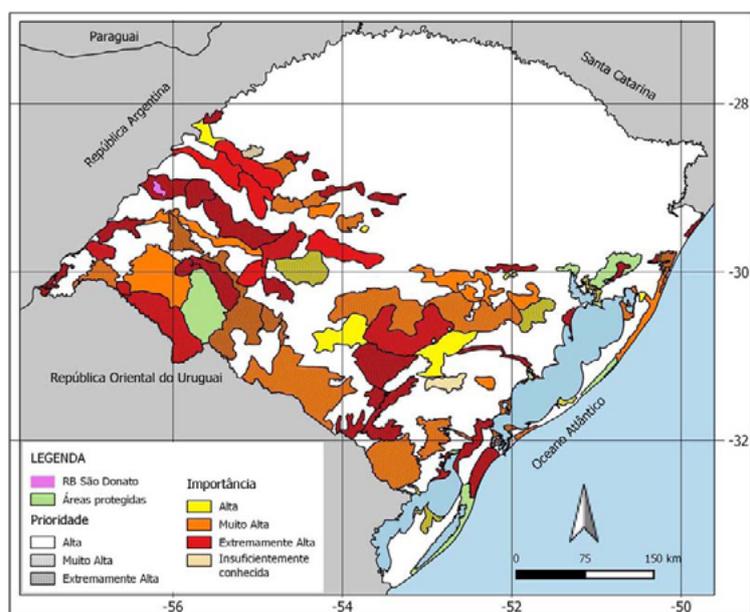


Figura 2 – Áreas prioritárias e sua importância para a conservação do bioma Pampa, Fonte: MMA (2007)

4. Material e métodos

Para o desenvolvimento do presente estudo, realizou-se um levantamento inicial de dados cartográficos históricos que pudessem dar suporte à definição dos limites do banhado do São Donato. Neste sentido, a análise partiu das cartas topográficas em escala 1:50.000 elaboradas pela

1ª Divisão de Levantamentos do Exército Brasileiro, a partir de voo aerofotogramétrico datado de 1975. Os dados básicos das cartas (hidrografia e sistema viário) foram vetorizados por Hasenack & Weber (2010) e os demais dados de interesse (banhados, uso do solo e área de mata ciliar) foram vetorizados pela equipe que desenvolveu o presente estudo. A área total definida para as análises necessárias é a representada pela **Figura 3**.

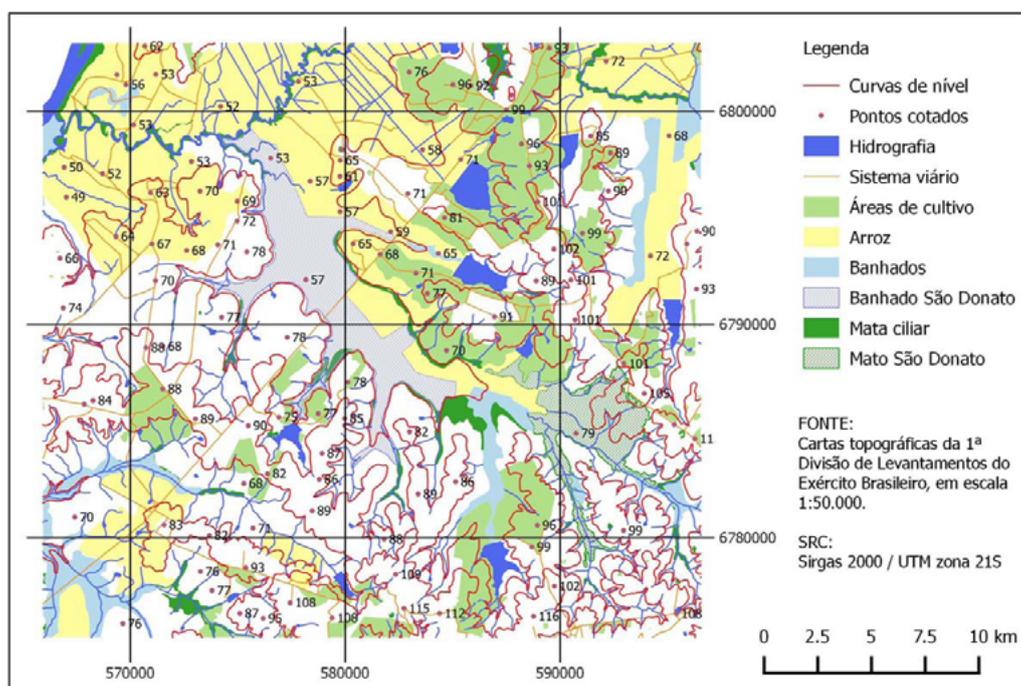


Figura 3 – Mapa de uso do solo da área em análise conforme cartas topográficas de 1975

Os procedimentos de geoprocessamento e cartografia necessários à execução do presente estudo foram realizados com o uso do sistema de informações geográficas QGIS, um sistema geoespacial livre e aberto, amplamente disseminado entre os usuários de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Com o uso desta ferramenta torna-se possível aplicar as geotecnologias para atingir os objetivos proposto pelo presente estudo.

Foram utilizados como subsídios à análise morfométrica da área, dados de radar da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) tratados pelo projeto Topodata do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (Valeriano, 2005), os quais são compatíveis com a escala 1:50.000. Os dados utilizados foram às imagens de relevo sombreado, as imagens de declividade conforme classificação da Embrapa e as imagens de altitude. O relevo sombreado foi utilizado como elemento de análise visual do terreno, em especial para considerar a identificação das áreas mais deprimidas e de possível abrangência do banhado. Por sua vez, as imagens de altitude permitiram a extração das curvas de nível utilizadas para o refinamento da proposta final apresentada pelo estudo em questão.

Com o intuito de apresentar a evolução do uso e cobertura da terra da região do banhado São Donato, considerando como dados iniciais os extraídos das cartas topográficas, foram utilizadas imagens da constelação de satélites RapidEye, quadrantes 2125717 e 2125718, de 30/08/2013, 2125617, de 07/10/2013 e 2125618, de 19/08/2013, disponíveis no GeoCatálogo do Ministério do Meio Ambiente. As imagens dos referidos satélites possuem resolução espacial de 5 metros e suas características espectrais estão representadas na **Figura 4**. Cabe salientar que a evolução do uso e cobertura da terra a que nos referimos, está associada a área do banhado e seu entorno, não sendo gerado um mapa de uso propriamente dito, mas sim, uma interpretação

visual da imagem para auxiliar no processo de identificação dos limites a serem sugeridos para a unidade de conservação em questão.

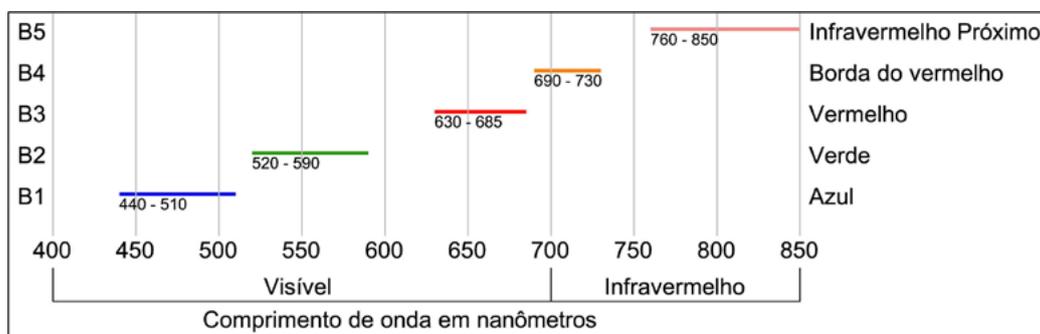


Figura 4 – Características espectrais das imagens dos satélites RapidEye

As características das bandas espectrais da constelação de satélites mencionada (**Figura 4**) atuam nos tradicionais canais da região do visível (bandas 1, 2 e 3) e do infravermelho próximo (banda 5). A inovação está na região de transição entre o vermelho e o infravermelho, denominada de borda do vermelho (banda 4). Com o uso desta banda nas composições coloridas é possível dar destaque a alguns elementos da vegetação, auxiliando assim na identificação de determinados alvos.

Com o intuito de identificar qual a composição colorida que apresenta o melhor contraste entre os elementos presentes na área selecionada, tendo em vista o objetivo estabelecido para o presente trabalho, foram testadas as composições descritas na **Tabela 1** e representadas pela **Figura 5**. A partir do uso conjunto destas composições, foi possível apresentar uma proposta de delimitação para a REBIO do São Donato.

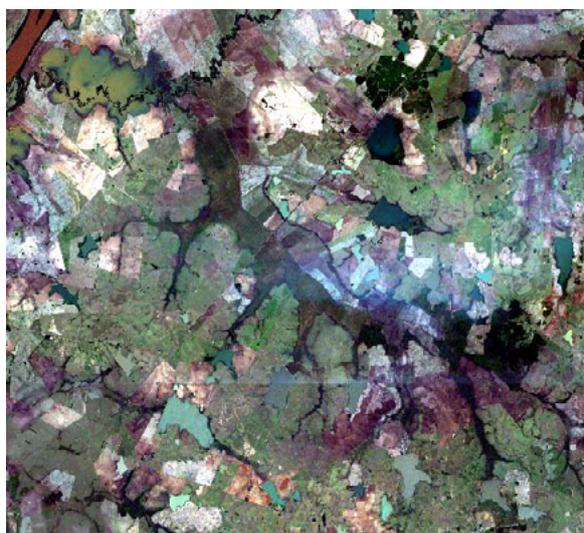
De posse dos dados mencionados, devidamente organizados dentro do ambiente SIG selecionado, foi possível proceder com a delimitação da proposta da REBIO do banhado do São Donato.

Cabe mencionar, considerando a aplicabilidade da proposta apresentada pelo presente artigo, que ela poderá ser utilizada como subsídio para a definição de reservas biológicas no âmbito do Pantanal e da sua bacia. Justifica-se esta possibilidade uma vez que a proposta foi elaborada a partir de uma área que possui características similares as do Pantanal, por se tratar de uma área úmida com concentração de determinados volumes de água durante todo o ano.

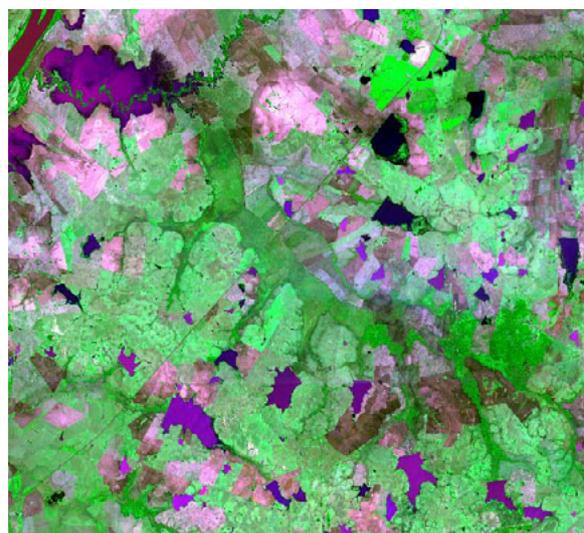
Tabela 1 – Composições coloridas testadas

Composição	Características
3-2-1	Composição em cores reais, permitindo uma boa identificação visual das áreas de solo exposto. A área de interesse aparece em tonalidades de verde escuro, permitindo a sua identificação. O mato do São Donato pode ser identificado pela sua coloração e rugosidade, na porção leste da imagem.
3-5-2	Pelos seus comprimentos de onda é uma das composições mais utilizadas para mapeamentos de uso do solo. As áreas com presença de lâminas d'água aparecem bem distintas das demais áreas. O solo exposto pode ser identificado pelas suas tonalidades claras e a vegetação, em diferentes tons de verde, permite a análise da sua estrutura, inclusive a presença de umidade.

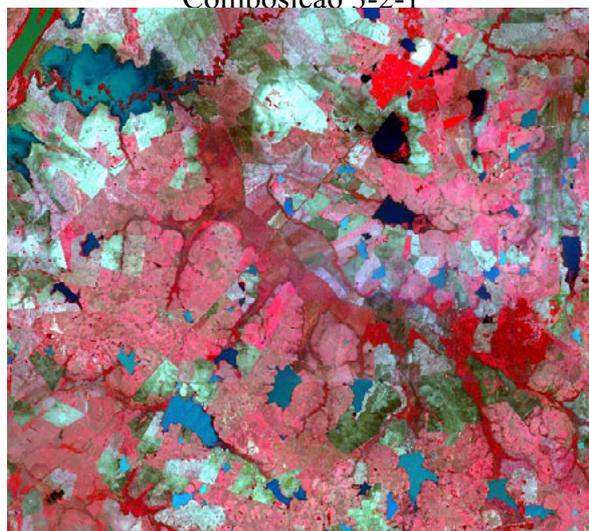
5-3-2	Conhecida como composição falsa-cor, retrata a vegetação em tons de vermelho, aumentando o seu contraste com as áreas de solo exposto.
5-4-3	Esta composição é possível em função da banda 4, que traz o comprimento de onda da borda do vermelho, ou seja, a região de transição do vermelho para o infravermelho, na qual se localiza o degrau de reflectância da vegetação. É possível observar de forma nítida a diferença entre as lâminas d'água, o solo exposto e a vegetação nos seus diferentes estágios. A diferenciação entre as lavouras de arroz e a área do banhado São Donato é perceptível, e o realce para as áreas de mato é significativo.



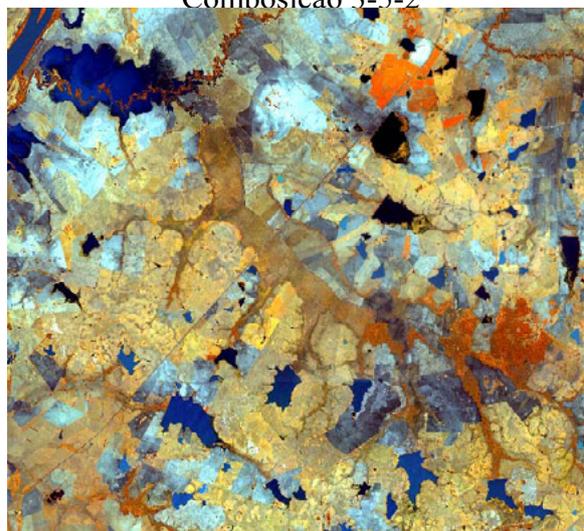
Composição 3-2-1



Composição 3-5-2



Composição 5-3-2



Composição 5-4-3

Figura 5 – composições coloridas testadas

5. Resultados e discussão

A análise da documentação cartográfica permite verificar que, já no ano de 1975 (**Figura 3**), havia a ocupação de áreas pertencentes ao banhado com lavouras de arroz, uso este que se

intensificou, com o passar dos anos e, acabou reduzindo a área do banhado, como pode ser observado na **Figura 6**, que mostra o comparativo entre as manchas do banhado para os anos de 1975 e 2013. Por sua vez, a área de cobertura florestal conhecida como Mato São Donato, também sofreu interferência através de processos de desmatamento para conversão em áreas de lavoura, pastagem e construção de barragens. Com relação ao comparativo dos dados apresentados, há que se mencionar que para o ano de 2013 o refinamento é maior em função da escala original dos dados, o que faz com que se verifique a presença de áreas mais estreitas e sinuosas (maior detalhamento) no resultado final da vetorização apresentada. Os dados de 1975 foram gerados a partir de fotografias aéreas em escala 1:60.000, em preto e branco e os dados de 2013 foram gerados a partir de imagens de satélite com 5 metros de resolução espacial com 5 bandas espectrais, permitindo diferentes composições coloridas.

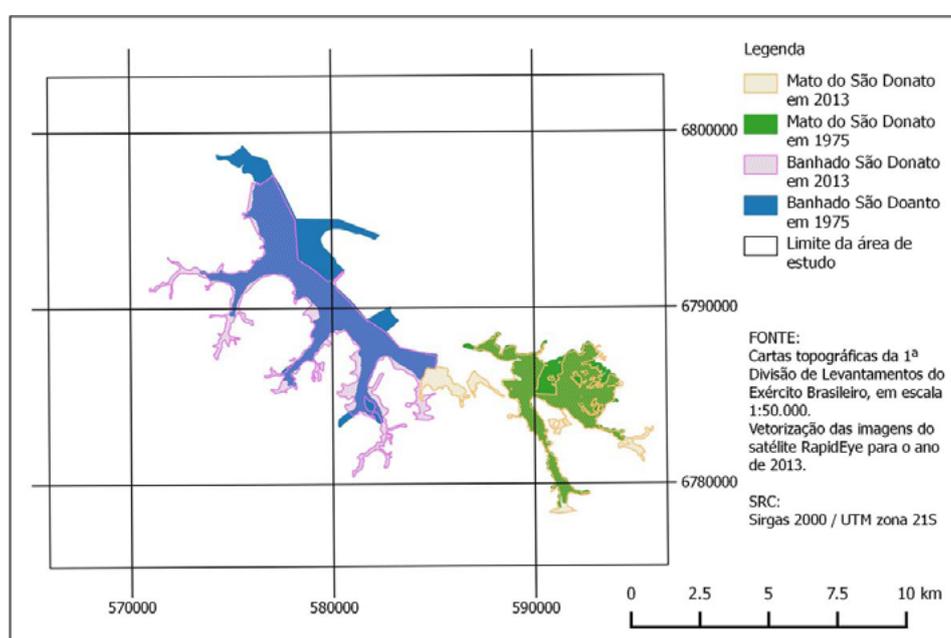


Figura 6 – Comparativo entre as delimitações do Banhado de São Donato e do Mato de São Donato para os anos de 1975 e 2013

Retomando os dados apresentados pela **Figura 2**, verifica-se que a área na qual se localiza o banhado de São Donato é considerada como sendo de Extremamente Alta importância e prioridade Muito Alta para a conservação do bioma Pampa. Considerando tal enquadramento, optou-se por delimitar a partir das imagens de satélite em uso, a área que, a partir de suas características visuais, representasse áreas que demonstrem a totalidade do banhado, das áreas que foram convertidas em lavouras de arroz, o mato de São Donato e a conexão entre todos estes elementos, além da mata ciliar.

Como resultado, obteve-se a proposta de delimitação da REBIO de São Donato, conforme apresentado pela **Figura 7**. O referido polígono conta com uma área de 124,77 km². Com relação a sua área, o único dado existente até o presente momento, é a estimativa apresentada pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007), em conjunto com os resultados do mapeamento das áreas prioritárias e sua importância para a conservação do bioma Pampa. De acordo com os dados apresentados, a área estimada da REBIO seria de 135,24 km², aproximando-se dos dados propostos pelo presente estudo.

De acordo com os dados sistematizados na **Tabela 2**, observa-se que, dos 124,77 km² de área total da proposta de delimitação da REBIO, 30,11% são remanescentes do banhado,

25,50% referem-se ao mato de São Donato e a outros remanescentes florestais a ele conectados bem como áreas de mata ciliar, e os restantes 49,46% são áreas atualmente ocupadas com atividades agrícolas, com predominância da cultura de arroz e de pastagens para a pecuária.

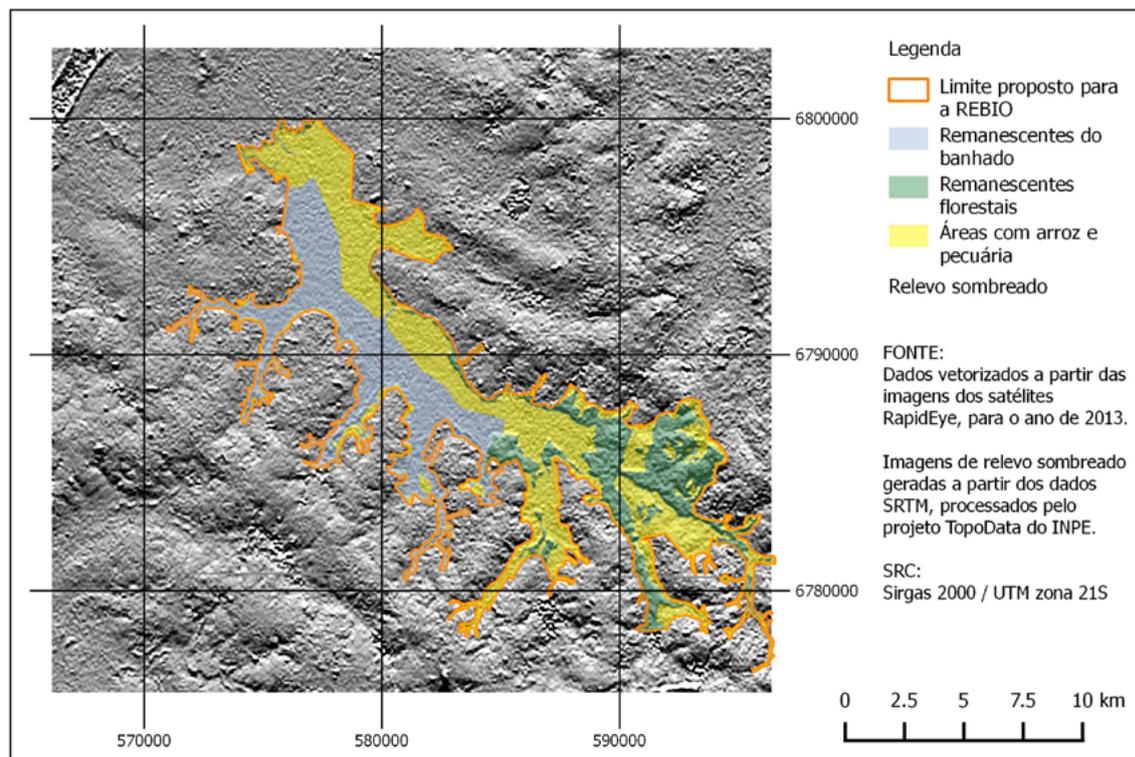


Figura 7 – Proposta de delimitação inicial da REBIO de São Donato

Tabela 2 – Dados de área da proposta da REBIO de São Donato

Categoria	Área (hectares)	Área (km²)	%
Área total da proposta	12477,18	124,77	100,00
Remanescentes do banhado	3756,96	37,57	30,11
Remanescentes florestais	2550,20	25,50	20,43
Outros usos	6170,02	61,70	49,46

Fonte: elaboração dos autores a partir dos dados cartográficos produzidos.

Contudo, na presente proposta não foram considerados elementos como as zonas tampão ou zonas de amortecimento da REBIO nem a sua largura mínima, considerando a necessidade das espécies para a sua manutenção. Tais elementos deverão ser avaliados por ocasião da elaboração do estudo de implementação da REBIO.

6. Conclusões e sugestões

O comparativo entre os dados utilizados demonstrou um resultado satisfatório quanto à identificação do avanço das atividades agrícolas sobre a área do banhado de São Donato. A utilização das imagens de satélite e dos dados de relevo, em especial a representação do relevo sombreado, permitiram estabelecer uma proposta inicial de perímetro para a REBIO de São Donato, considerando as áreas de banhado e de cobertura florestal e sua interconexão, com o intuito de subsidiar os órgãos responsáveis na efetiva implementação da reserva.

Sugere-se que o processo de discussão com os atores envolvidos seja democrático e justo, promovendo a justiça social e ambiental, buscando assegurar, assim, que se possa chegar a um

processo efetivo de implantação da REBIO. Dessa forma, cabe mencionar que os direitos de todos (população, proprietários e do meio) devam ser garantidos, como menciona a Constituição Federal do Brasil. Por fim, há que se considerar no modelo a ser adotado, a possibilidade do uso sustentável das áreas que assim o permitirem.

7. Referências

- Beskow, P. R. **O arrendamento capitalista na agricultura: evolução e situação atual da economia do arroz no Rio Grande do Sul.** São Paulo: Hucitec; Brasília: CNPq, 1986.
- Brito, M. C. W. de. **Unidades de conservação: intenções e resultados.** São Paulo: Annablume, Fapesp, 2000.
- Daronch, M. C. et al. O impacto da rizicultura e pecuária sobre os banhados do Jacaré e Grande – município de São Borja/RS. In: **VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology.** Goiânia, 2006.
- Hasenack, H.; Weber, E. (org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul – escala 1:50.000.** Porto Alegre: UFRGS-IB-Centro de Ecologia, 2010.
- IBGE. **Levantamento de Recursos Naturais:** projeto RADAMBRASIL. Rio de Janeiro: IBGE, 1986.
- IBGE. **Mapa da vegetação do Brasil e Mapa de Biomas do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Mapa. Escala 1:5.000.000. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 24 de mar. de 2016.
- Mello, L. P. **Percepção da paisagem e conservação ambiental no Banhado Grande do Rio Gravataí (RS).** Tese (doutorado). Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. São Paulo: USP, 1998
- MMA. **Portaria nº 9, de 23 de janeiro de 2007.** Brasília: Diário Oficial [da] União, 24 de jan. de 2007.
- Rio Grande do Sul. **Decreto nº 23.798, de 12 de março de 1975.** Cria Parques Estaduais e Reservas Biológicas, e dá outras providências. Porto Alegre: Governo do Estado do RS, 1975.
- SEMA. **Unidades de conservação: proteger os ecossistemas é conservar a biodiversidade.** Porto Alegre: SEMA, 2009.
- Soares, E. S. et al. **Plano de ação nacional para a conservação de aves de rapina.** Brasília: ICMBIO, 2008. Disponível em <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/panaverapina.pdf>. Acessado em 28 de mar. de 2016.
- Suertegaray, D. M. A.; Silva, L. A. P. da. Tchê Pampa: histórias da natureza gaúcha. In: Pillar, V. de P.; et al. (eds.) **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009.
- Valeriano, M. M. Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia, GO. **Anais...**, 2005. p. 2595-2692.
- Vieira, L. de F. dos S. **A valoração da beleza cênica da paisagem do bioma pampa do Rio Grande do Sul: proposição conceitual e metodológica.** Tese (doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Porto Alegre, RS, 2014.



Modelagem de carta geotécnica de erodibilidade do município de Chapada dos Guimarães no Mato Grosso

Wesley Albano da Silva
Cristovam Albano da Silva Junior
Marcio Antunes da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Campus Cuiabá – Octayde Jorge da Silva
Rua Professora Zulmira Canavarros, 93 – Centro Norte
78605-200 – Cuiabá – MT – Brasil
wesleyalbano@hotmail.com
{cristovam.silva, marcio.silva} @cba.ifmt.edu.br

Resumo: Este trabalho apresenta uma proposta de modelagem da suscetibilidade a erosão para todo o perímetro do município de Chapada dos Guimarães, localizado no Estado de Mato Grosso e na região central da América do Sul. A proposta compreende o uso de cartografia digital, técnicas de geoprocessamento, sistema de informação geográfica, mapeamento geotécnico, em escala 1:100.000 para elaboração de mapas temáticos e posterior ponderação dos pesos internos inerentes a cada categoria. Para a elaboração do mapa final utilizou-se o procedimento de ponderação dos atributos de uso e ocupação do solo, geologia, tipos de solos e declividade. A modelagem final comparou 2 combinações diferentes de pesos para os distintos mapas. A partir da integração das informações contidas nesses mapas, obteve-se as cartas derivadas e a carta de Condições de Erodibilidade, com a qual é possível identificar regiões onde a ação antrópica pode ocasionar situações de assoreamento em córregos e rios de parte da bacia do Pantanal.

Palavras-chave: mapeamento geotécnico, susceptibilidade erosiva, geotecnologia.

Abstract: This paper presents a proposal for erosion susceptibility modeling for the entire perimeter of Chapada dos Guimarães County, in the state of Mato Grosso, South America central region. The proposal includes the use of digital mapping, GIS techniques, geographic information system, geotechnical mapping in scale 1: 100,000 for preparation of thematic maps and subsequent weighting of internal weights attached to each category. To prepare the final statement used the weighting procedure of the attributes of use and occupation soil, geology, soil types, and declivity. The final modeling compared 2 different combinations of weights for the different maps. From the integration of information contained in those maps, we obtained the derived maps and the map of Erodibility Conditions, in which you can identify areas where anthropic action can lead to situations of siltation in some streams and rivers of part of Pantanal basin.

Keywords: geotechnical mapping, erodibility, geotechnology.

1 – Introdução

O mapeamento geotécnico caracteriza-se como um processo destinado a investigação e avaliação geológico-geotécnica. Portanto, não está relacionado a uma finalidade isolada. Exige sempre um grupo de atributos ligado a um fim específico (por exemplo: erodibilidade e escavabilidade) ou para multifinalidades.

Zuquette (1987) define o mapeamento geotécnico como um processo que tem por finalidade básica levantar, caracterizar, classificar, avaliar e analisar os atributos que compõem o meio físico, sejam geológicos, hidrogeológicos, hidrológicos e outros. Tais informações deverão ser produzidas de maneira tal que possam ser utilizadas para fins de engenharia, planejamento, agronomia, saneamento, avaliações ambientais e outros. As informações devem ser tratadas através de processos de seleção, generalização, adição e transformação, para que possam ser relacionadas, correlacionadas, interpretadas e, ao final, representadas em mapas, cartas e anexos descritivos.

Segundo Varnes (1974), o documento cartográfico-geotécnico, deve facilitar as resoluções dos problemas referentes à engenharia ou ao planejamento, ou para qualquer outro fim que demande por informações geotécnicas. As informações devem ser obtidas e analisadas por um grupo de profissionais, ou por um profissional, com experiência nas áreas exigidas para atingir o objetivo do mapeamento.

Muitas metodologias de mapeamento geotécnico foram desenvolvidas pós 2ª guerra mundial, abordando aspectos gerais ou específicos. Zuquette (1984), cita como as principais metodologias a espanhola (CEOTMA), a canadense (ARDA), a Suíça (KIEFER) e as Francesas (ZERMOS e SANEJOUAND). Também a antiga U.R.S.S. desenvolveu uma metodologia, que apresentou um elevado número de trabalhos geotécnicos realizados principalmente nas escalas entre (1: 100.000 e 1: 500.000), assim como em escala maiores (1: 25.000 a 1: 50.000) ou menores (1: 1.000.000) dependendo do conhecimento geológico existente sobre a região e da sua importância econômica, observando que mapas na escala (1: 2.500.000) já foram compilados e publicados. No Brasil, em proposta metodológica de mapeamento geotécnico para as condições brasileiras, Zuquette (1987) também coloca os mapas em escala 1: 100.000 como documentos com finalidades regionais, representando a transição para os mapas gerais.

Outra constatação feita com a análise dos diversos trabalhos consultados é que os mapas e cartas produzidos na escala 1: 100.000 são importantes, muito utilizados e confeccionados na maioria dos países que usam os processos de mapeamento geotécnico para a caracterização do meio físico. Assim, busca-se neste trabalho definir os atributos fundamentais, como obtê-los e como apresentar as informações em mapeamentos na escala 1: 100.000.

Com base em outras sistemáticas, Zuquette (1987) propôs a apresentação das informações em: Mapas das Condições Geotécnicas, onde as informações são apresentadas sem a separação em unidades homogêneas, sendo os mais indicados para os mapas de escalas gerais; Mapas

de Zoneamento Geotécnico Geral, que representam as condições do meio físico através de unidades homogêneas, não considerando uma finalidade específica; e Mapas de Zoneamento Geotécnico Específico, onde as unidades homogêneas são caracterizadas em função de uma finalidade específica. São indicados para escalas maiores que 1:50.000.

Carnap (1962) apud Zuquette (1987), agrupou propriedades e relações num termo que denominou atributo. Ele significa a informação fundamental selecionada para a realização de um mapeamento. Um único atributo ou grupos deles forma uma unidade, que é a base para a análise de uma área. Atributo é o elemento básico que será inserido e operado sobre um documento cartográfico como informação que representa parte dos componentes do meio físico. Assim um atributo isolado é a informação que pode ser identificada, caracterizada e classificada. É fundamental entender que atributo é informação elementar que necessita de uma descrição completa.

Outro importante conceito para o trabalho proposto é o de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), que evoluiu nos últimos anos. Burrough (1996) apud Miranda (2010) definiu SIG como um sistema (automatizado) de coleta, armazenamento, manipulação e saída de dados cartográficos. Tais sistemas já existiam bem antes do aparecimento do computador e do consequente desenvolvimento de sistemas computacionais. Os SIGs evoluíram a partir de séculos de produções de mapas e da compilação de registros geográficos.

A evolução do conceito de SIG se relaciona com as diferentes áreas de pesquisa que contribuíram para o seu desenvolvimento como informática, que enfatiza a ferramenta banco de dados ou linguagem de programação; geografia, que o relacionam a mapas, e outro que ainda enfatizam aplicações como suporte a decisão.

O uso de tecnologias como o geoprocessamento e o Sistema de Informação Geográfica (SIG) pode contribuir de maneira significativa no avanço da avaliação, e quantificação em números, do processo de erodibilidade nas chapadas e planaltos que cercam o pantanal, ou mesmo de qualquer outro bioma, inclusive o próprio pantanal.

A **Figura 1** Representa a definição de SIG como sistema informatizado na maioria das literaturas (Bonham-Carter,1997; Fischer; Nijkamp,1993; Marble,1990 Apud Miranda, 2010). Para os autores que fazem parte dessa categoria, a melhor definição de SIG seria um sistema de computador que coleciona, edita, integra e analisa informação relacionada a superfície da terra. Ou ainda, um conjunto de programas de computador sofisticado contendo quatro subsistemas: Entrada de dados; Armazenamento e recuperação de dados; Manipulação e análise de dados espaciais; e Saída de dados

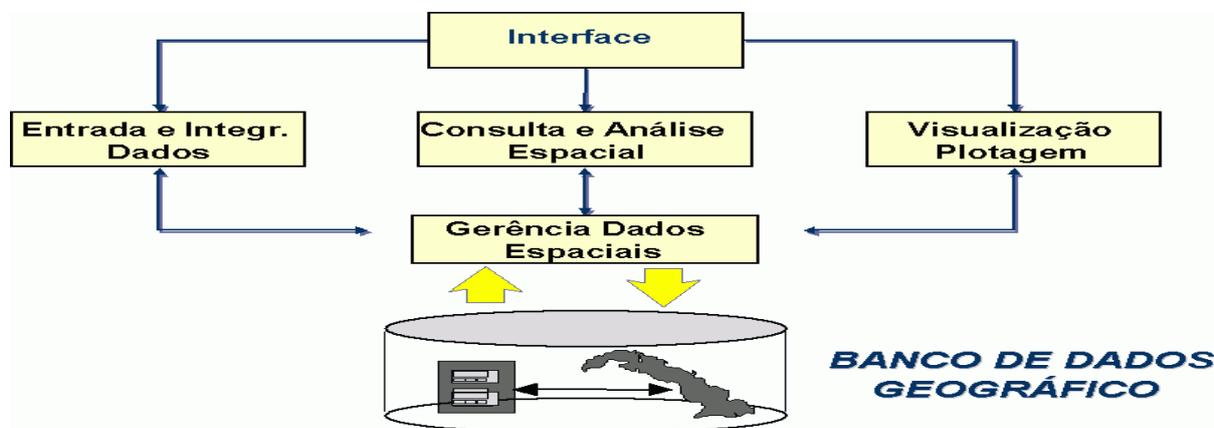


Figura 1. Representação de um SIG

2 - Objetivo

O objetivo desse trabalho foi experimentar uma metodologia, que propunha a modelagem de regiões em ambiente SIG na escala de 1: 100.000, a acerca da susceptibilidade a erosão, partindo das variáveis: Geologia, Solos, Uso e Ocupação e Declividade da área do município de Chapada dos Guimarães previamente coletados. Também foi objetivo, experimentar a visualização do mapa gerado em uma escala de 1:750.000.

3 - Material e Métodos

As recorrentes tragédias geotécnicas que vêm abatendo a área do município de Chapada dos Guimarães, principalmente na área do Parque Nacional de Chapada dos Guimarães que é uma unidade de conservação, com área de 33.000 hectares ou 330km², criado no ano de 1989 através de Lei Federal Decreto nº 97.656 de 12/04/89 e administrado pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Exemplo de Tragédia ocorrida em 22 de abril de 2008 vitimando um grupo de trinta turistas segundo o Site: <http://noticias.gospelmais.com.br/>, leva a consciência geral sobre a importância em se ter em conta as características de mapas geológicos e geotécnicos dos terrenos na regulação técnica do uso do solo de toda a área do município, isso favoreceu na escolha deste município como área de estudo.

A área em estudo corresponde a área total do município de Chapada dos Guimarães, situada em um retângulo envolvente de coordenadas E: (584.928,10 e 724.698,10) e S: (8.388.525,69 e 8.269.995,69), SIRGAS 2000_UTM_21S, no Planalto de Guimarães, com aproximadamente 6.257 km² de extensão ou 0,69% da área do estado de Mato Grosso. O Shapefile dos municípios de Mato Grosso foi extraído através do portal eletrônico da Secretaria de Planejamento do Estado de Mato Grosso através do sistema Seplan (diagnóstico socioeconômico ecológico de Mato Grosso) e pode ser observado na **Figura 2**.

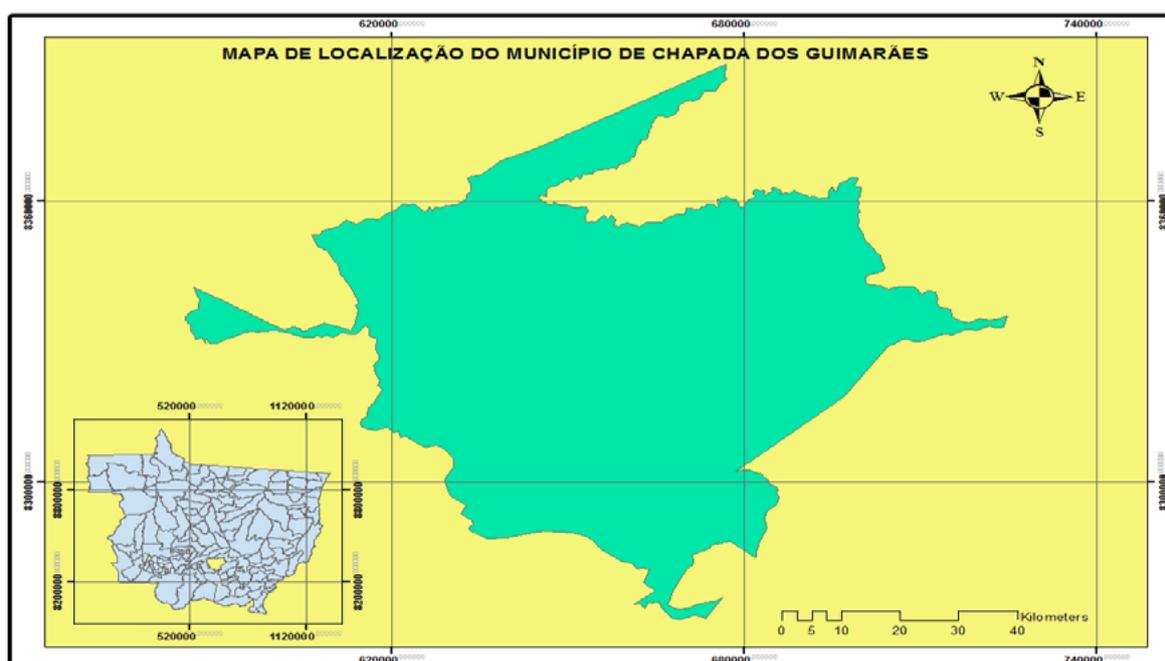


Figura 2. Perímetro total do município de Chapada do Guimarães – MT.
Autoria própria.

Como já foi citado o presente trabalho foi desenvolvido no software Arcgis com o auxílio do tutorial Criando Mapas de Susceptibilidade Erosiva no Arcgis, criado por Silva (2011). A **Figura 3** mostra o fluxograma de criação de Mapas de Susceptibilidade Erosiva, com base nesse Tutorial.

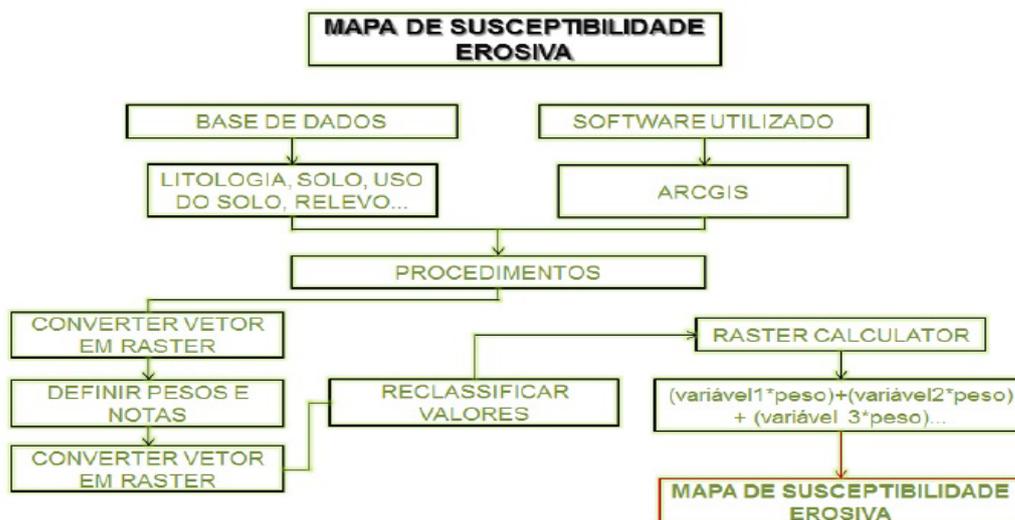


Figura 3. Fluxograma - Tutorial em SIG/ARCGIS

O banco de dados contendo as variáveis no formato vetorial usados no desenvolvimento do presente trabalho, foi elaborado pelo doutorando Márcio Antunes da Silva nos projetos de pesquisa do programa Dinter de Geotecnia firmado entre o IFMT e a UNB. Na **Figura 4** podem ser observadas as variáveis que integram o estudo.

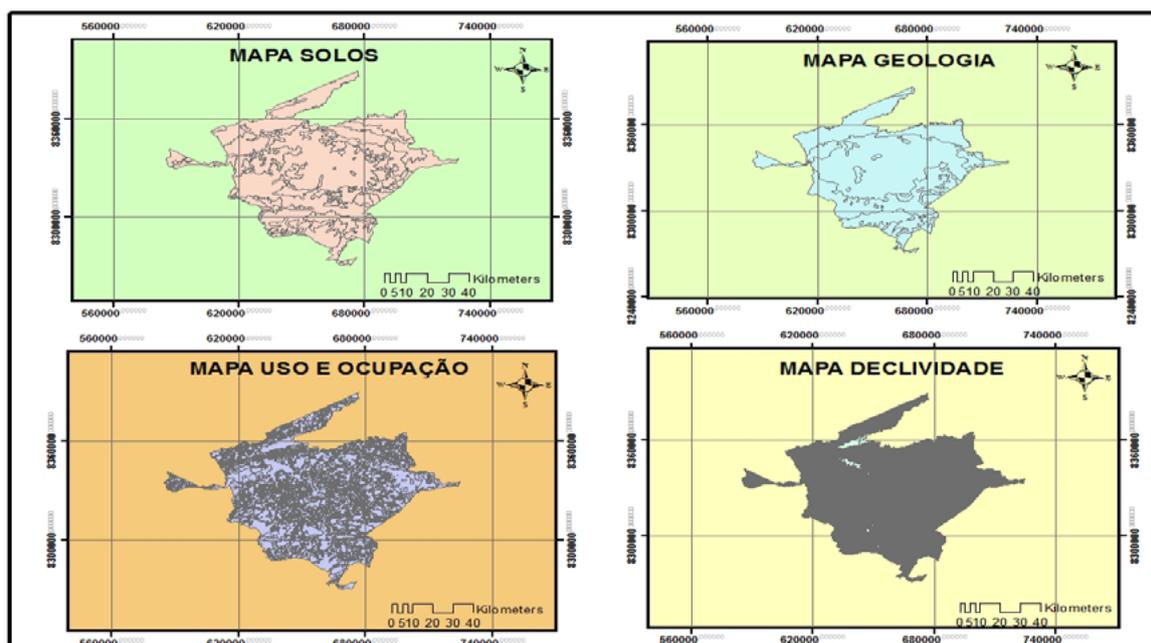


Figura 4. Variáveis que integraram o estudo.

Cada uma dessas variáveis foi inserida no software para serem convertidos de arquivos vetoriais para matriciais. A **Figura 5** abaixo mostra um exemplo desta conversão.

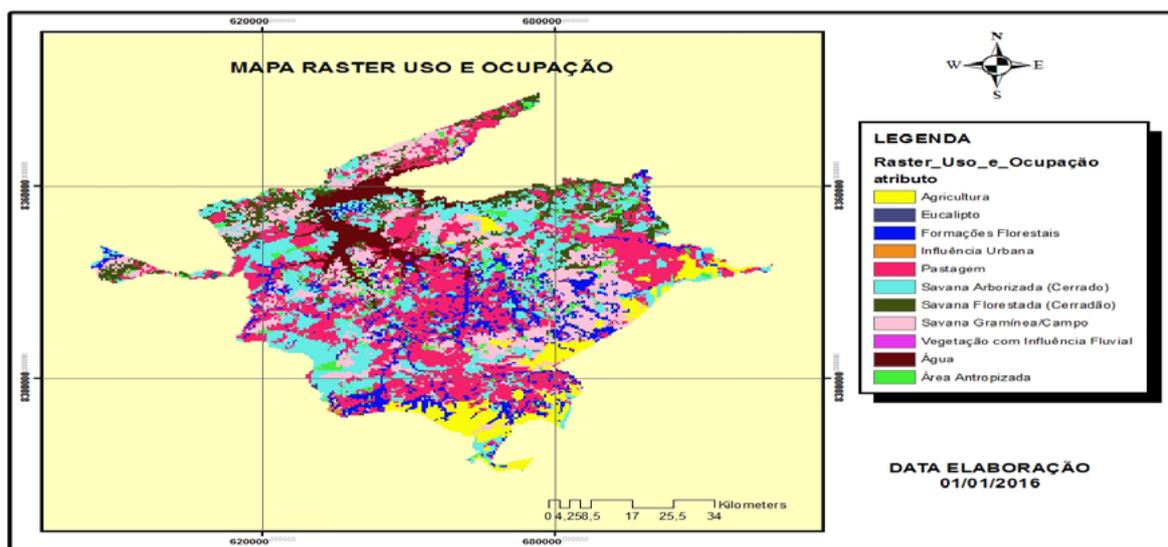


Figura 5. Exemplo de variável vetorial transformada em arquivo matricial.

Com a ajuda de um profissional da área de geologia foram definidos pesos que variaram de 0 – 100% (0-1) para cada variável de modo a diferenciar o grau de importância e correlação com o fenômeno em questão (susceptibilidade erosiva), e notas de 1 a 10 para cada componente de legenda/atributos, de maneira que quanto maior a nota, maior a susceptibilidade erosiva.

A **Tabela 1** mostra os pesos e notas definidos respectivamente para as variáveis e atributos do presente trabalho.

Após ter convertido todas as variáveis no formato vetorial para o formato matricial foi necessário reclassificar os valores/informações da coluna da tabela de atributos selecionada como mostra a **Figura 6**.

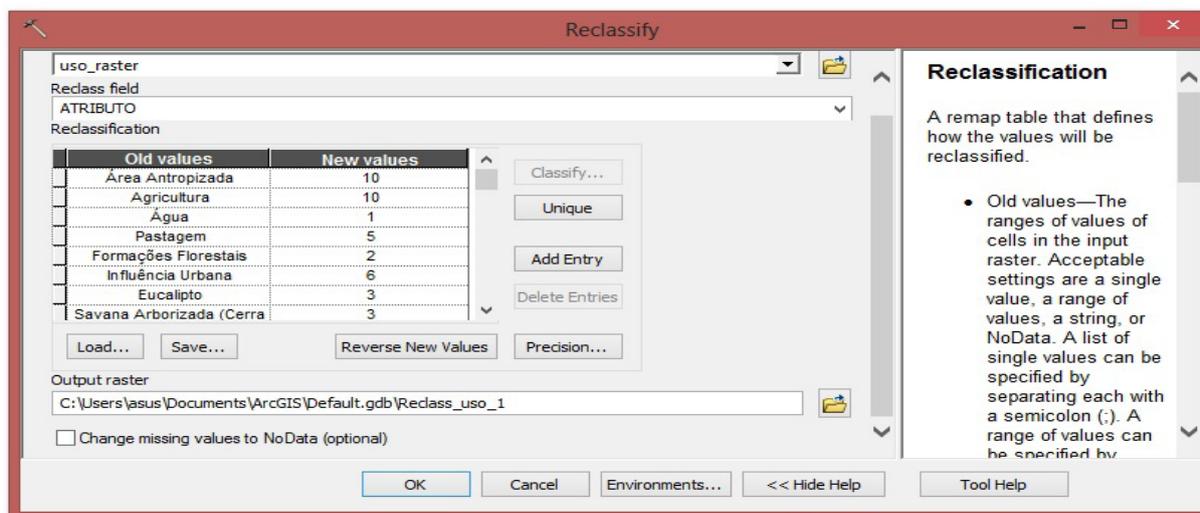


Figura 6. Procedimento para reclassificação

Tabela 1. Definição de pesos das variáveis

<i>Variáveis</i>	<i>Pesos</i>	<i>Atributos</i>	<i>Notas</i>
Uso e Ocupação	0,30	Eucalipto	3
		Área antropizada	10
		Influência vegetação	7
		Savana gramínea/campo	4
		Influência urbana	6
		Savana florestada	3
		Savana arborizada/cerrado	3
		Agricultura	10
		Água	1
		Savana arborizada/cerrado	3
		Pastagem	5
Geologia	0,20	Aluviões Atuais	4
		Cobertura distríticas Lateríticas	7
		Grupo Parecis Formação Utariti	8
		Grupo Parecis Formação Cachoeira do Bom Jardim	6
		Grupo Parecis Formação Salto das Nuvens	5
		Grupo Parecis Formação Paredão Grande	6
		Grupo São Bento Botucatu	8
		Grupo Paraná Formação Furnas	10
		Grupo Paraná Formação Ponta Grosso	8
		Grupo Alto Paraguai Formação Puga	4
		Grupo Alto Paraguai Formação Ara	4
Grupo Cuiabá	10		
Solos	0,15	Areia Quartzosas Álicas	10
		Cambissolo Álico	5
		Latossolo Vermelho Escuro	2
		Areia Quartzosas Distróficas	9
		Solos Litólicos Álicos	5
		Latossolo Vermelho-Amarelo	6
		Solos Concessionários Latossolo	8
		Glei pouco Húmido Distróficos	3
		Neossolos Quartizarênico	1
Declividade	0,35	0° - 2°	1
		2° - 5°	2
		5° - 12°	3
		> 12°	4

Após reclassificação é gerado novo arquivo vetorial, como é mostrado na **Figura 7**.

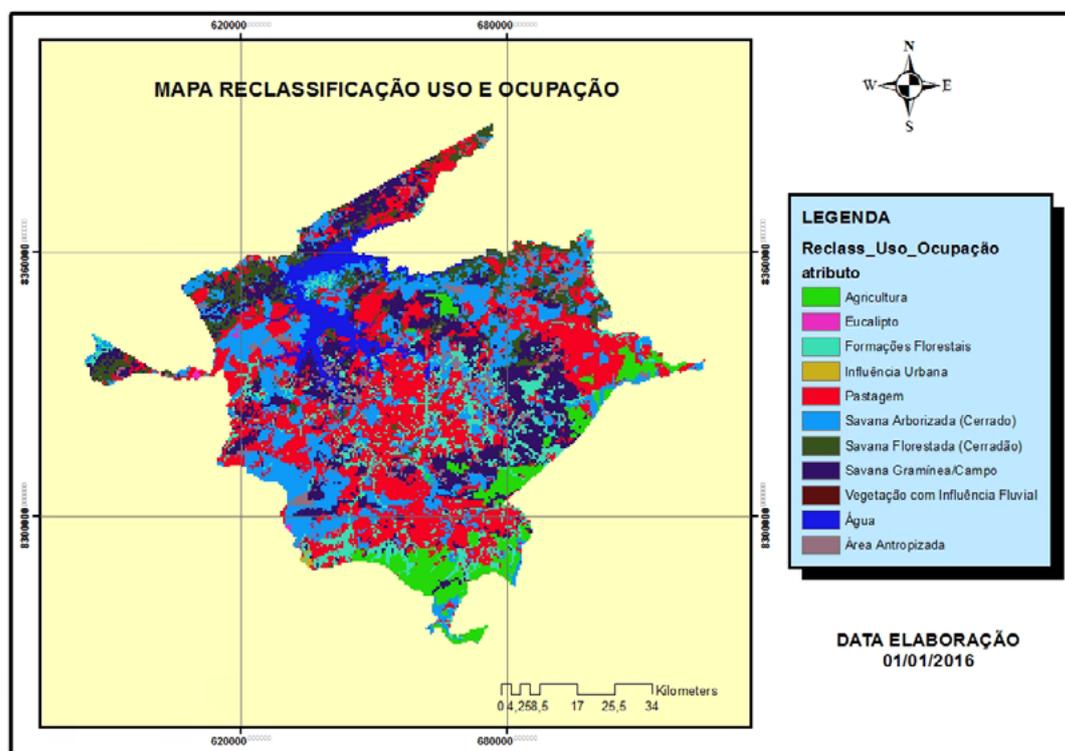


Figura 7. Exemplo de uma variável reclassificada.

A **Figura 8** mostra o procedimento para combinar as variáveis e criar o mapa de susceptibilidade a erosiva, que consiste na inserção no quadro branco, da equação: $(\text{reclass_decliv} * 0.35) + (\text{reclass_geo} * 0.25) + (\text{reclass_UsO} * 0.30) + (\text{reclass_solo} * 0.15)$, dando origem ao formato matricial.

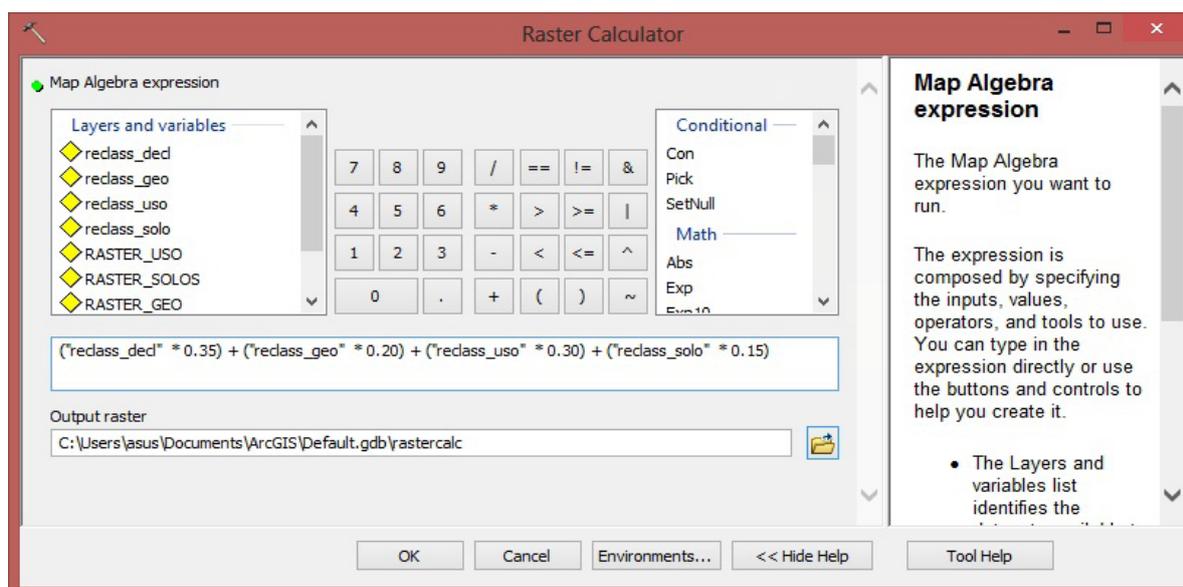


Figura 8. Exemplo para recalculas as variáveis e gerar o mapa de álgebra.

4 – Resultados e Discussão

A **Figura 9** mostra a carta gerada, associada à hidrografia da área do Município de Chapada dos Guimarães, onde se observa que a mesma atende a proposta metodológica e classifica o processo erosivo em três níveis distintos, baixo, médio e alto.

Essa carta mostra ainda, que as principais ocorrências da unidade de erodibilidade alta estão situadas no norte da Folha, onde embora não se desenvolva as declividades mais acentuadas, o solo apresenta características muito propícia a esses eventos, enquanto que a unidade de erodibilidade média, com predomínio sobre as outras, está distribuída por toda a área municipal. As ocorrências da unidade de baixa erodibilidade estão restritas aos setores com declividades baixas e fundo de vales.

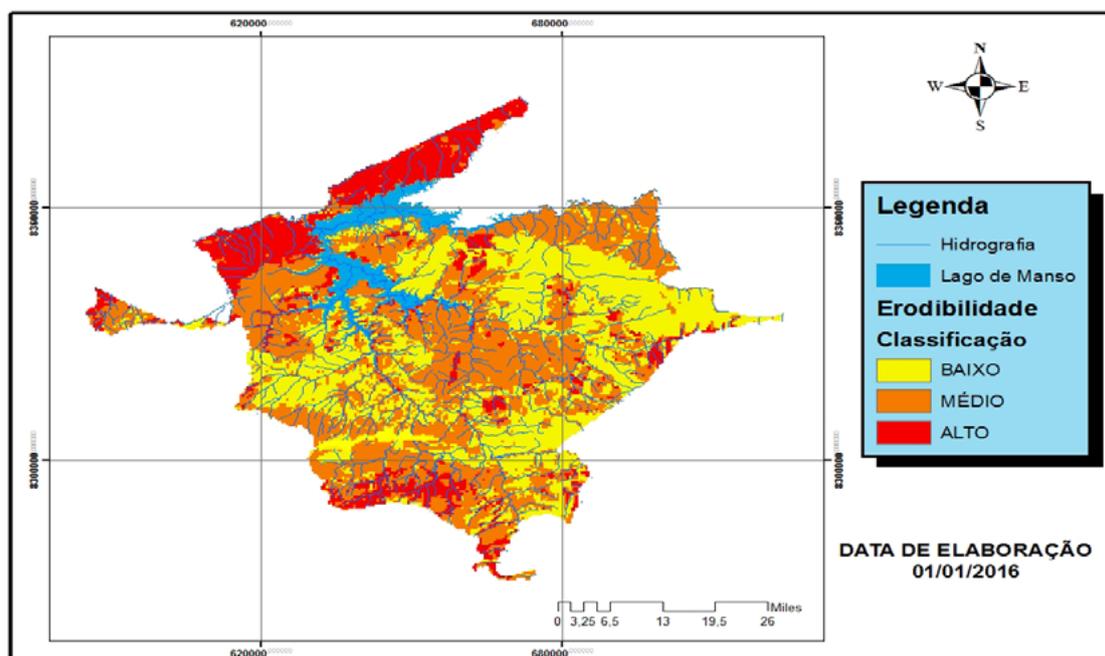


Figura 9. Mapa geotécnico de erodibilidade associado a hidrografia do município.

5 - Conclusão

Esse estudo gerou um banco de dados digital, para o município de Chapada dos Guimarães. Ferramenta essa de grande importância, pois o mapa de erodibilidade obtido pode ser usado, para uma melhor tomada de decisões dos gestores do município para com o seu uso. Há de se destacar que no município de Chapada dos Guimarães, objeto de estudo deste trabalho, estão localizadas nascentes de muitos córregos e rios que compõem a bacia do rio Cuiabá, importante rio do pantanal, que banha toda a baixada cuiabana, porta de entrada deste bioma no Mato Grosso. Estudos de erodibilidade das chapadas que circundam o pantanal podem desencadear ações preventivas que evitem o assoreamento dos rios que caracterizam a região pantaneira.

Há três classes definidas de suscetibilidade a erosão: baixa, média e alta. Deve-se atentar com suscetibilidade de erosão no uso das terras classificadas como de média e alta suscetibilidade, principalmente com relação à ação antrópica. Neste caso é importante preservar as coberturas naturais, uma vez que elas protegem os terrenos em declives mais elevados e sobre solos mais propícios a erosão. O caráter dinâmico das variáveis de erodibilidade implica a necessidade periódica de reformulação e atualização de dados por uma equipe de profissionais de

geotecnologia.

6 – Referências

Aguiar, R. L. **Análise do mapeamento geotécnico nos processos de gestão ambiental: bases conceituais para aplicação no Distrito Federal (DF)**. São Carlos, SP, 1994. 88p. Monografia - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo/USP.

Cerri, L. E. S.; Akiossi, A.; Augusto Filho, O. & Zaine, J. E. Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração com o emprego do método de detalhamento progressivo. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA**, 8, 1996, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, ABGE, v.2, p.537-548.

Mato Grosso – SEPLAN – Secretaria de Estado de Planejamento – DSEE/MT – Diagnóstico Socioeconômico Ecológico do Estado de Mato Grosso.

Miranda, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. 2ª ed. rev. atual. – Brasília, DF: Embrapa informações tecnológicas, 2010.

Nascimento, P. S. R. **Avaliação de técnicas de segmentação e classificação em imagens Landsat-TM visando o mapeamento de unidades de paisagem na Amazônia**. São José dos Campos. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. 1997. 120p.

Silva, A. de B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: Conceito e Fundamentos**. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2003. 29p e 98p.

Silva, V. C. B. **Criando Mapa de Susceptibilidade Erosiva no ARCGIS (Tutorial)**. Disponível em: <http://andersonmedeiros.com/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=53>, Acesso em: 24/11/2015 .

Silva, V. C. B.; Machado, P. de S. SIG na Análise Ambiental: Susceptibilidade Erosiva da Bacia Hidrográfica do Córrego Mutuca, Nova Lima – Minas Gerais. **Revista de Geografia (UFPE)** V. 31, No. 2, 2014.

Tavares, K. A. da S.; Ferreira Neto, J. V. Análise Espacial da Susceptibilidade Erosiva na Bacia Hidrográfica do Pratagy, Alagoas. **XI – Encontro Nacional da ANPEGE: A Diversidade da Geografia Brasileira: Escalas e Dimensões da Análise e da Ação**. 09 a 12 de Outubro de 2015. Presidente Prudente/SP.

Varnes, D. J. **The logic of engineering geological and related maps: a discussion of the definition and classification of map units, with special references to problems presented by maps intended for use in civil engineering**. Professional Paper 837, U.S. Geological Survey, 1974. 48p.

Zuquette, L. V.; Gandolfi, N. Contribuição a cartografia geotécnica da grande Cuiabá – MT. In: **Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia**, 4. Belo Horizonte. Anais. 1984. v. 2, p.109-118.

Zuquette, L. V. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras**. São Carlos, SP, 1987. Tese de Doutorado - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo/USP.



Mapa para análise visual espaço-temporal em design de simulação de cheia no Pantanal

Arthur Emmanuel de Medeiros Nóbrega ¹
Beatriz Lima de Paula Silva ²

^{1,2}Programa de Pós-Graduação em Estudos Fronteiriços – Nível Mestrado
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
Câmpus do Pantanal – CPAN
Unidade III - “Alfândega”

R. Domingos Sahib, 99 - Cervejaria
79300-130 - Corumbá - MS, Brasil
¹arthurarquitecto@yahoo.com.br
²beatriz.paula@ufms.br

Resumo. A área de conhecimento da Cartografia associada aos recursos digitais tem feito avançar a análise visual. Este artigo parte da experimentação em que se propôs combinar ferramentas de dados fornecidos por satélites com descrições da ação de elevação de água em forma de registro digital espaço-temporal em um recorte aplicado à “Área de Proteção Ambiental Baía Negra” para apreciação sobre fronteira úmida.

Palavras-chave: análise visual, modelagem de mapas, fronteira, Pantanal.

Abstract. Cartography Knowledge area associated to digital resources has made advance visual analytics. This article of the experiment in which it was proposed to combine tooling satellite data with descriptions of water lifting action in the form of digital space-time record in a point applied to “Environmental Protection Area Bahia Negra” for the appreciation about wet frontier.

Key-words: visual analytics, modeling maps, frontier, Pantanal.

1. Introdução

A fronteira oeste do Brasil geralmente referenciada como terrestre em oposição à marítima apresenta-se em grandes extensões como fronteira úmida no grande Arco Central.

A classificação da fronteira em Arcos Norte, Central e Sul deve-se ao Ministério da Integração Nacional (2005). Ao que corresponde o Arco Central está a faixa fronteira de Rondônia ao Mato Grosso do Sul. A razão no Arco Central de áreas úmidas está por ser em um espaço de transição entre bacias do Norte e do Sul, com a Bacia Amazônica e a Bacia do Paraná, além de se inscrever em biomas como o Cerrado e o Pantanal, de grande potencial hídrico.

Considerando a presença de populações locais em áreas de importância biológica como no Pantanal, o Ministério do Meio Ambiente (2007) enfatiza as necessidades de conservação e manutenção da quantidade e qualidade da água que se relacionam com as funções ecossistêmicas. Para esse órgão, as estratégias de conservação do bioma Pantanal necessitam da preparação de mapas atualizados de conhecimentos que delimitem prioridades dos condicionantes para manutenção dos sistemas dos diversos temas sócio-ambientais envolvidos.

Atualmente, reproduzir informações em formas inteligíveis para mapeamento digital passa pela representação gráfica de dados que pode se constituir desde uma “plotagem” mais direta dos registros de satélite até em uma modelagem avançada com controle de simulação de variáveis como um estudo de teste de hipótese.

Os Sistemas de Informação Geográfica SIG têm que permitir que o usuário consiga interagir com suas ferramentas para que possa desenvolver seus objetivos de pesquisa. Quanto mais plasticidade e troca de informações relevantes sobre a tecnologia envolvida, maior a possibilidade de interação e acesso ao conhecimento.

A análise visual (*visual analytics*) do termo derivado da obra “*Illuminating the Path*”, dos autores Thomas e Cook (2005) decorre do alinhamento estratégico de métodos de interface de dados humanos e computadorizados que favorece os campos dos SIG e da geovisualização, assim defende Andrienko et al. (2010).

Contudo, a interação homem-máquina como forma de representação de informações para auxiliar desempenhos era um termo conhecido desde 1980 como indicam Ebert, Gershon e Veer (2012).

A crescente produção de mapas *on-line* em meio a dados textuais desestruturados ou semi-estruturados de espaço e tempo, como apontam Bruggmann e Fabrikant (2016), faz com que pesquisadores de SIG busquem se apropriar de métodos que integrem de modo mais científico e seletivo as análises visuais espaço-temporais capacitadas por esse universo digital.

2. Objetivo

A proposta desse artigo consiste em construir um mapa digital, em que se considere o espaço-tempo de animação, tornando a construção gráfica um design comunicativo que sistematize uma simulação em um local do Pantanal.

A hipótese a ser testada visa confirmar se é possível detectar, em uma sequência com a variação de altura da superfície de água em modelo construído, informações de análise visual

sobre a enchente do Rio Paraguai, da Baía Negra e da Baía do Arrozal, em uma área delimitada em Ladário, cidade do Mato Grosso do Sul.

3. Material e Métodos

A obtenção de dados se iniciou pela localização da área a mapear pelo plano de zoneamento elaborado pela prefeitura de Ladário.

A produção do mapa levou ainda em consideração a publicação *on-line* em *site* especializado de informações detalhadas de alturas de superfície em qualquer local do globo terrestre além da localização. Os dados *DEM*, da sigla em inglês *Digital Elevation Model*, que codifica alturas em nuances de claro-escuro, passíveis de serem interpretadas em SIG, foram obtidos do *site terrain.party*.

A imagem *DEM* precisou ser importada para um *software open source* genérico de modelagem, de animação e de lógica de jogos que permitia simulação tridimensional. Foi escolhido o *software Blender*, da *Blender Foundation*, com amplas possibilidades gráficas e de exatidão, que possuía uma ferramenta que associava imagens em variação de valores de *DEM* para a conformação em uma malha volumétrica.

Para representar a temporalidade em *Blender* foram interpostos ao modelo desenvolvido das representações de dados do texto do *terrain.party* as chaves de formato de animação com o lançamento de um plano horizontal de água variando na altura.

No portal de periódicos Capes, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, em busca avançada com os descritores “*Blender*” e “3D” a partir de 2012, foram retornados 280 resultados. Esses artigos e documentos demonstram que a ciência e a tecnologia em diversas áreas, da reconstrução médica à ação de ventos em aerogeradores, que dependem de estudos de precisão com a tridimensionalidade e de simulações dinâmicas, têm utilizado com sucesso o *Blender* como referência.

1ª Fase - Obtenção de Dados

Do documento da Prefeitura de Ladário

O principal instrumento bibliográfico do local de estudo selecionado - Macro-zoneamento ecológico-econômico da Área de Proteção Ambiental Municipal - APA da Baía Negra, Ladário - descreveu a localização (**Figura 1**).

9°02'39.32"S 57°30'58.67"O. Em azul-claro, os limites da Baía Negra. A maior e mais próxima ao Rio Paraguai dentro da área da APA, sem delimitação específica, a Baía do Arrozal. Parte do acesso terrestre se faz pela Estrada da Codrasa que margeia o Rio Paraguai. A parte norte do Maço do Urucum faz parte do entorno.

A área, além de dispor de equipamentos de turismo pesqueiro e de pequenos produtores rurais, estará sendo destinada para instalações militares para Marinha.

Da imagem DEM do site terrain.party

O site *terrain.party* fornecera a imagem DEM (**Figura 2**) selecionada com as seguintes especificações em inglês no README do site:

- -57.456923,-19.004793,-57.551985,-19.094625
- ASTER is the most recent public survey of elevation on Earth. It has high coverage and high (~30m) resolution.

- The original elevation models for this area contained elevations ranging from 70 through 608 meters.



Figura 1. Delimitação da APA Baía Negra em Ladário

Fonte: Prefeitura de Ladário, 2010, em intervenção sobre dado no Google, 2004

A primeira indicação representa os dois pontos da diagonal de um retângulo de 10x10 km na delimitação em coordenadas. A segunda se refere ao satélite e resolução da imagem. A terceira indica a altura inicial e final da superfície verificada na área.



Figura 2. Imagem DEM confrontando a Baía Negra e a Baía do Arrozal
(Fonte: Terrain.party, 2015)

-Do Raster do site Bing Maps

No site Bing Maps, a imagem Raster foi escolhida utilizando as coordenadas do terrain.party (**Figura 3**). A aplicação dessa imagem resulta em converter o mapa de altura de um plano de massa cinzento para um modelo com distinções de cores com melhor visualização. Ory et al (2005) aborda que a Cartografia precisa optar por escolhas gráficas para que seja comunicante tendo em vista a reconhecimento e a interpretação de seus usuários.

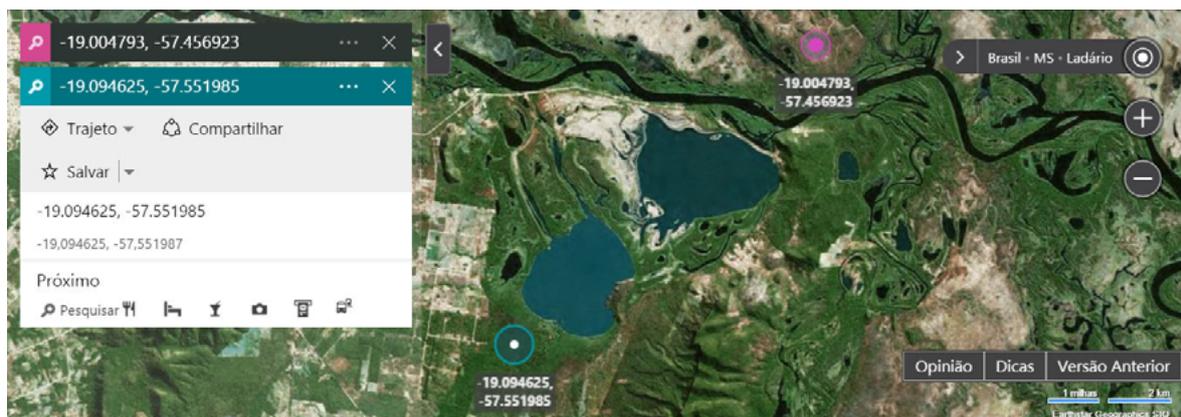


Figura 3. Busca de coordenadas para Raster sobre a Baía Negra e a Baía do Arrozal
Fonte: Bing Maps, 2016

2a Fase – Produção do Modelo Básico do Mapa

No software Blender, foi criada uma face de malha retangular com as dimensões de 10x10 km, de acordo com os dados obtidos, que significa uma área total de 10.000 ha. A face simples original precisara ser subdividida 14 vezes para poder se submeter à deformação na modelagem (**Figura 4**). Quanto mais faces geradas, maior quantidade de pontos a serem deformados. No entanto, deve ser observado o limite do tamanho do arquivo para que não venha a sobrecarregar o sistema.



Figura 4. Uma face única criada e subdividida em faces menores no Blender
Fonte: Elaborada pelos autores, 2016

Para gerar a volumetria do plano multifacetado que possa se constituir em um relevo espacial, fez-se necessário importar a imagem *DEM* e associá-la à malha. Uma ferramenta especial no software de modificador Displace traduziu a textura aplicada *DEM* em variações de altura deformando os pontos no espaço (**Figura 5**).

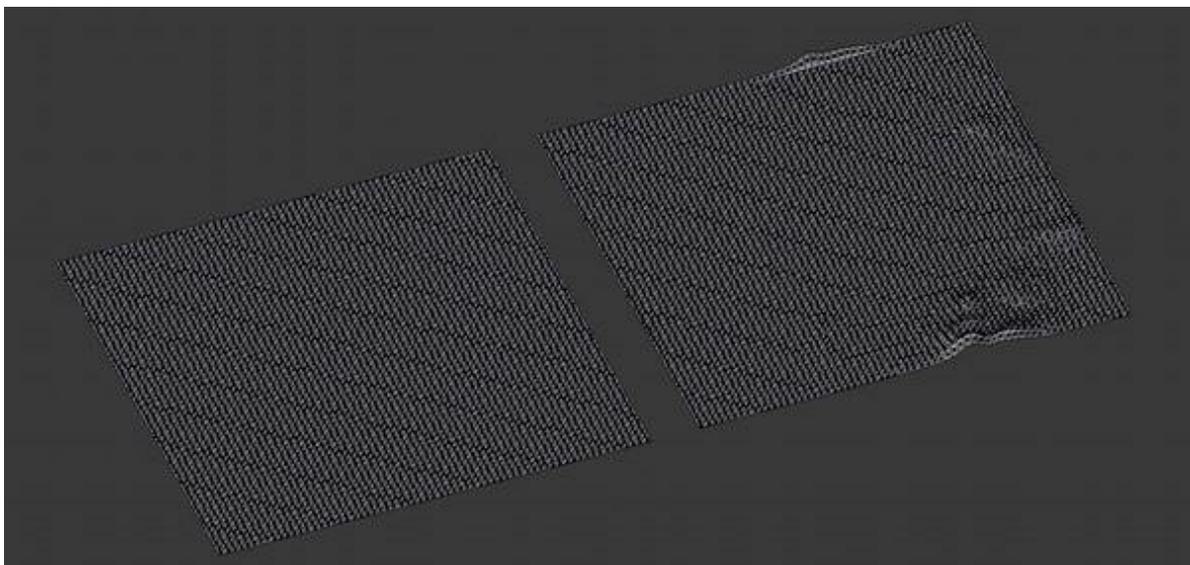


Figura 5. O plano subdividido e com a aplicação do modificador Displace do Blender
Fonte: Elaborada pelos autores, 2016

Foram feitos ajustes para calibrar entre a menor e maior altura de 70 a 608 m usando ex-agero vertical de 10x. Como o software suporta multi-texturas, o Raster colorido da referência do Bing Maps foi aplicado (**Figura 6**).



Figura 6. Modelo básico tridimensional combinando DEM em relevo com imagem Bing
Fonte: Elaborada pelos autores, 2016

3a Fase – Simulação de água em enchente no terreno

Uma simples face quadrangular foi criada para representar a superfície da água que se deslocou verticalmente em uma animação. Os dados de alturas foram complementados com informações de leitura de régua fixa de Marinha em Ladário que se encontra aproximadamente a 5 km do ponto extremo oeste do rio na área considerada (**Figura 7**).

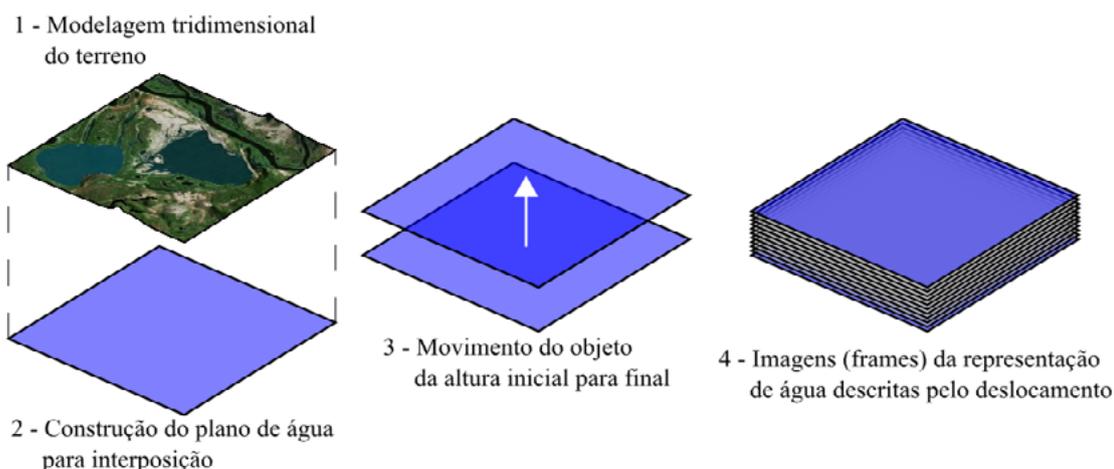


Figura 7. Sequência para elaborar animação da simulação de enchente

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016

4. Resultados e Discussão

O desenvolvimento do modelo comportou a preocupação em propor um estudo projetado em dados reais, mas adotando uma solução de estrutura de animação com espaço-tempo simulado. A régua da Marinha no Complexo Naval de Ladário na verificação in loco tem 7 m de altura, sendo o zero equivalente a 85 m ao nível do mar comparativamente ao ASTER no local de medição. No ponto considerado, a altura do Rio Paraguai hipoteticamente atingir o máximo de 7 m, significa dizer que a superfície da água está a 92 m ($85+7$).

Para poder fazer a simulação, primeiro foram admitidos os valores de mínima e máxima altura de rio fornecidas pela leitura publicada dessa régua em Ladário nos últimos 5 anos (**Figura 8**).

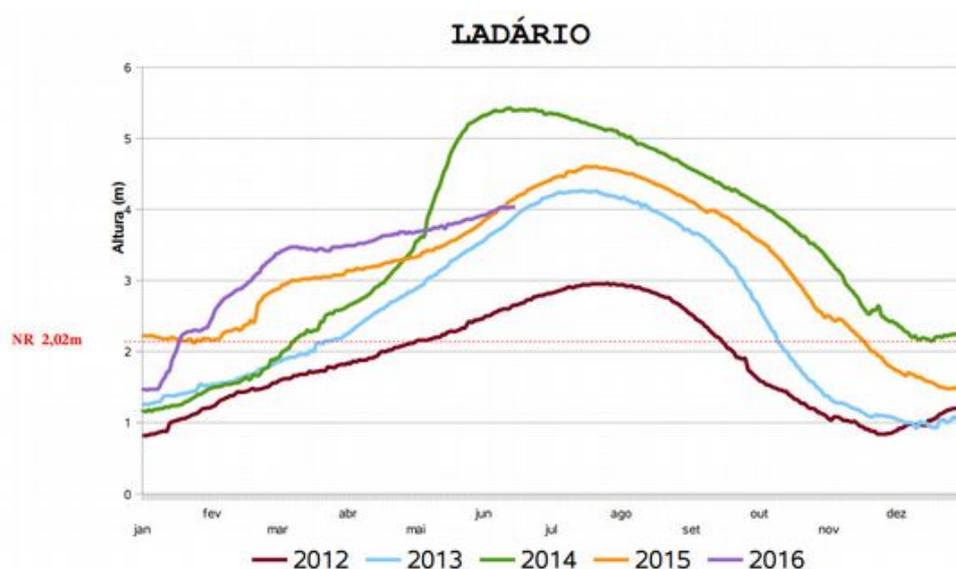


Figura 8. Alturas do Rio Paraguai em Ladário de 2012 a 2016

Fonte: Marinha do Brasil, 2016

Observa-se o mínimo em 2012 e o máximo em altura de rio em 2014. A Marinha (2016), registrou o mínimo de 0,82 m nos três primeiros dias de janeiro de 2012 e o máximo de 5,42 m em 12 e 13 de junho de 2014. A variação se dando em 4,60 m. Por fim, adota-se a hipótese que

o nível de rio NR a 2,00 m atinja a cota mínima de 70 m do terreno estando o zero a 68 m para o modelo. Dessa forma, chegou-se à configuração complementando os dados da régua para o modelo em 11 *frames* para estruturar os passos de animação em incrementos de 10% (**Figura 9**):

	Frame 1	Frame 2	Frame 3	Frame 4	Frame 5	Frame 6
Alturas da régua (m)	0,82	1,28	1,74	2,2	2,66	3,12
Alturas no modelo (m)	68,82	69,28	69,74	70,2	70,66	71,12
Incremento (%)	0	10	20	30	40	50

	Frame 7	Frame 8	Frame 9	Frame 10	Frame 11
Alturas da régua (m)	3,58	4,04	4,5	4,96	5,42
Alturas no modelo (m)	71,58	72,04	72,5	72,96	73,42
Incremento (%)	60	70	80	90	100

Figura 9. Valores dos *frames* que foram submetidos ao modelo

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016

O mapa digital espaço-temporal expressa o terreno em posição fixa enquanto sofre a interferência do movimento vertical simulado da água (**Figura 10**). A diferença entre cada *frame* ocorre pela interposição do deslocamento vertical de um mesmo plano horizontal de 10x10 km assumindo valores de altura da superfície individualmente sobre o modelo. Foi utilizada a ferramenta chaves de formato (*shape keys*) do *Blender* indicando as alturas apenas para o estado inicial e final, portanto sendo os passos intermediários de 2 a 10 obtidos automaticamente pelo software. A janela de visualização para captar as imagens da animação foi de vista de topo em projeção ortogonal.

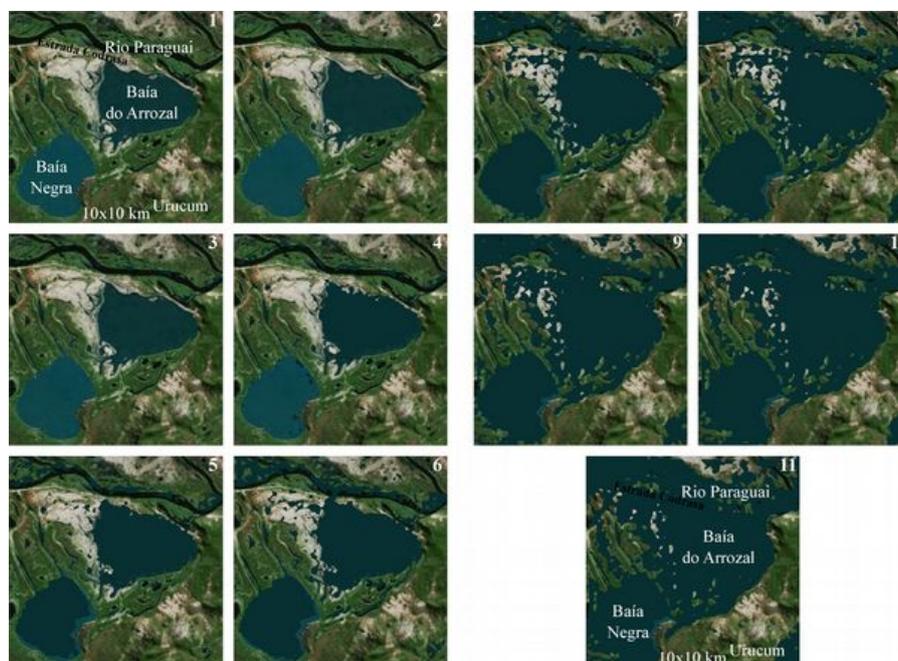


Figura 10. Frames do modelo

Fonte: Elaborada pelos autores, 2016

5. Conclusões e Sugestões

A análise visual do modelo indica o espaço-temporal simulado que possibilita as conclusões:

1. Inicialmente a enchente ocorre no Rio Paraguai pelas marcações das intersecções do rio, seguida para Baía do Arrozal e por fim, pela Baía Negra;
2. A Baía do Arrozal tem o potencial de maior enchente que a Baía Negra;
3. O Maciço do Urucum limita as baías que passam a ser de sua influência;
4. As baías tendem a se unir em uma baía única com a maior enchente.

Esse material será útil para compreensão dos atores que mantêm com a Baía Negra e Baía do Arrozal uma relação sócio-ambiental. Fazer registrar mapas em evolução permitirá apoiar melhor as conclusões. Os locais de maior poder de enchente oneram as fixações antropogênicas e tendem ao maior isolamento humano. Em relação ao ferramental utilizado, esse trabalho pretenderá estimular os pesquisadores no uso de tecnologias acessíveis com importação gratuita de dados em sites especializados e desenvolvimento de modelos em software livre com animações que poderão favorecer estudos espaço-temporais nas geotecnologias.

6. Referências

- Alves, G. M. **Cibersemiótica e processos de projeto: metodologia em revisão**. 2014. Tese (Doutorado em Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- Andrienko, G.; Andrienko, N.; Demsar, U.; Dransch, D.; Dykes, J.; Fabrikant, S. I.; Jern, M.; Kraak, M. J.; Schumann, H.; Tominski, C. Space, time and visual analytics. **International Journal of Geographical Information Science**, v.24, n.10, p. 1577–1600, 2010.
- Bing Maps**. Disponível em: <<http://www.bing.com/mapspreview?cc=br>>. Acesso em: 10 maio 2016.
- Blender Foundation**. Disponível em: <<https://www.blender.org/>> . Acesso em: 15 novembro 2015.
- Brasil. Ministério da Educação. **Portal de periódicos Capes**. Disponível em <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>. Acesso em: 11 ago. 2016.
- Brasil. Ministério da Integração Nacional. **Proposta de reestruturação do programa de desenvolvimento da faixa de fronteira**: bases de uma política integrada de desenvolvimento regional para a faixa de fronteira—Brasília: MI, 2005. 417 p.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade do Cerrado e Pantanal**: áreas e ações prioritárias para conservação – Brasília: MMA, 2007. 540 p.
- Bruggmann, A.; Fabrikant, S. I. How does GIScience support spatio-temporal information search in the humanities? **Spatial Cognition & Computation**, 2016.
- Costa, H. R.; Streit, R. E. Utilização de técnicas de jogos para a análise visual de informações. **Comunicação & Informação**. v.18, n.1, p. 110-123, 2015.
- Ebert, a.; Gershon, N. D.; Veer, g. V. der. **Human-computer interaction**: introduction and overview. *KünstlicheIntelligenz*, v.26, n.2, p. 121–126, 2012.
- Marinha do Brasil. **Serviço de Sinalização Náutica do Oeste**. Disponível em <<https://www.mar.mil.br/ssn-6>>. Acesso em: 14 jun. 2016.
- Ory, J.; Christophe, S.; Fabrikant, S.I., Bucher, B. **How Do Map Readers Recognize a Topographic Mapping Style?** *The Cartographic Journal*, vol.52, n.2, p.193-203, 2015.
- Prefeitura Municipal de Ladário. **Macro-zoneamento ecológico-econômico da Área de Proteção Ambiental Municipal - APA da Baía Negra, Ladário**. Ladário: PML, 2010. 18 p.
- Terrain.party**. Disponível em: <<http://terrain.party/>>. Acesso em: 15 novembro 2015.
- Thomas, J.J.; Cook, K.A., Eds. **Illuminating the path**: The research and development agenda for visual analytics. Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society, 2005.



Aplicação de plataforma livre na incorporação de dados geospaciais multifonte para planejamento do Censo Agropecuário: exemplo de utilização do QGIS

Geovanni Ribeiro Loiola ¹
Fernando Jakes Teubner Junior ¹
Nelson Wellausen Dias ²
Matheus Carvalhaes de Souza ¹

¹ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE
Supervisão de Bases Territoriais – ES
Av. Nossa Senhora dos Navegantes, 675, 9º andar, Sala 903
29050-912 – Vitória - ES, Brasil
geovannirl@hotmail.com
fernando.t.junior@ibge.gov.br
matheuscarvalhaes@gmail.com

² Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE
Supervisão de Bases Territoriais – SE
Av. Francisco Porto, 107
49025-230 – Aracaju - SE, Brasil
nelson.dias@ibge.gov.br

Resumo. Uma abordagem de integração de dados geospaciais multifonte utilizando o QGIS é apresentada buscando a melhoria da base de dados e produtos cartográficos do IBGE que serão utilizados no planejamento e execução do próximo Censo Agropecuário. Os dados cedidos pelo Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) e Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF) permitiram a inclusão de 6.390 edificações de entidades sociais, ensino, saúde, segurança e cemitérios na base territorial do estado do Espírito Santo. A localização de 500 estabelecimentos agropecuários e incorporação de cerca de 20.100 estradas vicinais completaram o processo de melhoria de produtos cartográficos, incluindo croquis utilizados na coleta de dados nos setores censitários. A utilização de um programa livre e aberto de SIG e seus complementos e a colaboração entre instituições aumentaram a qualidade dos insumos e produtos cartográficos, bem como ajudarão na redução de custos necessários para o planejamento e execução do próximo Censo Agropecuário.

Palavras-chave: SIG, multifonte, programa livre, QGIS, Censo Agropecuário, planejamento.

Abstract. A data integration approach using multisource geospatial databases is presented, seeking to improve the IBGE database and cartographic products to be used in the planning and execution of the next agricultural census. The data provided by external sources allowed the inclusion of 6,390 buildings of social, educational, health, and security entities as well as cemeteries located within the territory of the State of Espírito Santo. The location of 500 agricultural establishments and incorporation of nearly 20,100 local roads completed the process of improving cartographic products, including sketches used to collect data in census tracts. The use of free and open source GIS software with its complements and the collaboration between institutions increased the quality of the input data and cartographic products, as well as helped in reducing costs required for the planning and execution of the next agricultural census.

Key-words: GIS, multisource geodata, free software, QGIS, agricultural census, planning.

1. Introdução

A obtenção e escolha de dados e informações geoespaciais, suas representações gráficas, bem como a padronização que assumirão são a base dos sistemas ou produtos cartográficos, seja para simples consulta ou para tomadas de decisões, planejamento e execução de projetos (Harvey, 2015).

Essas ações podem atingir escalas geográficas consideráveis quando se trata do planejamento e execução de projetos para políticas públicas nacionais. Dependendo dessa escala, a resolução de um problema ou planejamento necessita de ações colaborativas entre diferentes atores e instituições, uma vez que interesses comuns quanto ao acesso a recursos ou a investigação de localidades podem necessitar da divisão de esforços na caracterização e análise de elementos espaciais de interesse, principalmente no acesso a serviços públicos (Bardach, 1998).

Uma vez que a geração de insumos e produtos cartográficos possibilita a redução de prazos e custos de projetos com naturezas e escalas diversas, uma série de técnicas de agrupamento de dados de fontes diferentes ou multifontes vêm sendo aplicadas na geração de produtos finais mais completos e de boa qualidade visual (Teixeira *et al.*, 2005; Moreira *et al.*, 2007). Esse processo pode ser viabilizado e maximizado utilizando Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) (Faiz & Krichen, 2012).

Os SIGs podem ser definidos como um conjunto de programas computacionais aplicados na integração de dados geográficos e ferramentas analíticas, permitindo a criação e gerência de projetos a partir de ações ou rotinas de coleta, armazenamento, recuperação, manipulação, visualização e análise de dados espacialmente referenciados em um sistema de coordenadas (Laurini & Thompson, 1992; Galati, 2006).

Essas plataformas mostram eficiência em procedimentos de análises qualitativas e quantitativas que facilitam o reconhecimento e interpretação visual de elementos que compõem as localidades ou paisagens e podem inclusive auxiliar na navegação *in loco* para coleta e checagem de dados (Harvey, 2015).

Uma das muitas iniciativas que envolvem o planejamento e execução de coleta de dados e posterior aplicação nas tomadas de decisão governamental com participação dos SIGs é o Censo Agropecuário realizado periodicamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essa iniciativa demanda enorme quantidade de recursos financeiros e humanos para coleta de dados de estabelecimentos agropecuários com objetivo de retratar as atividades desenvolvidas, diferentes práticas agrícolas, características dos produtores, economia e emprego no meio rural, pecuária, lavoura e agroindústria, além de informações sobre formas de ocupação da área, manejo e conservação do solo, utilização de agrotóxicos, agricultura orgânica, agricultura

familiar, atividades aquícolas e disponibilidade de água no estabelecimento (IBGE, 2012).

O último Censo Agropecuário brasileiro foi realizado em 2006 e envolveu a coleta de dados em 5.219.588 estabelecimentos agropecuários, com dados de 5.175.636 unidades submetidos a análises, excluindo-se 43.952 (0,84% do total) por recusas de informações do próprio produtor ou de registros indevidos (IBGE, 2012). Pela primeira vez se retratou a agricultura familiar, englobando pequenas e médias propriedades, assentamentos de reforma agrária, comunidades tradicionais de extrativistas, ribeirinhos e quilombolas. Sua inclusão em estatísticas oficiais representou 84,4% dos estabelecimentos investigados na operação censitária (IBGE, 2009), correspondendo a 4.367.902 unidades de difícil acesso logístico por caminhos agrários e vias vicinais nem sempre em boas condições para uso (França *et al.*, 2009).

O número de estabelecimentos rurais visitados retrata a enorme logística necessária para o planejamento e execução dessa operação. Os custos estimados para o próximo Censo Agropecuário foram de R\$ 330,8 milhões, mas apenas R\$ 266,8 milhões foram previstos na Lei Orçamentária aprovada pelo Congresso em janeiro de 2016, um dos principais fatores que causaram seu adiamento (IBGE, 2016).

Uma análise comparativa com os Censos Agropecuários anteriores apontou para necessidade de redução de custos, havendo ajustes na unidade básica de coleta ou desenvolvimento de parâmetros (França *et al.*, 2009). Nesse contexto, a articulação entre entidades governamentais para compartilhamento de dados geoespaciais e seu tratamento e posterior uso em SIGs livres e abertos contribuem para redução desses custos, uma abordagem apresentada no presente trabalho.

2. Objetivo

Apresentar um processo de integração de dados geoespaciais multifonte para o estado do Espírito Santo usando o QGIS (QGIS Development Team, 2016), um Sistema de Informação Geográfico (SIG) livre e aberto, visando a melhoria do planejamento, dos insumos e produtos cartográficos do Censo Agropecuário pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Os dados multifonte integrados no presente trabalho foram camadas vetoriais de estradas vicinais, de localização de edificações de assistência social, ensino, saúde, segurança e cemitérios e tabela com localização de estabelecimentos agropecuários categorizados em produção de aves, bovinos e suínos, posteriormente convertida em uma camada vetorial de pontos.

3. Material e Métodos

Os dados geoespaciais multifonte sobre o estado do Espírito Santo para incorporação nos produtos cartográficos gerados pela Supervisão de Bases Territorial do IBGE, Unidade Estadual do Espírito Santo, foram fornecidos por duas entidades: Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) e Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF).

O IJSN, autarquia ligada a Secretaria de Estado de Economia e Planejamento (SEP) do Espírito Santo e destinada a geração de informações de subsídio para políticas públicas, disponibilizou as seguintes camadas vetoriais de pontos: edificações de assistência social, ensino, saúde, segurança e cemitérios referentes ao ano de 2013. Uma camada vetorial de linha de estradas vicinais gerada na escala de 1:15.000 também foi disponibilizada e referente ao ano de 2012. A camada *Estradas Vicinais* contém vias utilizadas principalmente por transportes escolares em áreas rurais. Todas as camadas vetoriais foram convertidas para o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) SIRGAS2000 utilizando o QGIS versão 2.2.0.

O IDAF, entidade responsável pela execução da política estadual sobre terras públicas,

cartografia e política de defesa sanitária das atividades agropecuárias, florestais, pesqueiras, dos recursos hídricos e solos, compartilhou uma lista de estabelecimentos agropecuários informando o município, nome do produtor, nome da propriedade, latitude e longitude em graus, minutos e segundos (GMS) e Datum WGS84, número de aves, gado e suínos referentes ao ano de 2015.

3.1. Inclusão de novas edificações usando camadas vetoriais de pontos de localização

O procedimento de inclusão de novas edificações foi realizado carregando-se as camadas vetoriais de pontos de localização das edificações e a camada vetorial de polígono *Edificações Área* no programa QGIS.

A camada de pontos permitiu o rastreamento das edificações de assistência social, ensino, saúde, segurança e cemitérios, enquanto a camada *Edificações Área* teve origem na base de dados do IBGE e utilizada na inclusão de edificações que servem como referência para navegação em um setor censitário pela equipe de coleta de dados. Essa última foi originada no SISMAP, ambiente de dados geospaciais responsável pelo gerenciamento da produção da Base Territorial baseado nos programas da família GeoMedia, como o GeoMedia Profissional (IBGE, 2014).

O complemento OpenLayers (Kalberer *et al.*, 2016) foi previamente instalado no QGIS, permitindo o carregamento de mosaicos de imagens de satélite, aéreas ou vetoriais fornecidos pelo Bing Maps, Google Maps, OpenCycleMap, OpenStreetMap e Yahoo Maps na área de visualização de mapas do QGIS.

Após a abertura do QGIS, as camadas vetoriais de pontos das edificações e camada *Edificações Área* foram carregadas no botão *Adicionar camada vetorial*. A camada Google Hybrid também foi carregada acionando-se o complemento *OpenLayers* na aba Complementos no QGIS versão 2.2.0 e na aba Web em versões posteriores. Esse passo permitiu a visualização destacada dos principais trajetos de rodovias, nomes de eixos de logradouros e pontos de referência (**Figura 1**).

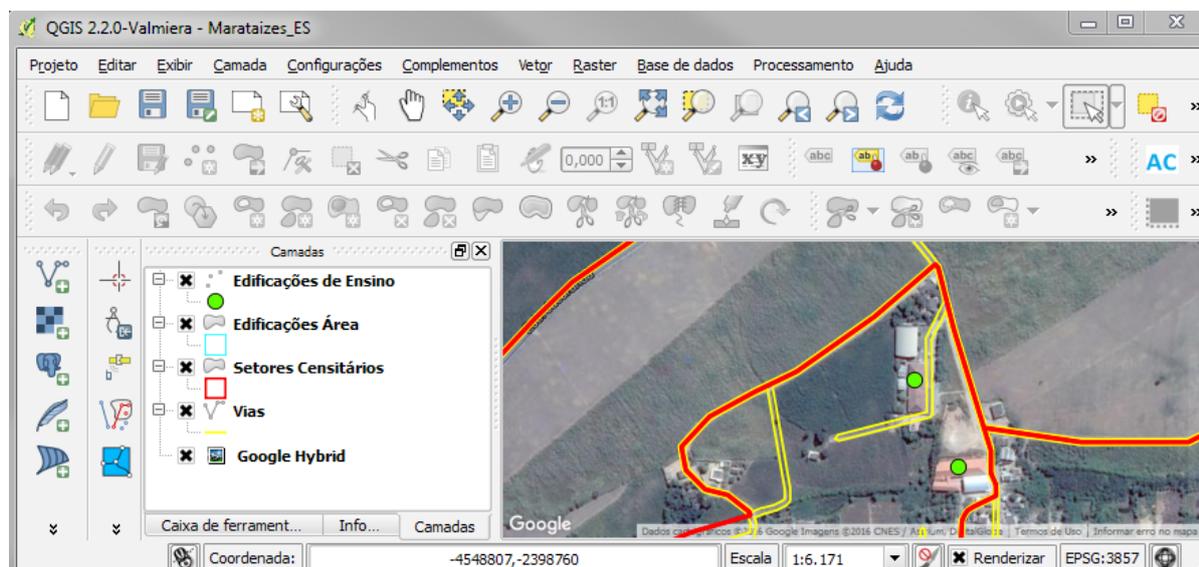


Figura 1. Interface do QGIS versão 2.2.0 com carregamento da camada de pontos de localização das edificações de ensino, camada *Edificações Área* e camada *Google Hybrid* no município de Marataízes, ES. As camadas *Setores Censitários* e *Vias* complementaram as feições visualizadas.

A tabela de atributos da camada de pontos foi aberta expondo as linhas com informações

associadas a cada ponto (**Figura 2**). Uma linha foi selecionada e submetida à ferramenta *Aproximar à seleção* (**Figura 3**).

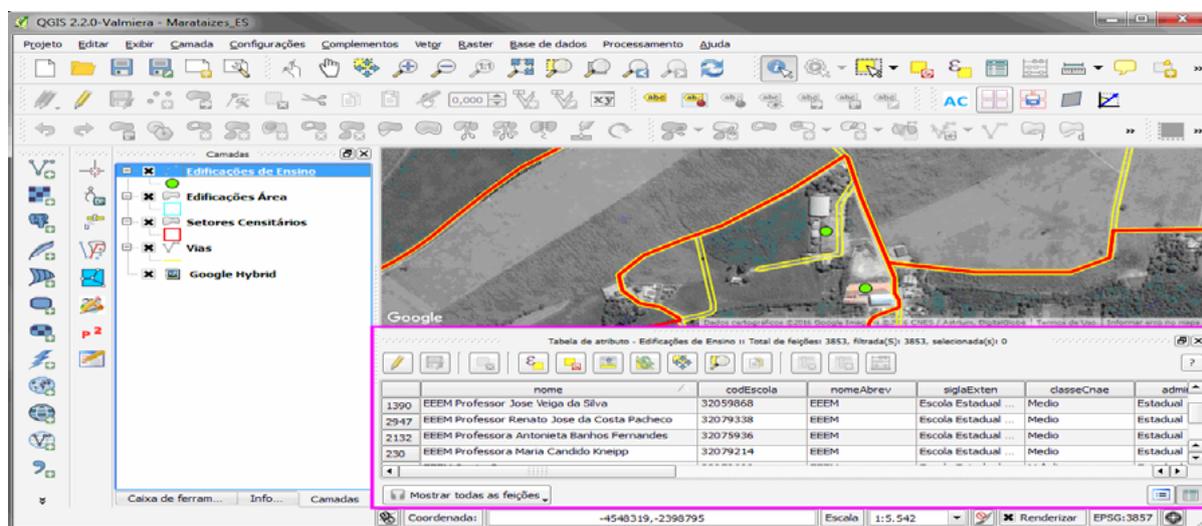


Figura 2. Camada de pontos identificando a posição de duas edificações de ensino (pontos verdes) em um setor censitário do município de Marataízes, ES. A tabela de atributos da camada de pontos *Edificações de Ensino* (destacada em rosa) foi aberta para seleção de uma das linhas com informações sobre a respectiva edificação de ensino.

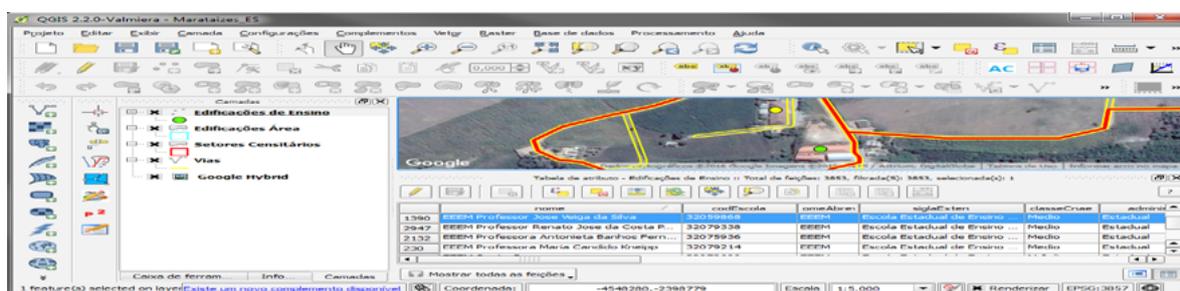


Figura 3. Tabela de atributos da camada vetorial de pontos *Edificações de Ensino* aberta com linha selecionada (em azul) para uso da ferramenta *Aproximar à seleção* e identificação dos detalhes da edificação localizada (ponto amarelo) com base na camada *Google Hybrid*.

Esse procedimento direcionou a área de visualização do mapa até o ponto selecionado. O modo de edição para camada vetorial *Edificação Área* foi habilitado na ferramenta *Alternar edição*. Com a edição habilitada, uma edificação foi delimitada na camada *Edificação Área* baseando-se na localização do ponto selecionado e nos limites da edificação visualizada na camada *Google Hybrid*. O polígono foi inserido pela ferramenta *Adicionar feição* (**Figura 4**). Essa sequência de ações foi repetida em cada linha da tabela de atributos ligada a um respectivo ponto em cada uma das camadas cedidas.

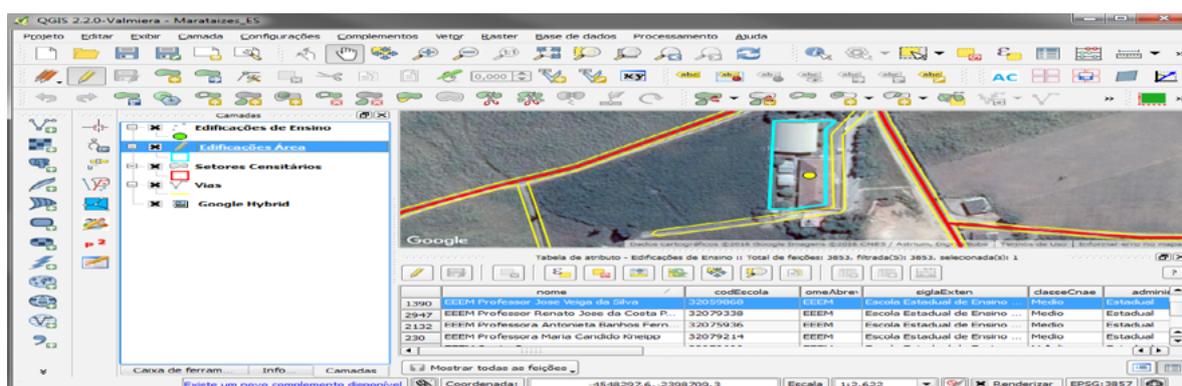


Figura 4. Uma escola (ponto amarelo) foi localizada graças à camada vetorial de ponto de *Edificações de Ensino*. Uma vez localizada, a camada vetorial de polígono *Edificações Área* recebeu uma feição geométrica delimitando-a. O polígono fará parte dos produtos cartográficos que apoiarão o Censo Agropecuário.

3.2. Incorporação de estradas vicinais

O processo de incorporação de estradas vicinais envolveu três camadas vetoriais de linha: *Estradas Vicinais* fornecida pelo IJSN, *Eixo Logradouro* e *Vias*. As duas últimas foram exportadas do ambiente SISMAP e apresentam um padrão diferente de colunas e linhas da camada *Estradas Vicinais*.

O complemento *Table Manager* (Jurgiel, 2016) foi utilizado na camada *Eixo Logradouro* na obtenção do padrão de nomes e tipos (Inteiro, Real, Texto, Data) das colunas e linhas que formam sua tabela de atributos. Após a obtenção desse padrão, o modo edição foi habilitado para que uma estrutura idêntica de linhas e colunas fosse criada na tabela de atributos da camada *Estradas Vicinais*. A ferramenta *Nova Coluna* na tabela de atributos dessa camada foi utilizada para esse propósito.

As feições que compõem a camada *Estradas Vicinais* foram copiadas com a ferramenta *Copiar Feições* e adicionadas na camada *Eixo Logradouro* com a ferramenta *Colar Feições*. Após essa transferência, a camada *Eixo Logradouro* incorporou as feições adicionais recebidas da camada *Estradas Vicinais* consolidando a complementação das feições originais. As novas feições inseridas na camada *Eixo Logradouro* foram selecionadas e submetidas ao complemento experimental *Faceador*, gerando quadras e vias adicionais correspondentes aos eixos logradouros selecionados. As novas quadras e vias foram automaticamente incorporadas na camada *Vias* pela ação dessa ferramenta (**Figura 5**).

3.3. Incorporação da localização de estabelecimentos agropecuários

Um processo de filtragem foi aplicado na lista de estabelecimentos agropecuários fornecida pelo IDAF, adicionando-se ao Cadastro da Coleta Especial do Censo Agropecuário e Banco de Dados Operacionais (BDO) apenas os estabelecimentos que apresentaram números de bovinos acima de 500 cabeças ou suínos acima de 1.000 cabeças ou aves acima de 20.000 cabeças.

O Cadastro da Coleta Especial do Censo Agropecuário contém informações detalhadas dos domicílios dos estabelecimentos agropecuários, incluindo as coordenadas geográficas levantadas com receptores do Sistema de Posicionamento Global (GPS) em campo ou provenientes da lista fornecida. O BDO consiste em um sistema desenvolvido para atender as necessidades de planejamento coletivo com visão centralizada das informações, alimentação descentralizada de dados e um painel de andamento das pesquisas.

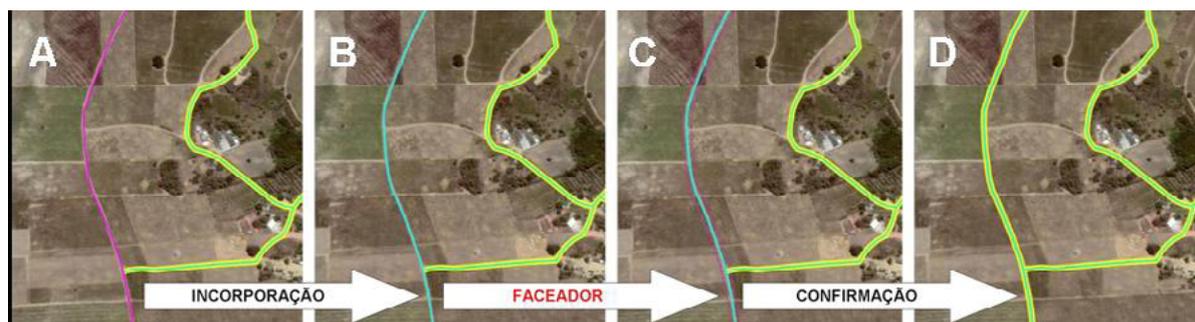


Figura 5. (A) Inicialmente a feição da camada *Estradas Viciniais* (rosa) não pertence à camada *Eixo Logradouro* (azul), (B) o complemento *Faceador* foi utilizado após sua incorporação na camada *Eixo Logradouro* (azul) e sua seleção, (C) o complemento gera uma prévia das feições (linha pontilhada rosa) que serão incorporadas na camada *Vias* (amarelo) e (D) uma confirmação incorpora as novas feições na camada *Vias*.

As coordenadas geográficas associadas a cada ponto originalmente apresentaram latitude e longitude em graus, minutos e segundos (GMS) e Datum WGS84, necessitando de um processo de conversão no Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) para graus decimais (GD) e mesmo Datum, permitindo sua inclusão no Cadastro da Coleta Especial do Censo Agropecuário e no BDO.

O processo de conversão das coordenadas em graus, minutos e segundos (GMS) para graus decimais (GD) com manutenção do Datum WGS84 foi realizado no conversor do projeto *speciesLink* disponibilizado pelo Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA). A inclusão dos dados no Cadastro da Coleta Especial do Censo Agropecuário e BDO não incorporaram dados em duplicidade.

Visando o processo de planejamento e execução do Censo Agropecuário, uma nova etapa de conversão foi aplicada às coordenadas geográficas dos respectivos estabelecimentos agropecuários permitindo a geração de uma camada vetorial de pontos para uso em qualquer SIG, incluindo o QGIS.

As coordenadas originais em graus, minutos e segundos (GMS) e Datum WGS84 foram então convertidas para o sistema UTM, na Zona 24 Hemisfério Sul utilizando novamente o conversor do projeto *speciesLink*. O produto dessa conversão foi organizado em uma nova planilha de extensão .csv no programa Calc do pacote LibreOffice 5.0.4. Essa planilha foi posteriormente aberta no QGIS usando-se a opção *Adicionar camada a partir de um texto delimitado*. Após a visualização dos pontos carregados da planilha .csv, uma camada vetorial de pontos foi gerada e armazenada selecionando-se a opção *Salvar como* sobre a camada visualizada na abertura da planilha.

4. Resultados e Discussão

Um total de 6.390 polígonos foi delimitado e incorporado na camada de edificações da base de dados do IBGE utilizando como referência as camadas vetoriais de pontos fornecidas pelo IJSN.

A localização dos pontos permitiu a delimitação de edificações e áreas de: (A) assistência social, classificadas em abrigos, asilos e Centros de Referência de Assistência Social (CRAS); (B) segurança, classificadas em associações de assistência ao condenado, batalhões, companhias e destacamentos da polícia militar e bombeiros, casas de custódia, centros de detenção provisória, delegacias de Polícia Civil, departamentos de polícia judiciária, penitenciárias, pos-

tos da Polícia Rodoviária Federal, quartéis e serviços de atendimento ao cidadão; (C) saúde, classificadas em agências municipais de vigilância sanitária, ambulatórios, centros de atendimento, centros de especialidade médica e odontológica, centros de reabilitação, hospitais, laboratórios, postos de saúde, programas de agentes comunitários, Secretarias Municipais de Saúde, Unidades Básica de Saúde, unidades da Associação de Pais e Amigos dos Excepcionais (APAE), Unidades de Pronto Atendimento, Unidades de Saúde da Família e unidades de vigilância epidemiológica e sanitária; (D) ensino, classificadas em associações Pestalozzi, centros de atendimento educacional, centros de atividades, creches e centros de educação infantil, escolas comunitárias rurais e familiares agrárias, escolas de ensino fundamental, escolas de ensino médio, faculdades e universidades, centros técnicos e Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, bem como a localização de (E) cemitérios (**Tabela 1**).

Tabela 1. Edificações e áreas incorporadas na base de dados do IBGE.

Grupo de edificações e áreas delimitadas	Classes de edificações e áreas delimitadas	Feições incorporadas na base de dados do IBGE
Social	3	182
Segurança	11	464
Saúde	15	1.269
Ensino	9	3.853
Cemitério	1	622
Total	39	6.390

Aproximadamente 20.100 feições foram incorporadas na camada *Eixo Logradouro* e utilizadas na geração e incorporação de novas feições na camada *Vias* (**Figura 6**), além da localização de cerca de 500 estabelecimentos agropecuários para o estado do Espírito Santo (175 de aves, 287 de bovinos e 36 de suínos) graças aos registros do IDAF, havendo exclusão de feições replicadas. Essas incorporações aumentaram os detalhes para fase de planejamento e diversificarão as opções de rotas e referências para navegação das equipes de coleta pelos setores censitários.

A aquisição dos dados via colaboração institucional e sua incorporação à base de dados geoespaciais do IBGE produziram resultados significativos e aumentaram o conhecimento disponível não só para o problema imediato, mas para outras finalidades além do Censo Agropecuário. A tomada de decisão é uma ação estratégica que requer técnicas de otimização, inclusive em cenários com possível limitação de recursos (Faiz & Krichen, 2012). Medidas como as apresentadas no trabalho colaboram para o fortalecimento das instituições públicas e privadas em um propósito comum promovendo a redução de custos e facilitando a estruturação e consolidação de redes colaborativas (Hajer & Wagenaar, 2003). Além disso, mostram novos caminhos para solucionar problemas que eram insolúveis para um único agente, mas que tem solução conjunta revelando parcerias que aparentemente não estariam tão evidentes em um primeiro momento (Innes & Booher, 2010).

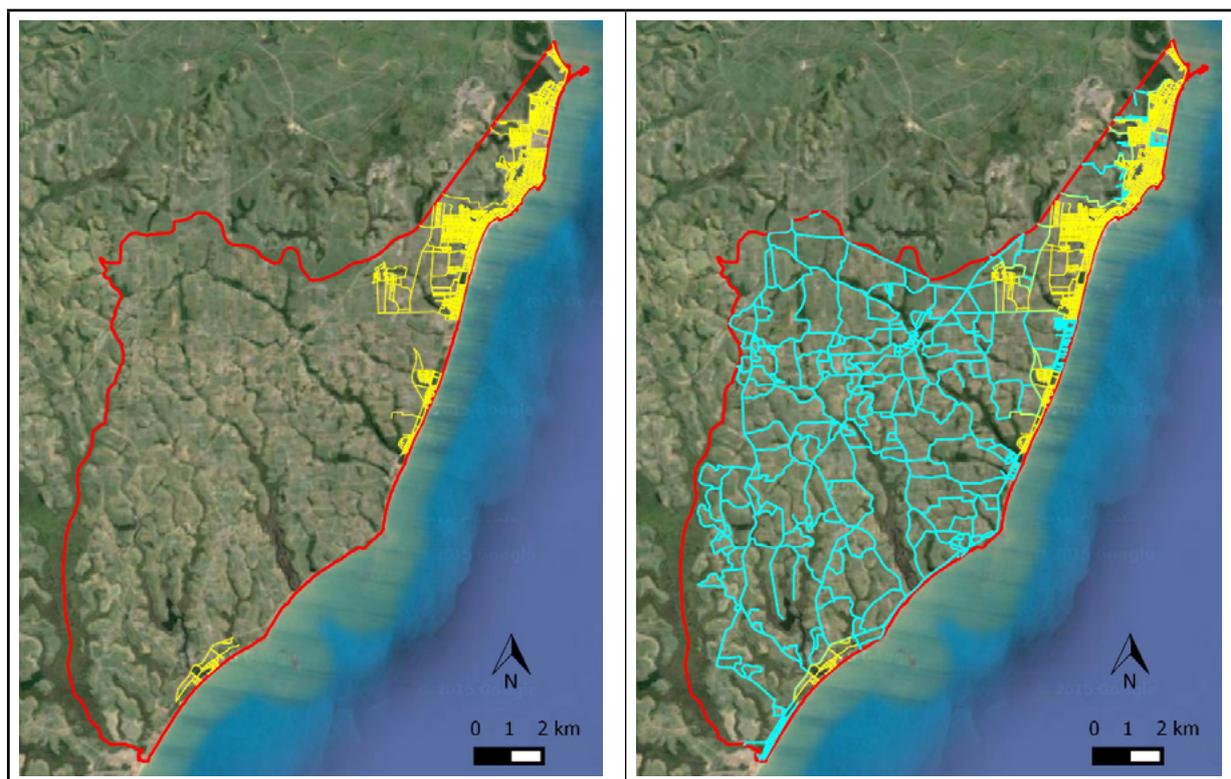


Figura 6. Diferenças entre o banco de dados do IBGE antes da incorporação das estradas vicinais (à esquerda), contendo apenas vias urbanas (linhas amarelas) e após a incorporação das estradas vicinais (linhas azuis) (à direita) no município de Marataízes, ES. A linha vermelha representa o limite municipal.

5. Conclusões

A complementação em modo colaborativo dos dados e representações vetoriais da base territorial, dos produtos cartográficos, do Cadastro da Coleta Especial do Censo Agropecuário, do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE) e do BDO do IBGE foi concluída com sucesso. O uso do programa livre e aberto QGIS possibilitou o tratamento, atualização e inclusão de novos registros de localização dos estabelecimentos agropecuários.

O resultado dessa colaboração facilitará o acesso aos estabelecimentos agropecuários diretamente no campo graças à adição dos pontos que indicam sua localização, das edificações que georreferenciam serviços e equipamentos públicos e da delimitação e inclusão de estradas vicinais. Os custos necessários na fase de planejamento e execução dos levantamentos de dados do Censo Agropecuário e outras pesquisas específicas serão reduzidos devido à inclusão dessas feições nos produtos cartográficos, incluindo croquis utilizados na coleta de dados dos setores censitários.

6. Agradecimentos

Ao Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) e Instituto de Defesa Agropecuária e Florestal do Espírito Santo (IDAF) pelos dados fornecidos. A Fabiano Saraiva e William Foschiera e suas respectivas equipes das Supervisões de Bases Territoriais das Unidades Estaduais do IBGE do Paraná e Mato Grosso pelo desenvolvimento do complemento *Faceador*.

7. Referências

- Bardach, E. **Getting agencies to work together: the practice and theory of managerial Craftsmanship**. Washington, DC: Brookings Institution Press, 1998. 348 p.
- Faiz, S.; Krichen, S. **Geographical Information Systems and spatial optimization**. Nova Iorque: CRC Press, 2012. 176 p.
- França, C.G.; Grossi, M.E.D.; Marques, V.P.M.A. **O censo agropecuário 2006 e a agricultura familiar no Brasil**. Brasília: MDA, 2009. 96 p.
- Galati, S. **Geographic Information Systems Demystified**. Boston: Artech House, 2006. 302 p.
- Hajer, M.; Wagenaar, H. (eds.). **Deliberative Policy Analysis: Understanding Governance in the Network Society** (Theories of Institutional Design). Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 324 p.
- Harvey, F. A. **Primer of GIS: Fundamental Geographic and Cartographic Concepts**, Second Edition Nova Iorque: The Guilford Press, 2015. 360 p.
- IBGE. Censo agropecuário 2006. **Agricultura familiar: primeiros resultados**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2009.
- IBGE. **Censo agropecuário 2006. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação: segunda apuração**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2012. 758 p.
- IBGE. **Manual do Usuário: Módulo Gráfico Web**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2014. 107 p.
- IBGE. **Corte no orçamento inviabiliza realização do Censo Agropecuário em 2017**, 2016. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/disseminacao/destaques/2016_04_18_comunicado_censo_agropecuario.shtm. Acesso em: 13 jun. 2016.
- Innes, J.E.; Booher, D.E. **Planning with complexity: an introduction to collaborative rationality for public policy**. Abingdon: Routledge, 2010. 237 p.
- Jurgiel, B. **Table Manager**, 2016. Acesso em: 13 jun. 2016.
- Kalberer, P.; Motta, L.; Walker, M. **Open Layers plugin for QGIS, 2016**. Disponível em: <http://hub.qgis.org/projects/openlayers>. Acesso em: 13 jun. 2016.
- Laurini, R.; Thompson, D. **Fundamentals of Spatial Information Systems**. Londres: The APIC series, Academic Press, Etats-Unis, 1992. 680 p.
- Moreira, M.L.O.; Costa, H.F.; Medeiros, L.C. Integração de dados multifontes para mapeamentos temáticos. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.1, n.1, p. 28-36, 2007.
- QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project, 2016. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>.
- Teixeira, A.A.; Silva, A.M.; Pires, A.C.B.; Moraes, R.A.; Souza Filho, C.R. Aplicação de técnicas de processamento digital de imagem em dados multifontes e sua relevância para integração de dados e seleção de áreas potenciais para exploração mineral. **Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 1915-1922, 2005.



Emprego de técnicas de geoprocessamento, mapeamento cartográfico e desenvolvimento de SIG para subsidiar o levantamento cadastral de propriedades isoladas na área do Pantanal Sul-Matogrossense no âmbito da universalização de acesso à energia elétrica

Fabiano Scheer Hainosz ¹
Ellen Christine Prestes Ferronato ¹
Cresencio Silvio Segura Salas ¹
Cesar João Andreazza ¹
Giancarlo Covolo Heck ¹
Letícia Helena Souza da Silveira ²

¹ Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento – Institutos Lactec
Rodovia BR116, km 98, nº 8813, Jardim das Américas -
Caixa Postal 19.067
81531-980 - Curitiba - PR, Brasil
{fabiano.h,ellen.ferronato, silvio.salas,cesar.andreazza, giancarlo.c}@lactec.org.br

² Energisa Mato Grosso do Sul - EMS
Av. Gury Marques, nº 8000, Santa Felicidade.
CEP 79.072-900 - Campo Grande – MS, Brasil
leticia.silveira@energisa.com.br

Resumo. A universalização do acesso à energia elétrica é um tema de grande relevância para o país, sendo esta uma das preocupações do Governo Federal para com o desenvolvimento do interior. Dados elaborados a partir de estatísticas do Censo 2000 (IBGE) e do Ministério de Minas e Energia (MME) demonstram a relação entre a falta de estrutura de suprimento de energia elétrica e a exclusão social das comunidades, apresentando as grandes dificuldades de desenvolvimento econômico-social destas regiões. Nesse contexto, a Energisa Mato Grosso do Sul, que detém a concessão de distribuição de energia deste Estado, está em busca de soluções técnicas, viáveis economicamente, para universalizar a área rural do Pantanal Sul-Matogrossense, que apresenta grandes desafios devido às suas características geográficas, climáticas e ambientais extremamente peculiares. Portanto, este trabalho se propõe a criar subsídios e ferramentas para facilitar e melhorar as etapas de planejamento e levantamento cadastral das propriedades isoladas no Pantanal Sul-Matogrossense, através do uso de técnicas de mapeamento cartográfico, geoprocessamento e desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas (SIG). No mapeamento cartográfico foram vetorizados o sistema viário e as edificações da área de estudo a partir de ortoimagens orbitais, para a identificação e classificação das edificações isoladas foram empregadas técnicas de geoprocessamento com o uso do ArcGIS, e para o cadastramento das propriedades em campo foram preparados dois SIG. Todos esses insumos permitirão que as etapas de planejamento e levantamento em campo sejam realizadas com maior eficiência e assertividade.

Palavras-chave: mapeamento cartográfico, geoprocessamento, SIG, áreas isoladas, Pantanal.

Abstract. The universal access to electricity is a very important issue, which is one of the concerns of the Federal Government to the development of the country. Data drawn from 2000 Census Statistics (IBGE) and the Ministry of Mines and Energy (MME) show the relationship between the lack of electricity supply structure and social exclusion of communities, presenting great difficulties in economic and social development. In this context, Energisa Mato Grosso do Sul, which holds the power concession and distribution for the Mato Grosso do Sul State, is looking for technical solutions economically viable, to universalize the rural area at the Pantanal Sul-Matogrossense, that presents great challenges due to its characteristics geographical, climatic and environmental extremely peculiar. Therefore, this paper aims to subsidize the planning stages and cadastral survey of individual properties from the South Pantanal area, using cartographic mapping, geoprocessing and the Geographic Information Systems (GIS) development. In the cartographic mapping were vectorized the road system and the buildings in the study area using orbital orthoimages, for the identification and classification of isolated buildings were used geoprocessing techniques with ArcGIS, and for the buildings registration on the field was prepared two GIS. All of these inputs will allow the planning stages and field surveys are carried out with greater efficiency and assertiveness.

Key-words: cartography mapping, geoprocessing, GIS, isolated areas, Pantanal.

1. Introdução

A universalização do acesso à energia elétrica é um tema de grande relevância para o país porque está diretamente relacionado com o desenvolvimento social. Dados elaborados a partir de estatísticas do Censo 2000 (IBGE) e do Ministério de Minas e Energia (MME) correlacionam a falta de estrutura de suprimento de energia elétrica com a exclusão social das comunidades. De acordo com um estudo do MME publicado em 2003, 27,6% da população rural do Centro-Oeste brasileiro não possui acesso à eletricidade, o que corresponde a cerca de 370 mil pessoas.

A fragilidade das políticas públicas voltadas para o desenvolvimento do interior ao longo dos anos promoveu um grande fluxo migratório em direção às capitais e grandes centros urbanos. De acordo com o Censo 2014 (IBGE), a população brasileira passou dos 200 milhões de habitantes (202.768.562), dos quais 48,3 milhões de habitantes vivem nas capitais, correspondendo a 23,8% da população total do país. Este fato aumenta ainda mais a desigualdade entre as capitais e o interior, além de sobrecarregar a infraestrutura existente dos grandes centros urbanos e desequilibrar o planejamento dos recursos a serem investidos em cada uma das áreas do país.

No caso específico das regiões isoladas do Pantanal Sul-Matogrossense, a viabilidade do suprimento de energia elétrica às propriedades localizadas nesta região se torna complexa não só pelos aspectos de investimento em infraestrutura, mas também devido às especificidades da região: grandes áreas de preservação ambiental e alagamentos sazonais.

Nesse contexto, previamente a qualquer planejamento que vise o suprimento e a distribuição de energia para as regiões isoladas, a obtenção de uma base de dados georreferenciados completa e atualizada é de suma importância.

Face às dimensões da área do Pantanal Sul-Matogrossense (cerca de 90 mil km²), área de estudo deste trabalho, e à dificuldade em se obter dados espaciais atualizados e com escala adequada (melhor que 1:100.000) para estudos, planejamentos e levantamentos em campo, uma das soluções é a elaboração de uma base cartográfica, a partir do uso de imagens orbitais, definindo-se as camadas de informações que requerem um maior detalhamento e atualização, e consolidando-se essa base com outras compatíveis, já existentes.

Outra questão relevante a ser considerada é o provimento de ferramentas adequadas para o levantamento cadastral das propriedades isoladas como, por exemplo, Sistemas de Informações Geográficas (SIG) de navegação e cadastramento, de forma que o trabalho possa ser realizado com agilidade, completude, coordenação e, inclusive, maior segurança.

Face ao exposto, visando o levantamento cadastral das propriedades isoladas da área do

Pantanal Sul-Matogrossense, esse trabalho objetiva a elaboração de uma base cartográfica, a análise e cruzamento de dados espaciais e o desenvolvimento de sistemas que auxiliem e subsidiem tanto o planejamento quanto os levantamentos a serem realizados em campo na área de estudo. Este trabalho está inserido dentro de um projeto mais abrangente da Energisa Mato Grosso do Sul, denominado “Desenvolvimento de Metodologia de Suprimento de Energia Elétrica a Sistemas Isolados Críticos no Pantanal Sul-Matogrossense”, que está sendo realizado com o apoio dos Institutos Lactec e Calden Consultoria de Engenharia Ltda. no âmbito do programa de Pesquisa e Desenvolvimento da ANEEL.

2. Objetivos

O trabalho tem como objetivo subsidiar as etapas de planejamento e levantamento cadastral das propriedades isoladas na área do Pantanal Sul-Matogrossense através do uso de técnicas de mapeamento cartográfico, geoprocessamento e desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

3. Materiais e Métodos

3.1. Área de estudo

A área de estudo corresponde ao Pantanal Sul-Matogrossense a qual possui cerca de 90.000 km² e abrange os municípios de Corumbá, Aquidauana, Miranda, Coxim, Rio Verde de Mato Grosso, Ladário e Porto Murtinho. A área de estudo segue ilustrada pela cor rosa na **Figura 1** a seguir.

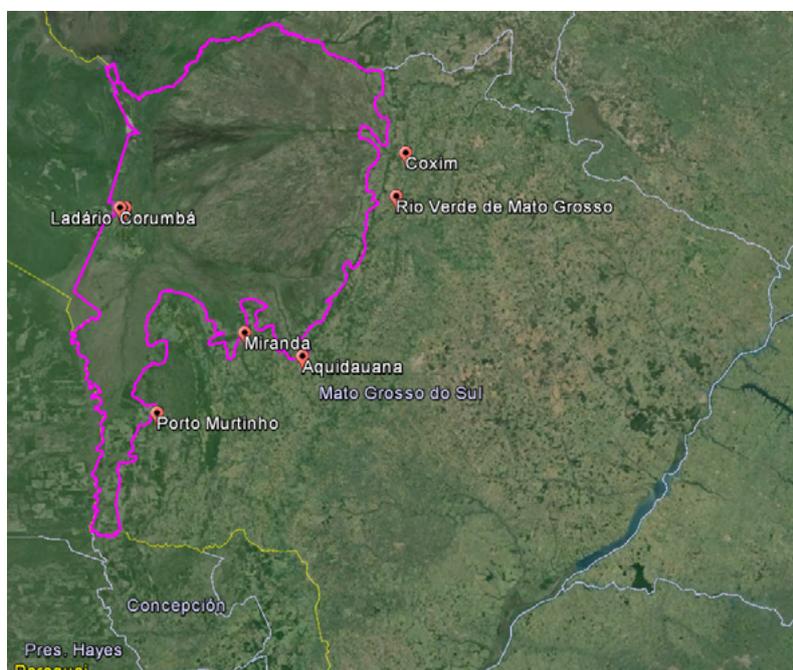


Figura 1. Área de estudo
(fonte: Google Earth Pro, 2016).

Tendo em vista que o enfoque deste trabalho é o levantamento das propriedades isoladas, foram desconsideradas as áreas correspondentes aos limites urbanos dos municípios de Corumbá, Ladário e Porto Murtinho.

3.2. Aquisição de imagens orbitais e análises espaciais

Duas camadas de informações cartográficas foram pré-definidas como essenciais para apoiar as equipes de cadastro em campo. Uma corresponde a todas as edificações não atendidas pela rede de distribuição de energia elétrica, e a outra camada corresponde às estradas e sistema viário para que as equipes possam planejar como se deslocar para cada uma das edificações isoladas.

Tendo em vista a indisponibilidade de dados cartográficos essenciais atualizados para a área de estudo, fez-se necessária a aquisição de imagens orbitais de catálogo recente (período de aquisição inferior a 1 ano) e com 0% de incidência de nuvens, para que as edificações e sistema viário pudessem ser mapeados. Com base nas referidas condicionantes para aquisição das imagens orbitais, optou-se pela compra de dados SPOT6&7 adquiridos no período de junho a agosto de 2015.

As imagens SPOT6&7 possuem uma resolução espacial de 6 metros para as bandas multi-spectrais RGB e de 1,5 metro para a banda pancromática. Porém, devido à grande diferença de custo de aquisição (aproximadamente 3 vezes maior) das imagens coloridas fusionadas com a banda pancromática, optou-se pela aquisição apenas das bandas multispectrais compostas.

Todas as imagens foram adquiridas georreferenciadas a partir dos parâmetros orbitais do satélite e ortoretificadas a partir do modelo digital de elevação do SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). A precisão final prevista para o mapeamento realizado, com base nessas ortoimagens, é compatível com a escala 1:50.000.

Tendo em vista que não são todas as propriedades localizadas na área de estudo que encontram-se isoladas sem acesso a energia elétrica da rede de distribuição, algumas análises espaciais foram realizadas a fim de se identificar apenas quais dessas edificações de fato precisariam ser visitadas e cadastradas em campo. Para a realização dessas análises foram utilizados como dados de entradas as edificações, mapeadas através das ortoimagens orbitais, e os dados espaciais da rede de distribuição de energia elétrica existente (vetores das linhas de distribuição e localização dos transformadores fornecidos pela concessionária de energia elétrica Energisa – EMS). Essas análises espaciais foram realizadas com o auxílio do software da ESRI, o ArcGIS.

3.3. Sistemas de navegação e cadastramento das propriedades isoladas

O cadastramento das propriedades isoladas consiste no levantamento de informações em campo das edificações não atendidas pela rede existente de energia elétrica para a área do Pantanal Sul-Matogrossense, levando-se em conta as características gerais de toda a área e suas particularidades.

Previamente ao início do levantamento em campo, é necessário realizar um planejamento bem detalhado de quais propriedades precisarão ser levantadas e como as equipes farão para se deslocar até as mesmas. Com esse enfoque, esse trabalho também contempla o desenvolvimento e/ou customização de sistemas de informações para fins de navegação e cadastramento, ambos embarcados num único equipamento móvel (*tablet*).

Para a orientação espacial das equipes em campo, uma importante questão considerada foi a baixa disponibilidade e precariedade de conexão à internet na área de estudo (fonte: Anatel, 2015). Deste modo a utilização de aplicativos de navegação que funcionassem desconectados da internet foi imperativo.

Num primeiro momento cogitou-se o desenvolvimento de um aplicativo específico, porém o tempo de análise e desenvolvimento face ao cronograma do projeto tornaram esta opção inviável. Assim, uma vez definido que as equipes de campo trabalhariam com equipamentos móveis e sistema operacional Android embarcado, foi realizada uma busca de softwares que possuíssem a característica de funcionamento desconectados da internet, com suporte à

navegação via GNSS (*Global Navigation Satellite System*), armazenamento de rota, cadastro de pontos de interesse e exibição de arquivos em formato ponto, linha, polígono e imagens georreferenciadas. Um dos aplicativos mais completos encontrados foi o Locus Map Pro (**Figura 2**) na loja de aplicativos Google Play.

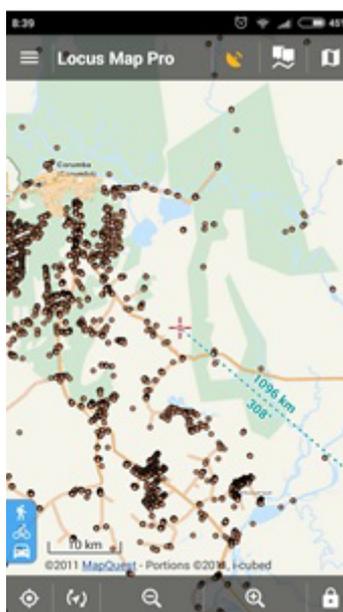


Figura 2. Interface do aplicativo Locus Map Pro.

Uma característica do Locus Map Pro é o suporte a arquivos no formato mbtiles. Este tipo de arquivo armazena basicamente imagens recortadas como ladrilhos (tiles) em vários níveis de zoom, que permite dentro do aplicativo aproximar e afastar o mapa. Os níveis de zoom foram definidos tendo como restrição a geração de arquivos muito grandes (> 1Gb) devido as limitações de memória e processamento do dispositivo móvel.

Para a obtenção dos arquivos mbtiles foi utilizado o software TileMill, o qual segue ilustrado na **Figura 3**.



Figura 3. Interface do software TileMill.

Às equipes foi disponibilizado ainda um aparelho GNSS de mão Garmin Etrex 20x como sistema de reserva em caso de falha do dispositivo móvel. Este equipamento permite a navegação por mapas disponibilizados pelo próprio fabricante e registro das rotas efetuadas.

Para a realização das entrevistas com vistas ao cadastro das propriedades, considerando as inúmeras particularidades deste cadastro, foi desenvolvido um sistema computacional composto por um módulo móvel e um módulo WEB, que abrange desde o registro e a transmissão dos dados de campo até a disponibilização de consultas e relatórios de acompanhamento via internet. Esse sistema está baseado na linguagem de programação Python e banco de dados PostgreSQL e segue apresentado e melhor detalhado no item (4.3).

4. Resultados

4.1. Mapeamento cartográfico

Conforme já mencionado as camadas pré-definidas para serem vetorizadas com base nas ortoimagens orbitais SPOT6&7 foram o sistema viário e as edificações. Convencionalmente, para a escala 1:50.000, edificações isoladas não são representadas, porém a identificação destas foi necessária a fim de subsidiar todos os planejamentos, estudos e levantamentos cadastrais em campo. Dessa forma, tendo em vista as dificuldades observadas no mapeamento de edificações de pequeno porte (ex. menores que 200 m² de área) a partir das ortoimagens SPOT6&7 com GSD de 6 metros, o uso de dados complementares como o Google Earth Pro e o ArcGIS Online foi necessário. Também foram consideradas outras camadas de informações auxiliares para a interpretação das imagens como, por exemplo, os limites das propriedades rurais disponibilizado pelo INCRA do Mato Grosso do Sul.

A **Figura 4** a seguir ilustra um exemplo de uma mesma área representada pelas imagens SPOT6&7 (GSD: 6 metros) e as imagens da base de dados do Google Earth Pro e do ArcGIS OnLine.



Figura 4. Exemplo de imagens SPOT e da base de dados do Google Earth e ArcGIS Online.

Observa-se que as imagens do Google Earth Pro e ArcGIS Online apresentam, para a área indicada na **Figura 4**, uma resolução espacial mais apropriada para a identificação de edificações, porém os dados das referidas fontes não são homogêneos para toda a área de estudo e estão desatualizados em algumas localidades (mais de 10 anos de defasagem). Dessa forma optou-se por trabalhar tendo sempre como referência principal as ortoimagens SPOT6&7 e esclarecer eventuais dúvidas a partir das outras fontes.

O resultado, ao final da etapa de mapeamento das edificações e sistema viário, descontado os limites urbanos dos municípios de Corumbá, Ladário e Porto Murtinho, foi de 15.018 edificações e 34.772 km lineares de sistema viário mapeados. A **Figura 5** a seguir ilustra o mapea-

mento completo realizado na área de estudo.

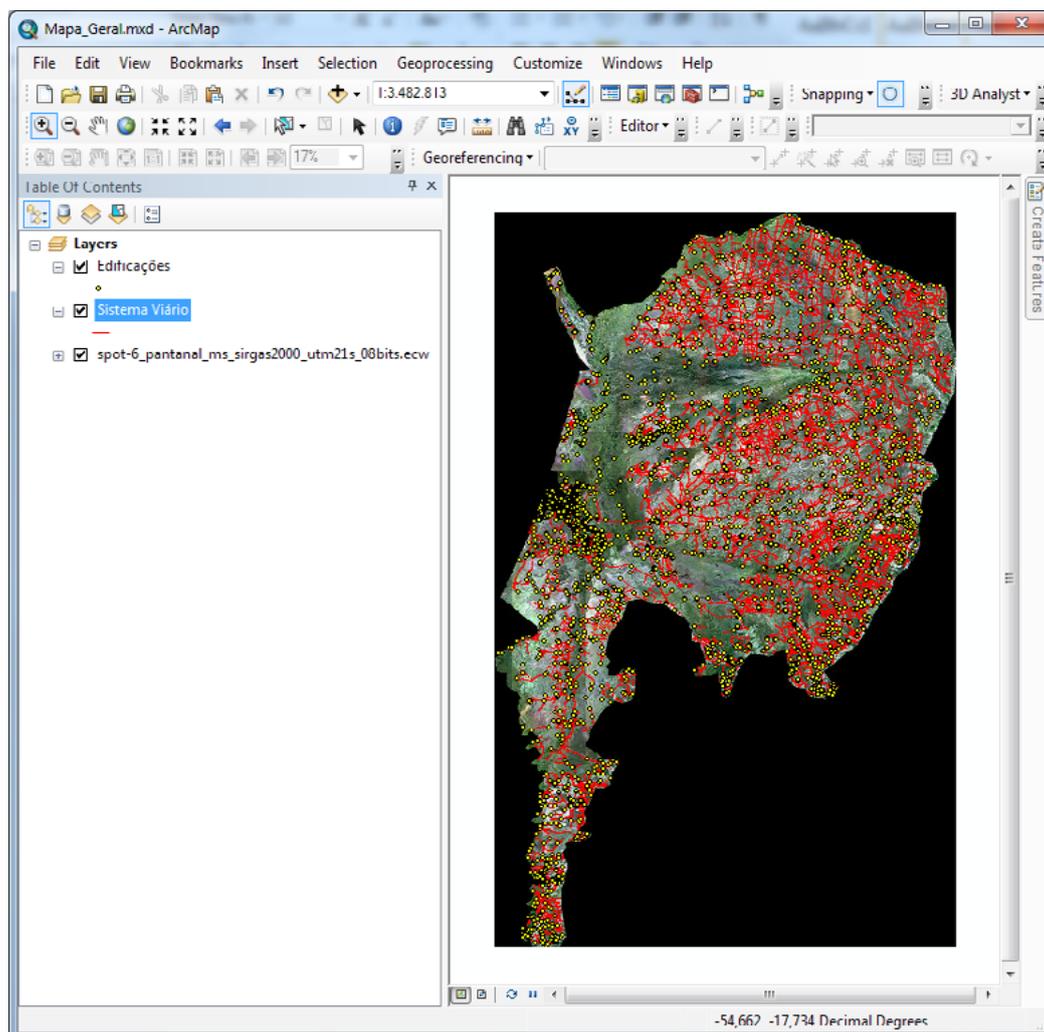


Figura 5. Edificações e sistema viário mapeados na área de estudo.

4.2. Análise de cenários e totalização das propriedades isoladas

Com base nos dados georreferenciados de entrada (edificações, rede de distribuição e transformadores) e auxílio do software ArcGIS, foram obtidos alguns cenários de edificações já atendidas e ainda não atendidas pela rede de distribuição de energia elétrica. Os cenários considerados seguem apresentados na **Tabela 1** a seguir.

Tabela 1. Cenários de edificações atendidas e não atendidas pela rede de distribuição de energia.

Cenário	Proximidade da rede	Edificações atendidas	Edificações não atendidas	% não atendido
1	30 metros	1.737	13.281	88,4%
2	100 metros	5.912	9.106	60,6%
3	500 metros	9.035	5.983	39,8%
4	1.000 metros	9.212	5.806	38,7%

Na **Figura 6** segue ilustrada uma localidade com as edificações selecionadas para o cenário de 500 metros no entorno da rede de distribuição.

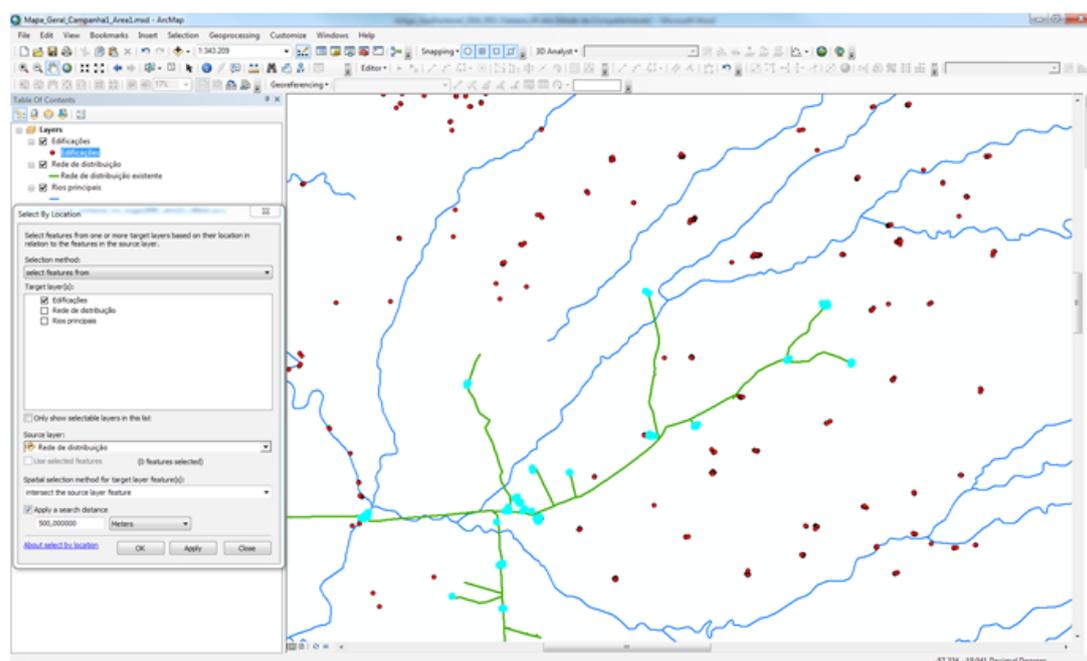


Figura 6. Exemplo de seleção de edificações já atendidas pela rede de distribuição de energia elétrica existente (cenário 3).

Observa-se que, dependendo do cenário considerado, o número de edificações já atendidas pela rede existente de distribuição de energia sofre uma variação substancial, o que pode resultar num trabalho posterior de levantamento cadastral em campo muito maior dependendo do critério adotado.

4.3. Sistema de informações para o cadastramento das propriedades

Para auxiliar no processo de levantamento de dados cadastrais foi desenvolvido um sistema computacional, composto por um módulo móvel e um módulo WEB, que abrange desde o registro e a transmissão dos dados de campo até a disponibilização de consultas e relatórios de acompanhamento via internet.

O módulo móvel foi desenvolvido na forma de um aplicativo para a plataforma Android e teve suas telas projetadas para melhor exibição em equipamentos do tipo tablet com telas entre 7 e 8 polegadas de tamanho. A **Figura 7** ilustra algumas das telas do módulo móvel.

Com o uso do módulo móvel os cadastradores de campo podem facilmente coletar as informações das propriedades, compreendendo dados de localização geográfica, de construção, de meios de acesso, de atividades econômicas e de produção, de posses e hábitos, de demandas de recursos energéticos, informações sociais, bem como realizar o registro fotográfico. Para abranger a esta gama de dados o formulário de pesquisa conta com mais de 40 telas para preenchimento, sendo o cadastramento completo realizado em um tempo médio de 18 minutos.

Todas as informações registradas no dispositivo móvel (*tablet*) são armazenadas na memória interna do equipamento e em um cartão de memória removível na forma de uma cópia de segurança, prevenindo que, em caso de dano no dispositivo, as informações registradas sejam perdidas. Ainda, o módulo móvel possui a funcionalidade de transmitir todos os dados registrados para um servidor central, sempre que houver acesso à internet disponível.

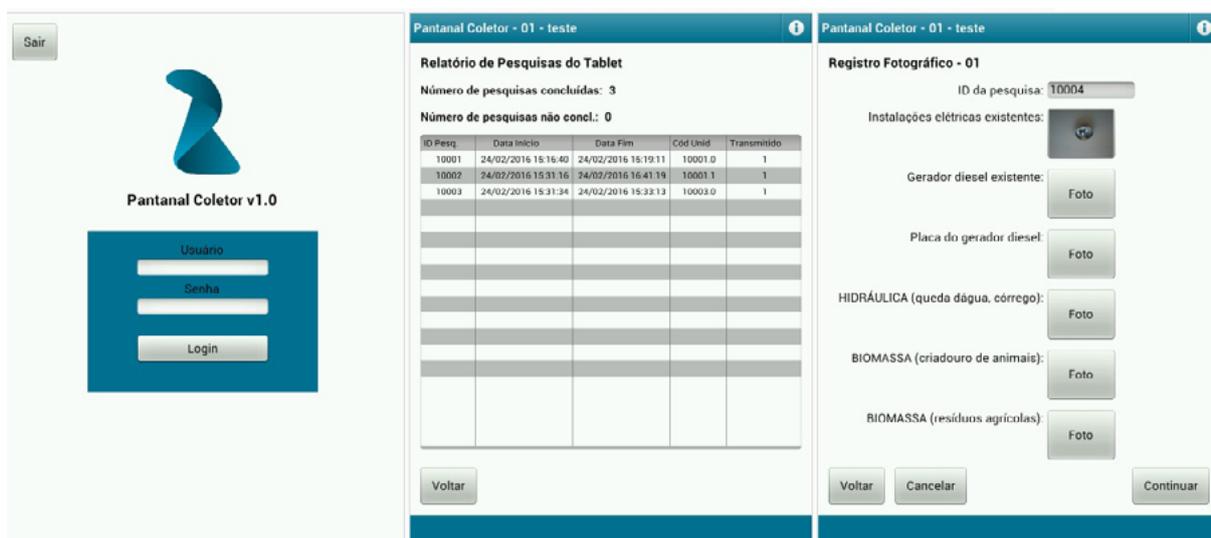


Figura 7. Telas do módulo móvel

O módulo WEB, por sua vez, é uma aplicação WEB acessível via internet, desenvolvida em linguagem de programação Python e com acesso ao banco de dados (PostgreSQL) que recebe as informações transmitidas pelos dispositivos de campo. Este módulo é responsável por disponibilizar consultas e relatórios para o acompanhamento das atividades em tempo real.

Uma das principais funcionalidades do módulo WEB é a consulta georreferenciada das pesquisas. Esta consulta exibe a localização geográfica das propriedades cadastradas, as quais podem ser filtradas pelo número da pesquisa, por equipe de campo ou ainda por um intervalo de datas.

As informações podem ser visualizadas em formato simplificado, por exemplo, clicando uma vez sobre um dos marcadores (bandeiras) apresentadas sobre o mapa, ou em formato completo com o clique duplo sobre o respectivo marcador. As informações completas são apresentadas em uma janela auxiliar no navegador e incluem todas as fotografias coletadas durante o cadastro em campo. A Figura 8 ilustra estas funcionalidades de clique simples e duplo, respectivamente.

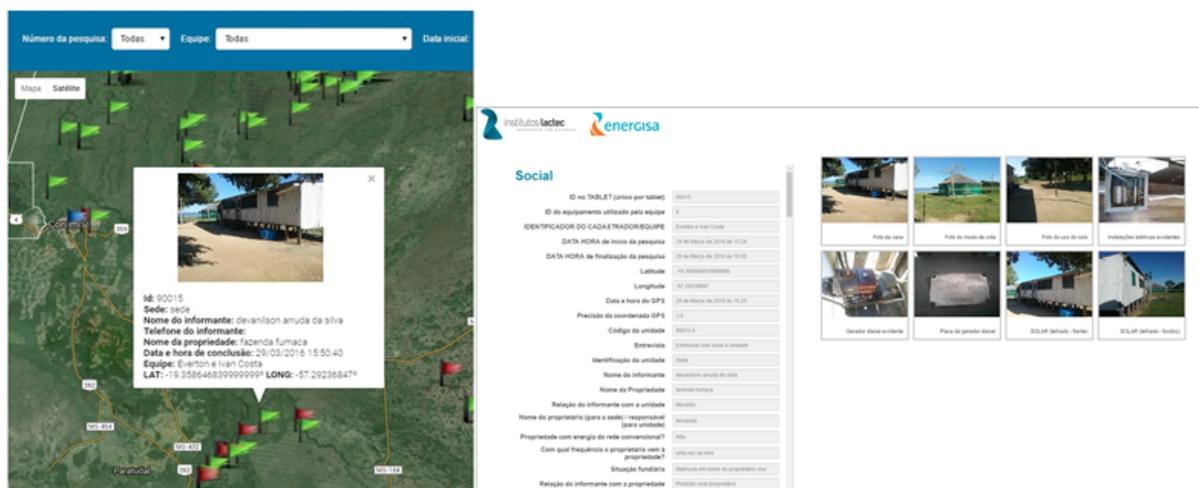


Figura 8. Funcionalidades de visualização de detalhes da pesquisa

Ainda, o módulo WEB permite a emissão de diversos relatórios para auxiliar o processo de

acompanhamento dos trabalhos de campo, bem como a exportação de todos os dados registrados para o uso em outros softwares.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa de P&D ANEEL pela disponibilidade de recurso financeiro para a realização deste trabalho.

6. Conclusões

A aplicação das ferramentas de geoprocessamento, mapeamento cartográfico e a utilização de sistemas de navegação e de informações para o levantamento de unidades isoladas na região do Pantanal do Mato Grosso do Sul está apresentando resultados efetivos e possibilitando que o trabalho seja realizado de forma eficiente pelas equipes de campo. A vetorização do sistema viário e das edificações da área de estudo a partir de ortoimagens orbitais possibilita o deslocamento otimizado, através do aplicativo Locus, e a aplicação do questionário através do módulo móvel no equipamento tablet também se mostra efetiva e segura para a reunião das informações em um banco de dados para posterior análise dos resultados.

As análises espaciais para classificação das edificações atendidas e não atendidas pela rede de distribuição de energia elétrica foi de suma importância, porque permite que, além de totalizar o número de edificações, as equipes se restrinjam a visitar apenas aquelas que de fato não estão contempladas pela rede de distribuição.

Durante o desenvolvimento das atividades, a interação dos pesquisadores com os equipamentos e aplicativos indicou possibilidades de melhorias, as quais foram implementadas a fim de otimizar a coleta de dados e o sistema de navegação, bem como o planejamento das atividades.

Todos esses insumos estão permitindo a realização do trabalho de levantamento em campo de forma eficiente e assertiva.

7. Referências

Anatel – Agência Nacional de Telecomunicações. **Mapa da Telefonia Móvel**. Disponível em: <http://gatewaysiec.anatel.gov.br/mobileanatel/>. Acesso em: 05 dez. 2015.

Android, **Plataforma de desenvolvimento de aplicações móveis**. Disponível em: <https://developer.android.com>. Acesso em: 10 fev. 2016.

Brasil, IBGE. **Censo Demográfico, 2000**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 nov. 2015.

Brasil, IBGE. **Censo Demográfico, 2014**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 15 nov. 2015.

Google Play – Loja de Aplicativos Google. **Locus Mapa Pro - Outdoor GPS**. Disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=menion.android.locus.pro>. Acesso em: 15 dez. 2015.

Mapbox – Mapbox/Tilemill. **Create beautiful interactive maps**. Disponível em: <https://www.mapbox.com/tilemill/>. Acesso em: 18 dez. 2015.

MBTiles - **MBTiles Specification**. Disponível em: <https://github.com/mapbox/mbtiles-spec>. Acesso em: 18 dez. 2015.

MME – Ministério de Minas e Energia. 2003. **Programa Luz para Todos**. Brasília. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/luzparatodos>. Acesso em: 15 nov. 2015.

PostgreSQL, **Sistema gerenciador de banco de dados objeto-relacional de código aberto**. Disponível em: <http://www.postgresql.org.br/>. Acesso em: 10 fev. 2016.

Python, **Linguagem de programação para integração de sistemas**. Disponível em: <https://www.python.org/>. Acesso em: 5 de mar. 2016.



Reflexões sobre o aproveitamento dos mapas de escala grande em meio analógico das áreas urbanas das cidades pequenas.

Estudo de caso: Sistema Cartográfico da área urbana da cidade de Aquidauana-MS

Nelson Marisco

Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Av. Lourival Melo Mota, s/n - Tabuleiro dos Martins
57072-900 - Maceió, AL
nelson.marisco@ceca.ufal.br

Resumo: A empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul possui guardado em sua mapoteca uma grande quantidade de produtos cartográficos da área urbana de várias cidades do Estado. Embora, a maior parte desses mapeamentos terem sido realizados na década de 1980, muitos desses produtos ainda podem ser de grande utilidade para vários municípios de pequeno porte do Estado. Municípios esses que não tiveram ao longo desses anos uma transformação profunda em sua malha urbana, como por exemplo, a área urbana da cidade de Aquidauana-MS, que ao longo desses anos não sofreu uma grande transformação em seu traçado urbano, preservando-o, com poucas ampliações, mas com bastante adensamento ocupacional das suas áreas, principalmente nas regiões norte, nordeste e leste da cidade. Dentro desse contexto, esse trabalho procurou valer-se do mapeamento da área urbana da cidade de Aquidauana-MS, contratado pela Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul, junto a Empresa Sondotécnica Engenharia de Solos S.A e executado pela empresa BASE fotogrametria Ltda. Levantamento aerofotogramétrico realizado no ano de 1980. Esse trabalho objetiva a recuperação, conversão digital e conversão de referencial geodésico SAD69 para SIRGAS2000 das 27 folhas em poliéster que integram o mapeamento do Sistema Cartográfico da área urbana da cidade de Aquidauana-MS, em escala original 1:2.000, restituído do levantamento aerofotogramétrico de 1980, bem como fazer uma reflexão sobre o aproveitamento do mesmo, valendo-se dos programas livres para Geoprocessamento, neste caso específico o QGIS.

Palavras chaves: cartografia básica, tecnologias de conversão de dados, aproveitamento de recursos.

Abstract: The Sanitation Company of the State of Mato Grosso do Sul has saved in its Mapoteca a lot of cartographic products of the urban area of cities across the state. Although most of these mappings have been carried out in the 1980s, many of these products can still be useful for various small towns of the state. Municipalities those who have not had over the years a profound transformation in its urban area, such as the urban area of the city of Aquidauana-MS, which over the years has not undergone a major transformation in its urban layout, preserving it, with few extensions, but with enough occupational density of their areas, especially in the north, northeast and east of the city. In this context, this study sought to avail himself of the mapping of the urban area of the city of Aquidauana-MS contracted by the company Sanitation of the State of Mato Grosso do Sul, with the company Sondotécnica Soil Engineering SA and executed by the company photogrammetry BASE Ltda . aerophotogrammetric survey conducted in the year 1980. Esse objective job recovery, digital conversion and geodetic reference SAD69 conversion SIRGAS2000 of 27 sheets of polyester that integrate mapping Cartographic System of the urban area of the city of Aquidauana-MS, Original scale 1 : 2000, returned the aerophotogrammetric survey of 1980. as well as to reflect on the use of the same, taking advantage of free programs for Geoprocessamento in this specific case QGIS.

Key-words: basic mapping, data conversion technologies, resource utilization.

1. Introdução

A empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul possui guardado em sua mapoteca uma grande quantidade de produtos cartográficos da área urbana de várias cidades do Estado de Mato Grosso do Sul. Apesar desses mapeamentos terem sido realizados na década de 1980, muitos desses produtos ainda podem ser de grande utilidade para vários municípios de pequeno e médio porte do estado. Municípios esses que não tiveram ao longo desses anos uma transformação profunda em sua malha urbana, como por exemplo, a área urbana da cidade de Aquidauana-MS que ao longo desses anos não sofreu uma grande transformação em seu traçado urbano, preservando-o com poucas ampliações, mas com bastante adensamento ocupacional principalmente nas regiões norte, nordeste e leste da cidade.

Ademais, sabe-se que o custo de mapear uma área urbana de um município de pequeno e médio porte não cabe no orçamento dos mesmos. O recomendado seria que os municípios procurassem realizar uma parceria entre si e/ou com as empresas prestadoras de serviços públicas e/ou privadas para viabilizarem a realização do mapeamento ou sua atualização. Mapeamentos esses fundamentais ao suporte de ações de planejamento e gestão territorial dos municípios.

Dentro desse contexto, esse trabalho procurou valer-se do mapeamento da área urbana da cidade de Aquidauana-MS, contratado pela Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul, junto a Empresa Sondotécnica Engenharia de Solos S.A e executado pela empresa BASE fotogrametria Ltda. Levantamento aerofotogramétrico realizado no ano de 1980.

Para o desenvolvimento do trabalho procurou-se fundamentar nas constatações de Dale & McLaughlin (1990), os quais afirmam que *“os dados gráficos de um mapa podem ser convertidos em forma numérica, pelo processo conhecido como digitalização, mas apesar do poder de apresentação em um computador, aparentemente com altos níveis de precisão, sua acurácia geométrica atual não pode ser melhor que do material original.”*

Desta forma, esse trabalho visa a conversão digital de Plantas cartográficas de áreas urbanas e posterior conversão ao Sistema de Referência Geodésico SIRGAS2000. A conversão de dados “vector” para “raster” é relativamente direta; entretanto essa conversão inevitavelmente perderá uma pequena quantidade de informações. Já a conversão “raster” para “vector” é mais complicada.

Os autores Teixeira & Scarin (1994), afirmam que a conversão “raster” para “vector” pode ser executada utilizando-se os seguintes métodos: manual (“on-screen”), semiautomático ou automático.

No desenvolvimento desse trabalho utilizou-se os procedimentos de vetorização automático

e semiautomático. Mais detalhes sobre esse assunto podem ser encontradas em Marisco(1997).

2. Objetivos

Esse trabalho objetiva a recuperação, conversão digital e conversão de referencial geodésico SAD69 para SIRGAS2000 das 27 folhas em poliéster que integram o mapeamento do Sistema Cartográfico da área urbana da cidade de Aquidauana-MS, em escala original 1:2.000, restituído do levantamento aerofotogramétrico de 1980.

3. Breve caracterização da área de estudo

O município de Aquidauana localiza-se no portal do pantanal na micro região do alto pantanal no Estado de Mato Grosso do Sul. Está aproximadamente a 140km da cidade de Campo Grande-MS, que é a capital do Estado. Aquidauana em 1980, segundo dados do IBGE, possuía um total de 26.843 habitantes, sendo que 21.514 na área urbana (com 5.966 domicílios urbanos) e 5.329 na área rural. Em 2010, segundo dados do IBGE, a cidade passou a ter 45.614 habitantes, sendo 35.926 na área urbana (com 11.106 domicílios urbanos) e 9.688 na área rural. Classificada como uma cidade de pequeno porte com um perímetro urbano de aproximadamente 22.5 Km², ver **Figura 1**.

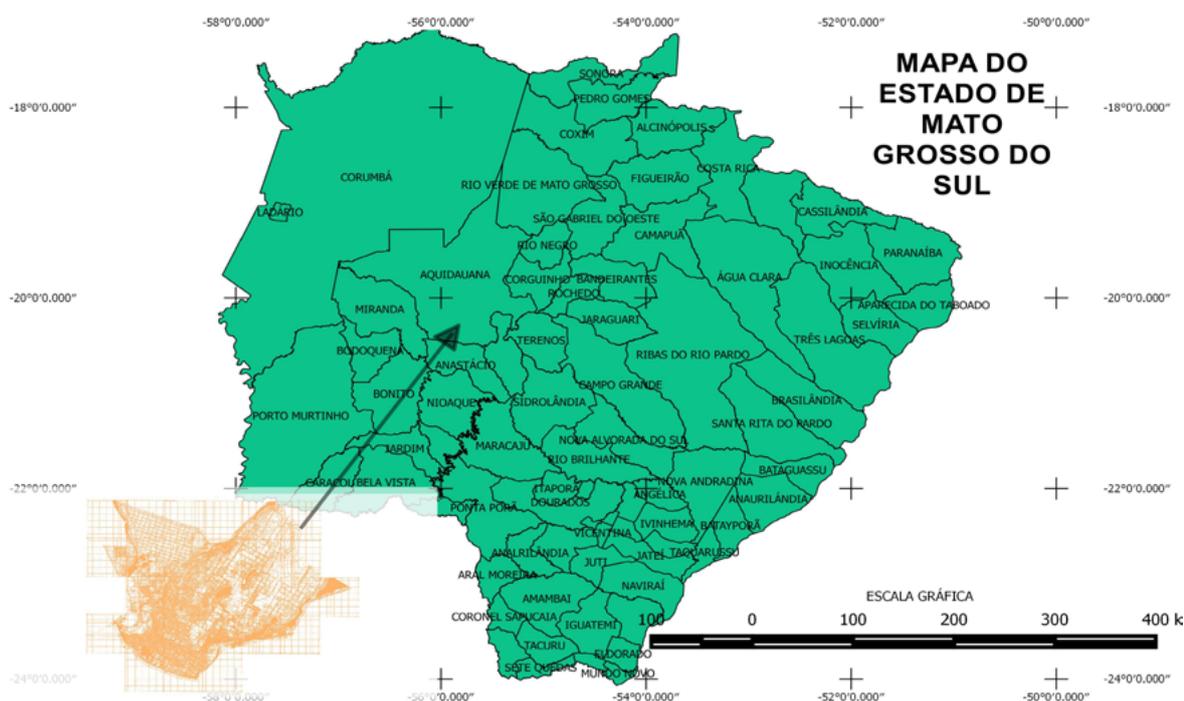


Figura 1. Imagem de caracterização da área

Ao longo desse 30 anos pode-se dizer que tanto a população quanto o número de domicílios quase que dobraram. Entretanto, isso não refletiu em grandes transformações na estrutura urbana da cidade já que seu perímetro urbano pouco se alterou ao longo desses anos. O que justifica em parte a possibilidade de recuperação e utilização dos produtos cartográficos gerados no ano de 1980, principalmente se considerarmos os custos de um novo mapeamento para a área urbana de Aquidauana-MS.

4. Desenvolvimento metodológico do trabalho

Para atingir os objetivos propostos nesse trabalho, as 27 folhas em poliéster foram digitalizadas em um scanner A0 CONTEX a 300dpi, gerando imagens com pixel quadrado de 0,06mmx-0,06mm, mais detalhes sobre conversão raster para vector e vice versa, ver Marisco (1997). Em seguida passou-se a realizar o recorte das imagens para deixá-las somente com a área geográfica mapeada de interesse. Utilizando-se do programa QGIS 2.14.5 Essen versão em língua portuguesa, passou-se ao georreferenciamento das imagens recortadas ao Sistema de Referência Geodésico do original cartográfico em meio analógico, isto é, o SAD-69. No processo de georreferenciamento, estabeleceu-se que os erros médios quadrático para os pontos de controle não fossem superior a três pixel por imagem. Nesta etapa, utilizou-se como pontos de controle, os cruzamentos das malhas de coordenadas do Sistema UTM do original cartográfico. O modelo matemático aplicado foi o de Helmert com quatro pontos de controle no mínimo, obtidos nos extremos das folhas, conforme Blachut et al. (1979).

Em seguida, no QGIS, passou-se ao processo de vetorização automática das imagens, salvando cada folha em shapefile (.shp) alterando o seu SRC(Sistema de Referência de Coordenadas) neste caso SAD-69/UTM zona 21S - EPSG 29181 para SIRGAS2000/UTM zona 21S - EPSG 31981), ver **Figura 2**.

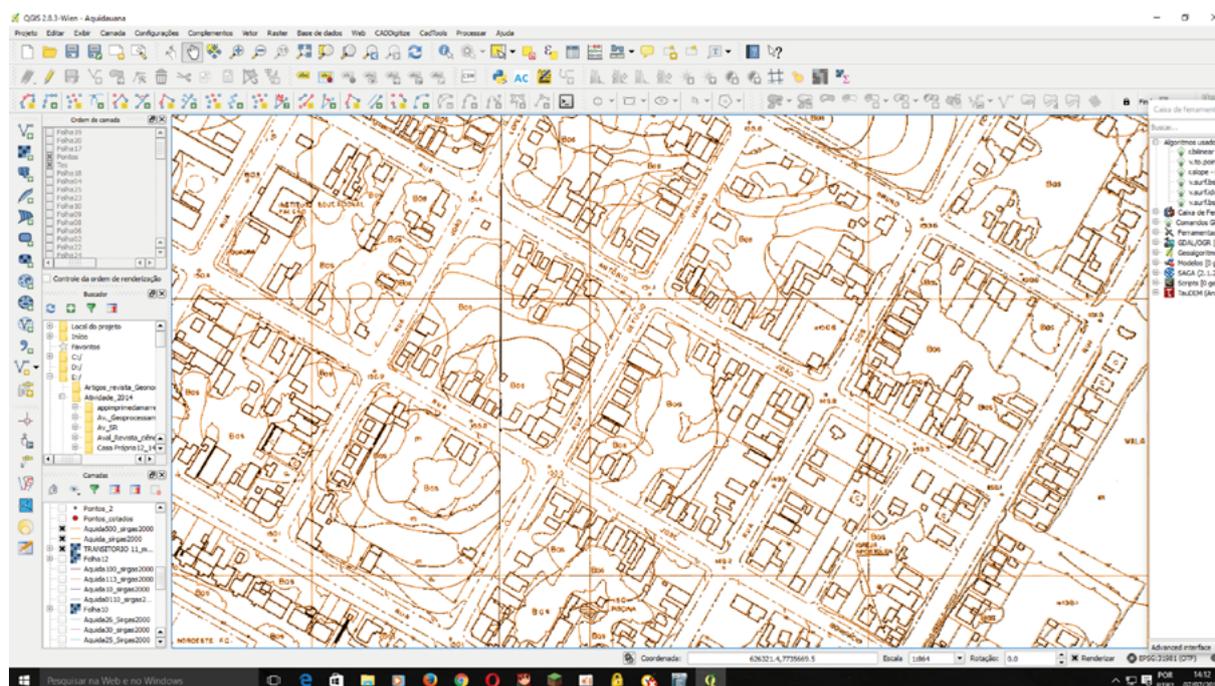


Figura 2. Captura da tela do QGIS.

Posteriormente, as folhas foram mosaicadas, gerando um mapa único de toda a área urbana da cidade de Aquidauana-MS referenciadas ao SIRGAS2000/UTM zona 21S - EPSG 31981. Deve-se observar que o recorte temporal é de 1980, ano de tomada das fotografia aéreas, que foram posteriormente restituídas para a produção das respectivas Plantas Cartográficas. Ver **Figura 3**.

Para validação desse processo levantou-se 23 pontos de controles com GPS modelo Pro-mark2. Receptor com 12 canais independentes rastreando a portadora L1 e C/A. Tendo segundo o fabricante precisão Horizontal no método Estático de 5mm+1ppm e precisão Horizontal no método Cinemático de 12mm+2,5ppm. Os 23 pontos de controle levantados em campo não

ultrapassaram a 3,0 cm de erro padrão por ponto.

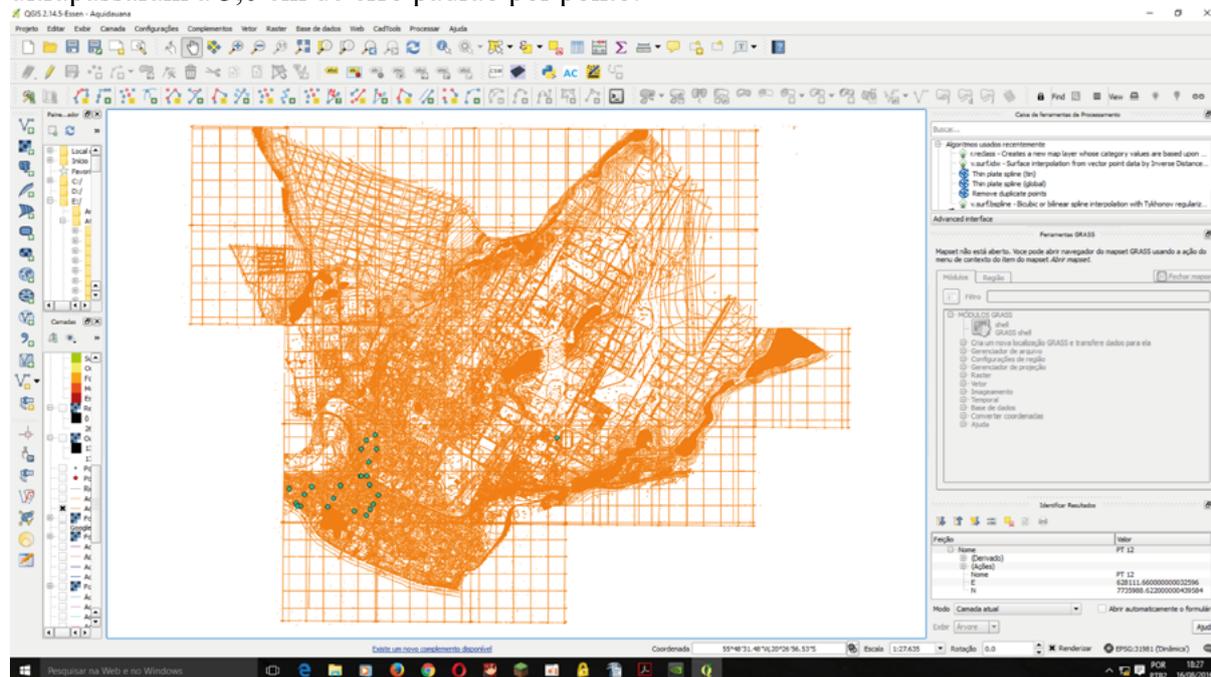


Figura 3. Imagem do QGIS com as folhas mosaicadas em SIRGAS2000/UTM zona 21S - EPSG 31981 e parte dos pontos de controle.

No processo de vetorização automática os algoritmos do QGIS e GRASS GIS (Geographic Resources Analysis Support System) tiveram uma excelente performance, tanto na geração das linhas como dos pontos. Entretanto, deve-se observar que o processo de vetorização automática não permite a separação por camadas das diferentes feições cartográficas dispostas no mapa, o que particularmente é um problema para a vetorização de mapas urbanos com grande densidade de informações. Possivelmente um aplicativo de vetorização semiautomático deve ser objeto de desenvolvimento no QGIS. No processo de separação da altimetria, criou-se arquivos shapefile (.shp), para as curvas de nível e para os pontos cotados planialtimétricos dispostos nas folhas.

5. Discussão sobre o desenvolvimento do trabalhos e resultados

Com a disponibilização dos programas de Sistemas de Informações Geográficas fontes abertas e livre como o QGIS, ações como as de conversão de sistemas de coordenadas para produtos em formato digital e posterior vetorização tornaram-se altamente acessíveis pela comunidade usuária das geotecnologias, isso representa uma grande evolução uma vez que em se comparando com meados dos anos de 1990 e início do século XXI, esse processo era altamente oneroso em função dos programas que permitiam a realização dessas tarefas serem proprietários e caros.

Isso abre uma gama de possibilidades de recuperação de uma grande quantidade de produtos cartográficos em escala grande disponíveis em meio analógico nos quais foram gastos muitos recursos públicos. A recuperação desses produtos podem ultrapassar seu caráter de registro histórico que por si só já é relevante, mas abre perspectivas de recuperação de informações extremamente importantes e passíveis de utilização pela comunidade, principalmente para os municípios de pequeno e médio porte que são a grande maioria dos municípios brasileiros.

A necessidade de informações planimétricas e principalmente as altimétricas para ações de planejamento ambiental urbano e implantação de infra estruturas podem ser extremamente

valiosas, principalmente as informações altimétricas que perfazem aproximadamente 60% dos custos de um mapeamento em áreas urbanas. Ver **Figura 4**.

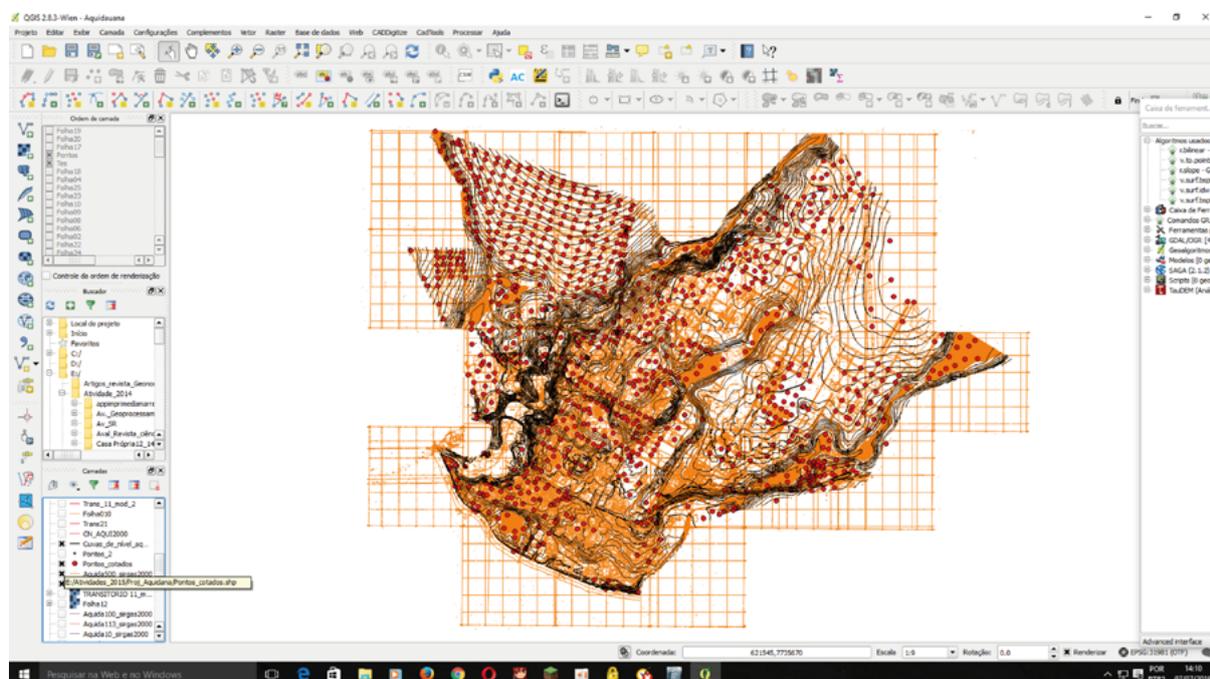


Figura 4. Imagem do QGIS da altimetria da área urbana da cidade de Aquidauana-MS

Evidentemente, que esses custos podem variar em função das tecnologias empregadas no processo de obtenção das altimetrias em áreas urbanas. Entretanto, deve-se destacar que uma vez obtido a altimetria em uma área urbana ela tende a sofrer poucas alterações ao longo do tempo, o que reforça ainda mais a viabilidade de se fazer o aproveitamento dos produtos cartográficos mesmo que os mesmos tenham sido obtidos há vários anos atrás. Neste trabalho toda a altimetria foi separada em dois arquivos shapefile (.shp), um contendo as curvas de nível e outro contendo os pontos planialtimétricos dispostos nas 27 folhas. No processo de separação das curvas de nível das demais feições, obteve-se muitos pedaços de linha e pontos indesejados. Para eliminar esse problema optou-se pela transformação dessas linhas em pontos cotados planialtimétricos através do algoritmo do GRASS (v.to.point), ver Figura 5.

Outra questão merecedora de uma análise, seria o processo de atualização cartográfica a ser implementado nesse processo. Discussão que deve ser analisada caso a caso, levando em conta os custos e benefícios da realização desse processo, mais detalhes sobre essa questão podem ser encontrados em Marisco (1997), Rosa (1984), D'alge (1997). A Figura 5 apresenta os pontos planialtimétricos e o mosaico das folhas vetorizadas sobrepostos à imagem do Satélite SPOT de 11/06/2016 no QGIS utilizando o Plugin (Web/OpenLayers plugin/Google Maps/Google Satellite). Como pode se notar a área central da cidade sofreu poucas alterações ao longo desses anos. Isso pode ajudar no processo de atualização dessa área.

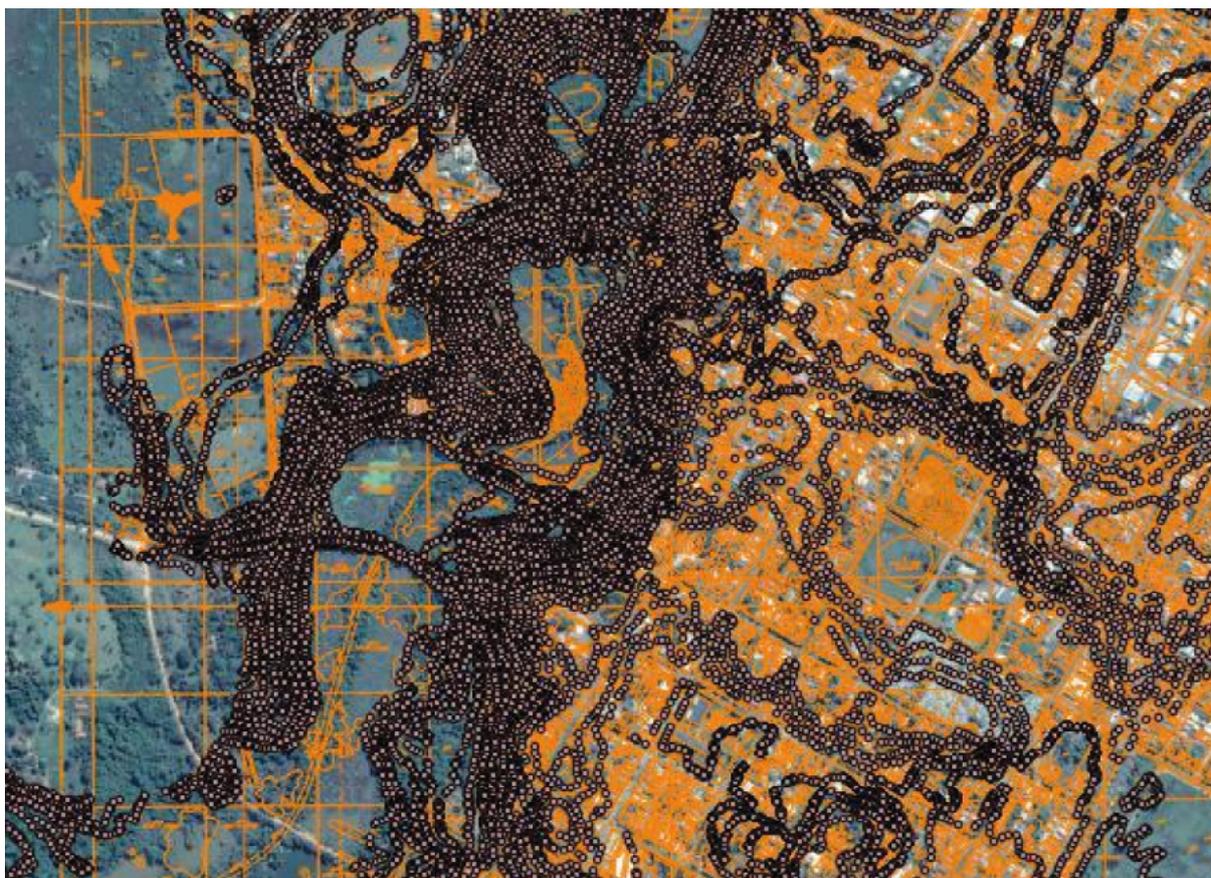


Figura 5. Imagem do QGIS utilizando o Plugin (Web/OpenLayers plugin/Google Maps/Google Satellite).

6. Conclusões e perspectivas

Entende-se que um dos maiores desafios ao processo de recuperação dos produtos cartográficos em escala grande é o acesso aos equipamentos adequados para a realização das digitalizações desses mapas de forma que possam garantir a preservação da qualidade cartográfica dos originais em meio analógico. Entretanto, esse desafio pode e deve ser superado em processos de parcerias público público ou público-privadas, passando até mesmo pela contratação, pelas administrações públicas, de serviços de digitalização dos produtos cartográficos de interesse.

Especificamente no caso da cidade de Aquidauana-MS, pode-se afirmar que um novo mapeamento faz-se necessário, priorizando-se as regiões Nordeste, Norte e Leste da cidade, pois são áreas que tiveram ao longo desses anos maior adensamento da ocupação urbana.

Na continuidade do desenvolvimento do projeto, pretende-se:

- Construir um mapa de declividade para a área urbana da cidade de Aquidauana-MS;
- Atualizar o traçado dos arruamentos utilizando-se imagens de satélite de altíssima resolução;
- Fornecer suporte ao desenvolvimento de um Sistema Territorial Urbano para a cidade de Aquidauana-MS para dar suporte ao Cadastro Territorial Multifinalitário do município;
- Fornecer subsídios para o estudo e análises de planejamento ambiental urbano para os córregos João dias e Guanandy, bem como para a área de proteção ambiental da Lagoa Comprida;
- Fornecer suporte ao apoio de estudos e melhorias ao processo de uso e ocupação das terras nas margens do Rio Aquidauana.

7. Agradecimentos

Agradecer o desenvolvimento desse trabalho à Empresa de Saneamento do Estado de Mato Grosso do Sul (SANESUL) pela disponibilização dos originais cartográficos em poliéster autorizando a sua digitalização e à ENERSUL atual ENERGISA pela disponibilidade de digitalização das folhas através do scanner CONTEX A0.

8. Referências Bibliográficas

- Blachut, T. J., Chrzanowski, A.; Saastamoinen, J. H.. **Urban Surveying and Mapping**. Ed. Springer - Verlag, New York - United States of American, 1979.
- CONTEX. **Full Scale Scanner - Multi Platform models**. Operator's Guide. Denmark, February 19, 1993.
- D'alge, J. C. L., **Atualização Cartográfica por imagens de satélites**, 1997. INPE pg. 1-14.
- URL (<http://www.dpi.inpe.br/~julio/arquivos/consult1.pdf>). Acesso em 27 jun. 2016
- Dale, F. P. ; Mclaughlin J. D.. **Land information management**. Oxford University Press, United States, 1990.
- IBGE – URL (<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=5001102>). Acesso em: 05 jun. 2016
- IBGE – URL (http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/310/cd_1980_v1_t1_n22_ms.pdf). Acesso em: 05 jun. 2016
- Marisco N. **Atualização de plantas cadastrais utilizando Ortofotos Digital**, 1997. Florianópolis SC, 175 p., Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina.
- QGIS – URL (<http://www.qgis.org/en/site/>). Acesso em: 25 jun. 2016
- Rosa, Flávio Sammarco. **Viabilidade da Atualização Cartográfica**, 1984. São Paulo SP, pg 7-14, Revista do Departamento de Geografia – USP, ISSN 2236-2878. URL (<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47322>) . Acesso em 27 jun. 20
- Teixeira, A. L. De A.; Scarim, J. L. **Digitalização e Conversão Raster/Vector de Mapas**. Revista Fator GIS, nº 06, 1994, p. 16 a 21.



Balço hídrico sequencial para a cultura do Amendoim em Tangará da Serra - MT

João Danilo Barbieri¹
Rivanildo Dallacort¹
Adalberto Santi¹
Francielle Freitas Vieira¹
André Tavares Vasconcelos¹

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Rodovia MT – 358, Km 07, Jardim Aeroporto
78300-000 - Tangará da Serra, MT - Brasil
{jd.barbieri, franciellefreitascosta}@hotmail.com
{rivanildo, adalbertosanti}@unemat.br
andre.vasconcelos04@gmail.com

Resumo. O estado de Mato Grosso é o maior produtor de grãos do país por priorizar o cultivo em segunda safra o que favorece a ciclagem de nutrientes e rotação de culturas na região. Este trabalho teve como objetivo avaliar a produtividade de duas cultivares de amendoim, (C1 - IAC Tatu ST e C2 - IAC Runner 886), sobre a influência da época de semeadura em período de segunda safra no município de Tangará da Serra – MT, que pertence à Bacia do Alto Paraguai, onde se insere o Pantanal. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema de 2x4, com 4 repetições, dispostos na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), – Campus Universitário de Tangará da Serra – MT. A semeadura foi realizada em quatro datas, sendo: E1 - 16/02; E2 - 26/02; E3 - 08/03 e E4 - 20/03. Com a realização do balanço hídrico sequencial para a cultura foi possível determinar a melhor época de semeadura para que não ocorra deficiência hídrica. A produtividade média de grãos da C1 e C2 foi de 1564 kg ha⁻¹ e 2491 kg ha⁻¹ com semeadura realizada na E1. A melhor época de semeadura para as duas cultivares foi a E1.

Palavras-chave: déficit; excedente; épocas.

Abstract. The state of Mato Grosso is the country's largest grain producer to prioritize the cultivation second crop which favors nutrient cycling and crop rotation in the region. This study aimed to evaluate the productivity of two peanut cultivars (C1 - IAC Tatu ST and C2 - IAC Runner 886) on the influence of sowing time period of second crop in the city of Tangará da Serra - MT, which It includes the Upper Paraguay River Basin where it enters the Pantanal. The experimental design was randomized blocks in 2x4 scheme, with four replicates, in the experimental area of the State University of Mato Grosso (UNEMAT) - University Campus of Tangará da Serra - MT. Sowing was carried out on four dates, as follows: E1 - 16/02; E2 - 26/02; E3 - 08/03 and E4 - 20/03. With the completion of sequential water balance for culture it was possible to determine the best time of sowing so that there is water deficiency. The average grain yield of C1 and C2 was 1564 kg ha⁻¹ and 2491 kg ha⁻¹ with sowing in E1. The best sowing time for both cultivars was E1.

Key-words: deficit; surplus; epochs.

1. Introdução

A cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) é uma importante opção para o Cerrado Mato-grossense por apresentar rentabilidade satisfatória, por ser uma cultura adaptada às condições edafoclimáticas da região e por se desenvolver bem em condições de segunda safra no Estado, Segundo o IBGE (2015), Mato Grosso produz em média 310 toneladas de amendoim por ano e essa produção vem aumentando a cada safra.

O estado de Mato Grosso por apresentar um grande território agricultável, centraliza sua produção em algumas culturas com maior expressão comercial como soja, milho, algodão, cana-de-açúcar, entre outros, no entanto, a cultura do amendoim vem se estabelecendo na região. Segundo dados da CONAB (2015), na safra de 2012 a produtividade era de aproximadamente 1630 kg ha⁻¹, já para 2013 a produtividade chegou a 2460 kg ha⁻¹, isso devido a tecnologia de aplicação aos recursos agrícolas, esse aumento se torna expressivo em relação ao maior produtor São Paulo que plantou 79.000 ha e obteve produção de 3400 kg ha⁻¹, a expressividade está relacionada ao fato que o Mato Grosso possui maior área agricultável, porém ainda não investe no amendoim como cultura secundária.

Em estudos de Silva (2008), afirma que a cultura permite uma ampla faixa de cultivo, desde climas equatoriais até os temperados para isso é necessário uma estação quente e úmida, suficiente para permitir a vegetação da planta, porém é muito resistente à seca, favorecido pelo desenvolvimento de seu sistema radicular a grandes profundidades possibilitando uma maior exploração da umidade do solo, por outro lado, a cultura não é indicada para regiões de estação úmida muito prolongada, pois favorece o ataque de fungos e incidência de doenças, além de prejudicar a colheita e a qualidade do produto.

Segundo Cunha & Assad (2001), os fatores climáticos são os principais causadores de flutuações no rendimento de grãos das culturas, pois temperatura e precipitação, por exemplo, não podem ser controlados ou modificados pelo homem em grande escala.

O balanço hídrico é uma primeira avaliação de uma região, que se determina a contabilização de água de uma determinada camada do solo onde se defini os períodos secos (deficiência hídrica) e úmidos (excedente hídrico) de um determinado local (REICHARDT, 1990), assim, identificando as áreas onde as culturas podem ser exploradas com maior eficácia (BARRETO et al., 2009).

De acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), os principais componentes do balanço hídrico para definir a demanda e disponibilidade hídrica é a precipitação (P), evapotranspiração real (ETR), evapotranspiração potencial (ETP), armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (DEF) e excedente hídrico (EXC).

A evapotranspiração real e potencial e a deficiência hídrica são os parâmetros indispensáveis

para se determinar a produtividade da água em uma determinada região. A evapotranspiração consiste no processo inverso da precipitação, pois é a contabilização da perda de água que foi evaporada do solo somada a transpiração das plantas (MENDONÇA et al., 2003). A relação entre a evapotranspiração potencial e a evapotranspiração real das plantas representa a deficiência hídrica que ocorre no solo, ou seja, a umidade do solo está abaixo do desejável fazendo com que a planta reduza suas atividades metabólicas, conseqüentemente diminuindo o crescimento e desenvolvimento da mesma.

Neste sentido, é de extrema importância conhecer as melhores épocas para semeadura e cultivo do amendoim, com base no balanço hídrico para a cultura, principalmente no estado de Mato Grosso, principal região agrícola do país, pertencente à Bacia do Alto Paraguai, que compõe os rios que preenchem o Pantanal (Silva et al., 2000).

2. Objetivo

Determinar as melhores épocas de semeadura para o cultivo do amendoim em função do balanço hídrico sequencial na região de Tangará da Serra estado de Mato Grosso, observando às condições climáticas como precipitação e temperatura com médias diárias.

3. Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Tangará da Serra - MT, localizado geograficamente a 14° 65' 00" de latitude Sul e 57° 43' 15" de longitude Oeste, com altitude média de 440 metros, segundo dados do INMET (**Figura 1**). O clima da região é o tropical úmido megatérmico (Aw) de acordo com Köppen.

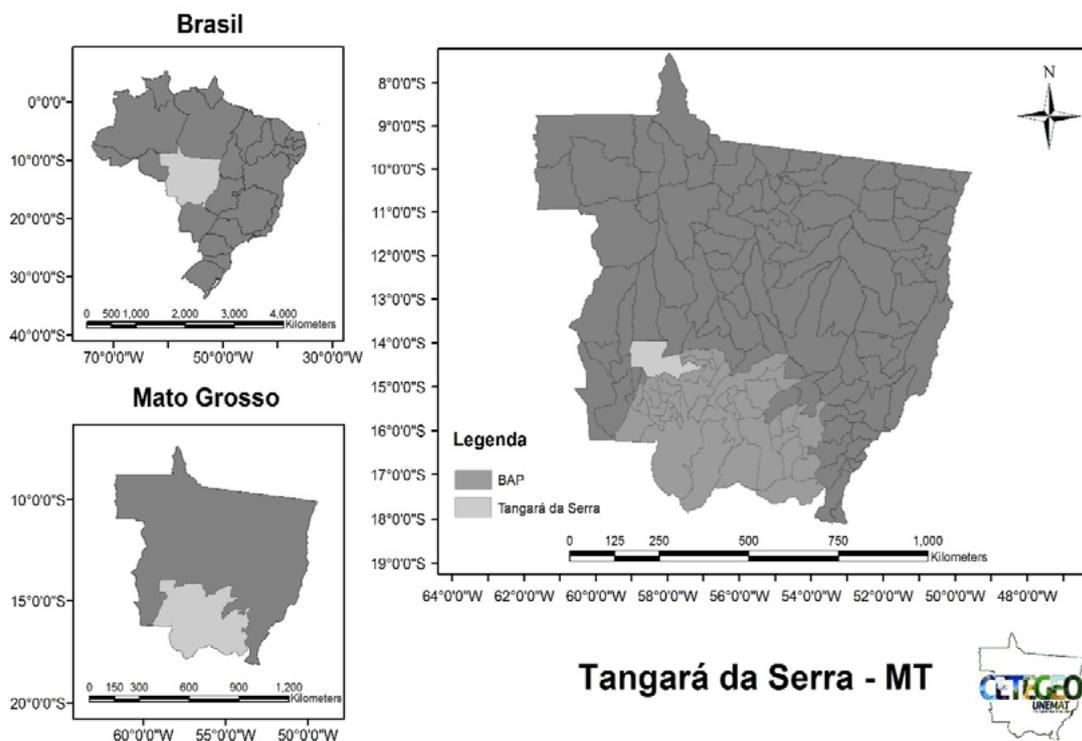


Figura 1. Localização espacial do município onde foi realizado o experimento.

O município de Tangará da Serra se localiza a sudoeste do estado de Mato Grosso, faz parte

da região da Bacia do Alto Paraguai (BAP), onde se concentra a maior parte dos produtores rurais de pequeno a médio porte, a BAP é a bacia mais importante do Estado sendo responsável pela nascente e distribuição dos principais rios e formação do Pantanal Mato-grossense.

Os valores médios anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa do ar são 24,4°C, 1.830 mm e 70 – 80% respectivamente. As chuvas são praticamente concentradas de outubro a março e entre abril e setembro estabelece-se a estação seca de seis meses (Dallacort et al., 2011).

O balanço hídrico sequencial foi elaborado a partir do método desenvolvido por Thornthwaite e Mather (1955) apresentado por Rolim e Sentelhas (2006). Para a sua determinação, foram utilizados dados meteorológicos para o período do experimento (2013).

Para a obtenção dos dados meteorológicos, utilizou-se de uma estação automática Campbell Scientific localizada na Universidade do Estado de Mato Grosso, a estação possui um *Data Logger* CR1000 para armazenamento de dados, sensor CS 215 de temperatura (°C) e umidade relativa (%), sensor de pressão atmosférica (kPa) barômetro CS106 mede a variação de 500 a 1100 mb, sensor de radiação solar (MJ/m²) piranômetro CMP3, sensor de velocidade (m/s) e direção do vento (graus) anemômetro 03002-R.M. Young Wind, pluviômetro CS 700 rain gauge, sensor de molhamento foliar 237-L Grade sensora de umidade, e dados de evapotranspiração de referência (ETP) estimada pela equação de Penman-Monteith (Allen et al., 1998). As informações são disponibilizadas pelo laboratório de Agrometeorologia.

Considerando o manejo da irrigação adotou-se uma Capacidade de Água Disponível (CAD) média de 75 mm, a uma profundidade média de 40 cm faixa com maior presença do sistema radicular.

O experimento seguiu o delineamento em blocos casualizados em esquema de 2x4, sendo duas cultivares de amendoim, (C1 - IAC Tatu st e C2 - IAC Runner 886) e quatro épocas de semeadura (E1 - 16/02; E2 - 26/02; E3 - 08/03 e E4 - 20/03) com quatro repetições sendo a parcela experimental constituída de 4 linhas de 4 metros, espaçadas em 0,45 m totalizando 7,2 m². Para facilitar o manejo foram deixados carregadores longitudinais nas três fileiras. Na amostragem foram retiradas as plantas em dois metros das duas linhas centrais em cada parcela.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey até 5% de significância. As avaliações foram realizadas utilizando-se de programa SISVAR 5.3.

4. Resultados e Discussão

A época de semeadura é definida por um conjunto de fatores ambientais que, além de afetar a produtividade, interfere também na arquitetura e no desenvolvimento da planta. Gonçalves (2004) e Peixoto *et al.* (2008), afirmam que semeaduras em épocas inadequadas podem causar reduções drásticas na produtividade de vagens e grãos, devido a alterações na altura da planta, número de ramificações, diâmetro do caule e no acamamento em soja e amendoim.

Além do mais, a escolha da época de semeadura adequada, pode resultar em incremento de produtividade, evitando o desmatamento para aberturas de novas áreas agricultáveis, contribuindo para a manutenção da região que compõe a BAP, uma vez que esta exerce grande influência sobre o bioma Pantanal (Abdon et al., 2007).

Na **Tabela 1**, podemos observar que a época 16/02 foi a que proporcionou maiores produtividades com média de 1610 kg.ha⁻¹ de grãos, porém essa data já é considerada limite para atividade agrícola na região (CONAB, 2016), fato este explica as próximas épocas de semeadura apresentarem produtividades abaixo do normal para a cultura.

Tabela 1. Análise da produtividade média em grão e em casca (Kg.ha⁻¹) para as épocas de semeadura.

Época	Prod. grão	Prod. casca
16/02	1610.42 a	2119.79 a
26/02	602.21 b	958.73 b
08/03	839.58 b	1230.31 b
20/03	790.04 b	1101.90 b
CV(%)	38.79	35.04
DMS	151.20	192.31

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tuckey a 1% de probabilidade.

Por não haver interação entre cultivar e época de semeadura, foram apresentadas somente a tabela de média de produtividade para as duas cultivares, diferenciando somente a época de semeadura. A produtividade média de grãos da C1 e C2 foi de 1564 kg ha⁻¹ e 2491 kg ha⁻¹ com semeadura realizada na E1.

Foi observado que o amendoim semeado na primeira época de semeadura apresentou melhor desempenho agrônômico para a maioria das características avaliadas, obtendo uma maior produtividade em casca e em grão, o que pode ser concluído em um alto rendimento que é a porcentagem de casca em relação a produção de grão.

Segundo Azevedo Neto et al. (2010) a disponibilidade hídrica interfere no estabelecimento da cultura, reduzindo a população de plantas, a massa de mil grãos e o rendimento. A época de semeadura vem sendo estudada por diversos autores, pois esta pode influenciar no acúmulo de matéria seca da parte aérea, no índice de colheita, a massa de vagens, o número de vagens por planta, a qualidade das sementes e o rendimento final do amendoim (Gonçalves et al. 2004 e Peixoto et al., 2008).

Na **Figura 2** está apresentado as condições de temperatura média e precipitação durante o experimento, podemos observar a ocorrência de veranicos de 10 a 20 de fevereiro e de 01 a 20 de março esses veranicos proporcionaram queda na produtividade para a época 02, a partir de abril as chuvas tendem a diminuir tornando o período desfavorável para o cultivo do amendoim assim com outras culturas de sequeiro. Portanto semeaduras realizadas após 20 de fevereiro apresentam alto risco de sofrer déficit hídrico, conforme observado por Dallacort et al. (2011), observando o comportamento das chuvas para a região de Tangará da Serra.

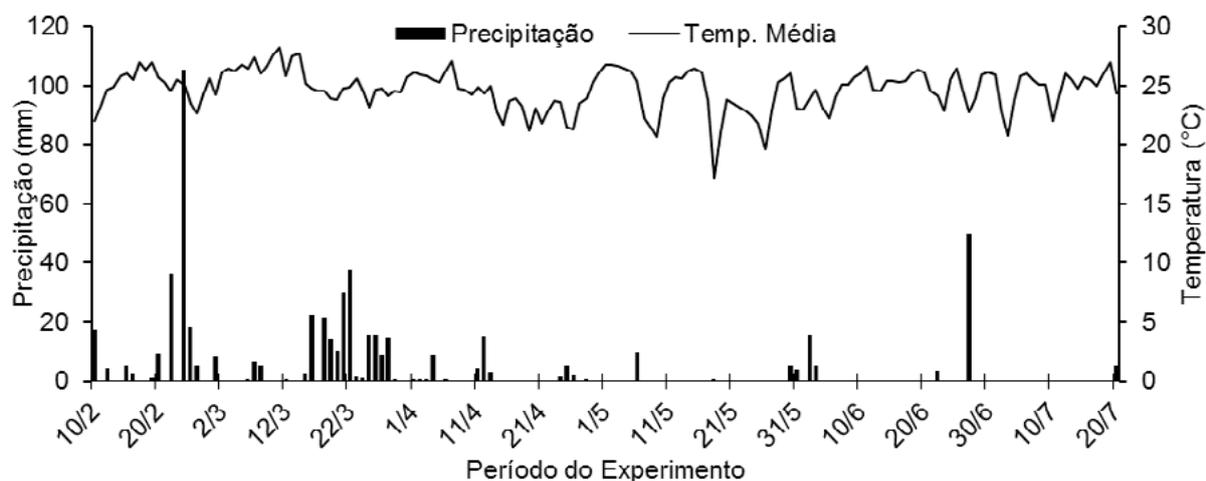


Figura 2. Precipitação e temperatura média durante o experimento.

Considerando a ocorrência de veranico no período de 27 de fevereiro até dia 15 de março, foi possível observar neste trabalho um déficit hídrico para a emergência e desenvolvimento vegetativo, consequentemente caracterizando a E2 como inapta para semeadura, devido à cultura não expressar seu potencial produtivo significativamente compatível a E1 (**Figura 2 A, B, C e D**)

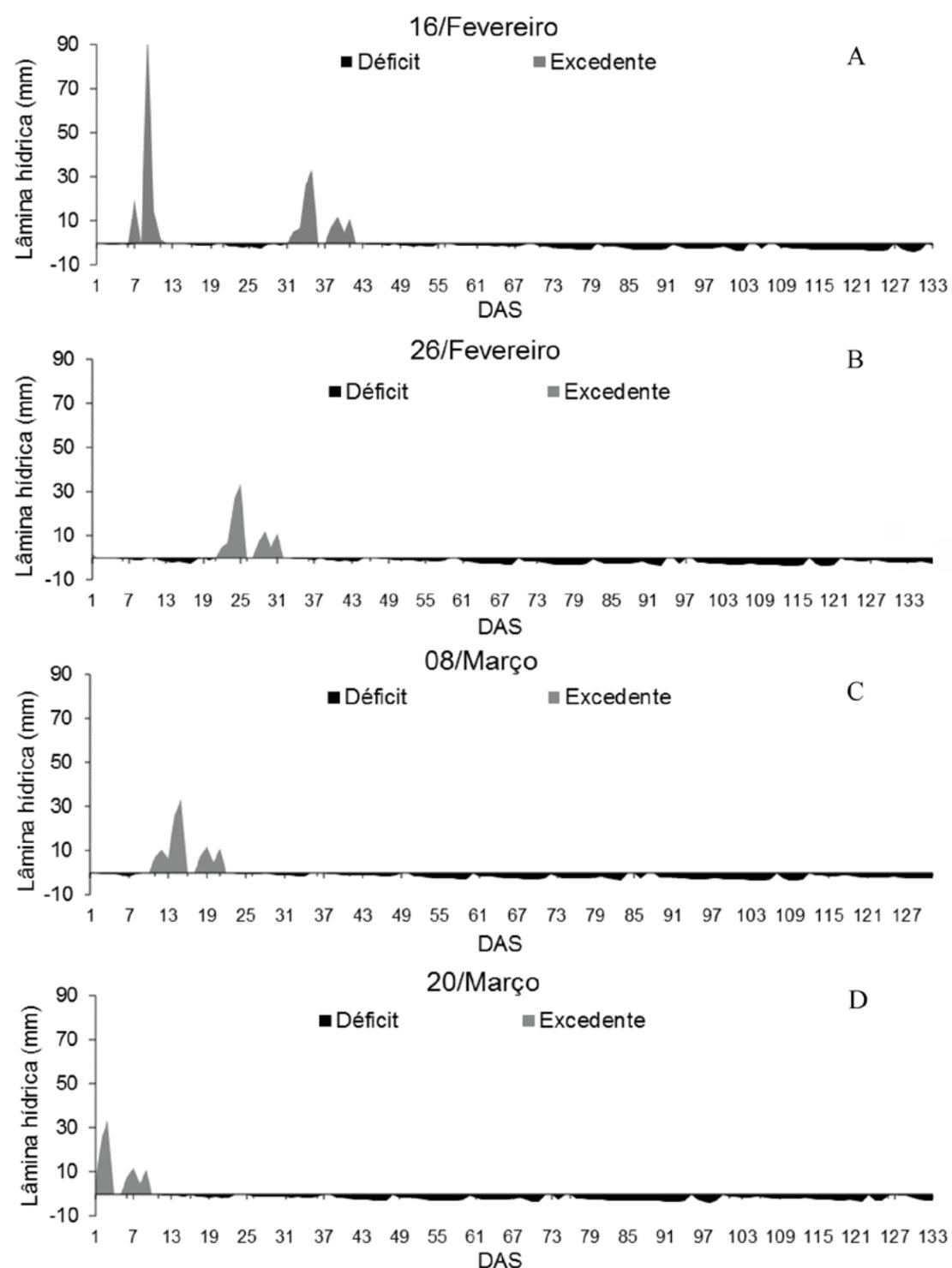


Figura 2. Balanço hídrico para a cultura do Amendoim no município de Tangará da Serra – MT, (DAS – Dias Após Semeadura).

O estudo de épocas de semeadura visa identificar principalmente os períodos de maior disponibilidade hídrica para a fase inicial e reprodutiva da cultura, visto que as fases de maturação e colheita exigem menos água. Assunção & Escobedo (2009), observaram que da emergência (7 DAS) ao início do florescimento (27 DAS), a cultura consumiu 67 mm. Durante o florescimento da cultura (28 a 62 DAS), criteriosamente a fase mais exigente em demanda de água, houve um consumo de 166 mm. Esses dados corroboram com os resultados obtidos nesse trabalho onde o desenvolvimento da cultura é alterado quando há deficiência hídrica.

A época de semeadura é definida por um conjunto de fatores ambientais que, além de afetar a produtividade, interfere também na arquitetura e no desenvolvimento da planta. Gonçalves (2004) e Peixoto et al. (2008) afirmam que, semeaduras em épocas inadequadas podem causar reduções drásticas na produtividade de vagens e grãos, devido a alterações na altura da planta, número de ramificações, diâmetro do caule e no acamamento.

Resultados semelhantes foram obtidos neste trabalho considerando a ocorrência de veranico no período de 27 de fevereiro a 15 de março, o que causou déficit hídrico para a emergência e desenvolvimento vegetativo. Por isso a E2 pode ser considerada como inapta para semeadura, quando comparada com a E1, E3 e E4.

5. Conclusões

Podemos afirmar que para o município de Tangará da Serra, a semeadura da cultura do amendoim realizada até 16/02, apresenta alto potencial produtivo devido às condições climáticas do local.

Semeaduras realizadas a partir de 20/02 apresenta grande risco de deficiência hídrica, devido à ocorrência de veranicos para esse período e região.

A cultura do amendoim como alternativa para segunda safra na região deve obedecer à data limite para a sua semeadura, proposta pelo balanço hídrico diário da cultura.

6. Referências

- Abdon, M. De M. et al. Desmatamento no Bioma Pantanal até o ano 2002: Relações com a fitofisionomia e limites municipais. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 1, p. 17-24, 2007.
- Allen, R.G.; Pereira, L.S.; Raes, D.; Smith, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297p. FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56
- Assunção, H. F.; Escobedo, J. F. Estimativa da exigência hídrica do amendoim usando um modelo agrometeorológico. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 325-335, 2009.
- Azevedo Neto, A. D.; Nogueira, R. J. M. C.; Melo Filho, P. A.; Santos, R. C. Physiological and biochemical responses of peanut genotypes to water deficit. **Journal of Plant Interactions**, Londres, v. 5, n. 1, p. 1 - 10, 2010.
- Barreto, P. N.; Silva R. B. C.; Souza, W. S.; Costa, G. B.; Nunes, H. G. G. C.; Sousa, B. S. B. Análise do balanço hídrico durante eventos extremos para áreas de floresta tropical de terra firme da Amazônia Oriental. In: XVI Congresso Brasileiro De Agrometeorologia, 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte. CD.
- CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_08_18_10_30_18_boletim_graos_agosto_2015.pdf> Acesso em: 02 set 2015.
- CONAB - **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, nono levantamento, maio 2016. Brasília: CONAB, 2016. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_10_14_42_08_boletim_graos_mai_2016_-_final.pdf> Acesso em: 24 maio. 2016.
- Cunha, G. R.; Assad, E. D. Uma visão geral do número especial da RBA sobre zoneamento agrícola no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v. 9, n. 3, p. 377-385, 2001.

Dallacort, R.; Martins, J. A.; Inoue, M. H.; Freitas, P. S. L. De; Coletti, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 193–200, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/5838>>.

Gonçalves, J. A. **Arranjo espacial no crescimento e rendimento de amendoim em duas épocas de semeadura no Recôncavo Baiano**. 2004. 97p. Dissertação – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. Universidade Federal da Bahia. 2004.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola 2015**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>. Acesso 19 agosto 2015.

Mendonça, J. C. Sousa, E. F.; Bernardo, S.; Dias, G. P.; Grippa, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.

Peixoto, C. P.; Goncalves, J. A.; Peixoto, M. F. S. P.; Carmo, D. O. Características agrônômicas e produtividade de amendoim em diferentes espaçamentos e épocas semeadura no Recôncavo Baiano. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 3, p. 563-568, 2008.

Pereira, A. R.; Angelocci, L. R.; Sentelhas, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas** - Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

Reichardt, K. **A água em sistemas agrícolas**. Barueri (SP): Manole, 1990.

Rolim, G.S.; Sentelhas, P.C.; Barbieri, V. Planilhas no ambiente Excel para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.6, p. 133 – 137, 1998. Disponível em: www.lce.esalq.usp.br/angelocci/BHseq63.xls. Acessado em 16/02/2016.

Silva, V. **Características fisiológicas de cultivares de mamoneira (Ricinus communis L.) no Recôncavo Baiano**. 2008. p. 73. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2008.

Silva, M. P. Da et al. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 2, p. 143–152, 2000.

Thornthwaite, C. W. & Mather, J. R. **The water balance**. **Publications in Climatology**, New Jersey, Drexel Inst. of Technology, 1955. 104p.



Análise do desmatamento e da concessão de crédito rural no bioma Pantanal, no período de 2002 a 2008

Daniel Ricardo da Silva Sena¹
Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin²
Sandra Mara Alves da Silva Neves³

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
78300-000 Tangará da Serra/MT, Brasil
danielwricardo@gmail.com

² Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Rua A, s/n. Cohab São Raimundo.
78390-000 Barra do Bugres/MT, Brasil
galvaninbbg@unemat.br

³ Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Av. Santos Dumont, Bloco 1, Sl. 09. Cidade Universitária
Bairro: Santos Dumont - 78000-200 Cáceres/MT, Brasil
ssneves@unemat.br

Resumo. O presente trabalho tem por objetivo avaliar a relação entre o desmatamento e a concessão de crédito rural no período de 2002 a 2008 nos municípios localizados no bioma Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Os dados do desmatamento foram obtidos no sítio do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente do monitoramento dos biomas brasileiros, e os valores de crédito rural controlado no Banco Central do Brasil, fomentados para os municípios do bioma. Foram elaborados mapas do desmatamento e da distribuição dos créditos no bioma, que mostraram os municípios de Figueirópolis, Lambari D'Oeste e Várzea Grande em Mato Grosso com 0,00% de desmatamento, bem como os que mantiveram o equilíbrio proporcional com o crédito e os que atingiram altos valores de desmatamento. Como, por exemplo, o município de Corguinho em Mato Grosso do Sul que recebeu 2,53% de crédito e foi responsável pelo maior índice de desmatamento (39,52%), dos municípios, enquanto Itiquira em Mato Grosso recebeu o maior percentual de crédito (29,46%) e um dos menores índices de desmatamento (2,60%) do bioma. Com o estudo concluiu-se que a atividade voltada à pecuária, ainda é a que lidera o ranking do desmatamento e da aquisição de crédito rural para investimento nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, mas o que pode ser verificado foi o crescimento do setor agrícola com maior valor de crédito rural para o financiamento da agricultura nos municípios do bioma Pantanal.

Palavras-chave: desmatamento, agropecuária, agricultura, geotecnologias, mapeamento.

Abstract. The present work aims to evaluate the relationship between deforestation and the provision of rural credit in the period from 2002 to 2008 in the municipalities located in the Pantanal, in the States of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul. Deforestation data were obtained at the place of the Brazilian Environmental Institute of monitoring of the Brazilian biomes, and the values of controlled rural credit in Brazil's Central Bank, encouraged to the municipalities of the biome. Deforestation maps were prepared and the distribution of credits in the biome, which showed the municipalities of Figueirópolis, Lambari D' oeste and Várzea Grande in Mato Grosso with 0.00% of deforestation, as well as those who maintained the balance proportionate with the credit and those who reached high values of deforestation. How, for example, the municipality of Corguinho in the Mato Grosso do Sul it received 2.53% of credit and was responsible for the highest rate of deforestation (39.52%), the municipalities, while Itiquira in Mato Grosso received the highest percentage of credit (29.46%) and one of the lowest rates of deforestation (2.60%) of this biome. The study concluded that activity focused on livestock, is still leading the ranking of deforestation and the acquisition of rural credit for investment in the States of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, but what could be verified was the growth of the agricultural sector with the highest value of rural credit for the financing of agriculture in municipalities of the Pantanal biome.

Key-words: deforestation, farming, agriculture, Geotechnology, mapping.

1. Introdução

O processo antrópico no bioma Pantanal para muitos pesquisadores é uma consequência real relacionada à agricultura e pecuária. A sua área é de aproximadamente 150.657 km², que corresponde a 1,76% do território brasileiro (IBGE, 2004), localizado no Centro-Oeste brasileiro, especificamente nos estados de Mato Grosso com 60.831 km², o que corresponde 40,38% da área e, no Mato Grosso do Sul com 89.826 km² o que perfaz 59,62% da área total (MMA, 2016).

Declarado no ano de 2000 como Patrimônio Mundial Natural Pela Organização das Nações Unidas para Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco) é considerado um dos ecossistemas de água doce mais importante do mundo. Os rios Cuiabá e Paraguai são os principais responsáveis pela manutenção do pulso de inundação que caracteriza este bioma como zona úmida, contribuindo com a diversidade e abundância de espécies vegetais e animais tornando-o um dos biomas de maior reconhecimento no planeta (Unesco, 2000).

As atividades agropecuárias, no Pantanal, aceleram o processo de degradação comprometendo a fauna e a flora por meio de erosão, assoreamento e contaminação do recurso hídrico (Santos, 2006). Associado ao crescimento do agronegócio na região supramencionada está à disponibilidade dos produtores a obtenção do crédito rural, concedido à pessoa física ou jurídica pelo governo federal por meio de bancos ou cooperativas de créditos (MDA, 2016).

Dentre as pesquisas realizadas sobre o bioma, se destaca o projeto PNUD BRA 08/11 desenvolvido em parceria entre: Ministério de Meio Ambiente (MMA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (Ibama), Agência Brasileira de Cooperação (ABC) e Programa das Nações Unidas (PNDU) que realizou uma pesquisa de monitoramento do desmatamento dos biomas, entre eles o bioma Pantanal, com o uso de imagens de satélite (Ibama, 2016).

2. Objetivo

Este estudo tem por objetivo avaliar a relação entre o desmatamento e a concessão de crédito rural no período de 2002 a 2008 nos municípios localizados no bioma Pantanal, nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

3. Material e Métodos

A área de estudo é formada pelos municípios inseridos no bioma Pantanal nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (**Figura 1**). Por meio de pesquisa documental e bibliográfica foram obtidos os dados de desmatamento no sítio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente

(IBAMA) e referente aos créditos fundiários concedidos aos produtores no período de 2002 a 2008 no sítio do Banco Central do Brasil (BCB).

Para tabulação e quantificação dos dados e a elaboração de gráficos foi utilizado o programa Microsoft Excel 2010. Foram gerados três produtos cartográficos no ArcGis (Esri, 2016). Para verificar se houve diferença estatística entre os dados de desmatamento e crédito rural no período de 2000 a 2008, foi aplicado o teste de normalidade e o teste não paramétrico (*Mann-Whitney*), no software Minitab 16.

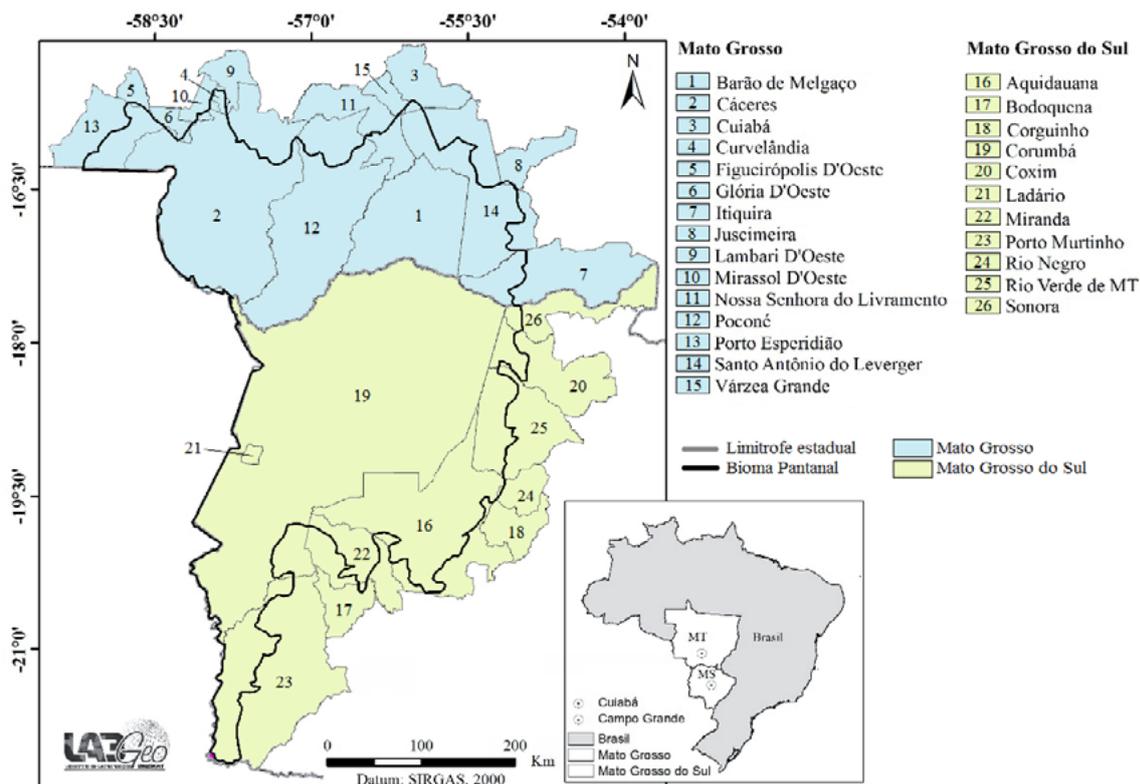


Figura 1. Distribuição dos municípios de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul no bioma Pantanal. Fonte: LABGEO, adaptado pelo autor.

4. Resultados e Discussão

Com o estudo foi possível apontar os municípios com maior percentual de desmatamento em km² no período de 2002 a 2008 no bioma Pantanal (**Tabela 1**). Em Mato Grosso os municípios de Juscimeira, Glória D'Oeste e Porto Esperidião somaram um total de 13,93% de desmatamento com área de 109,41 km². No entanto, em Mato Grosso do Sul os municípios de Corguinho, Sonora e Bodoquena juntos foram responsáveis por desmatar 72,41% representados em 100,19 km².

Em Mato Grosso os municípios de Poconé, Curvelândia e Barão de Melgaço apresentaram o menor percentual de desmatamento, juntos totalizaram uma área de degradação de 769,46 km² o que corresponde a 7,73%. No entanto, há um dado que chama atenção, os municípios de Figueirópolis D'Oeste, Lambari D'Oeste e Várzea Grande apresentaram uma taxa de degradação no mesmo período de 0%. Em Mato Grosso do Sul os municípios com menor percentual de desmatamento foram Rio Negro, Corumbá e Miranda num total de 6,89%, correspondente a 1.436,36 km².

Há, no entanto, uma contradição gerada pelo conflito de interesse, os Governos nas esferas Municipal, Estadual e Federal elaboram leis, para manutenção e preservação do meio ambiente e sofrem pressão para investir e subsidiar os meios de produção agrícola. Neste panorama observa-se o crescente percentual do desmatamento no bioma Pantanal, que para Diegues (2000) ocorre devido à degradação nas áreas das propriedades privadas tanto de produtores quanto de empresas para o aumento da produção.

Tabela 1. Concessão de crédito rural e desmatamento no período de 2002 a 2008 nos municípios do bioma Pantanal nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Estado	Legenda	A	B (%)	C	D	E	F (%)	G (%)
Mato Grosso	1	18.695.526,17	1,20	11.180,26	569,74	222,38	7,09	1,99
	2	221.130.017,22	14,14	20.573,75	3.832,69	633,04	21,71	3,08
	3	203.752.721,03	13,03	145,88	91,33	5,47	66,36	3,75
	4	6.819.735,03	0,44	248,45	221,07	4,03	90,60	1,62
	5	24.930.526,64	1,59	30,29	26,49	0,00	87,45	0,00
	6	12.130.924,90	0,78	119,88	80,78	6,84	73,10	5,71
	7	460.737.729,85	29,46	1.959,92	226,06	50,89	14,13	2,60
	8	114.257.003,05	7,31	16,44	0,31	1,60	11,57	9,72
	9	30.292.715,81	1,94	1,46	0,10	0,00	6,96	0,00
	10	62.322.452,87	3,99	225,17	176,36	5,42	80,73	2,14
	11	94.427.975,25	6,04	1.759,31	387,73	59,62	25,43	3,39
	12	88.621.857,14	5,67	14.575,43	1.188,60	130,95	9,05	0,90
	13	65.114.263,51	4,16	2.396,84	1.530,22	100,97	68,06	4,21
	14	106.266.493,10	6,80	7.573,15	1.647,93	274,03	25,38	3,62
	15	54.180.022,21	3,46	17,99	9,77	0,00	54,29	0,00
	Total MT	1.563.679.964,18	100	60.824,22	9.989,18	1.495,24	641,91	131,74
Mato Grosso do Sul	16	125.881.730,09	10,88	13.341,19	1.801,10	686,77	18,65	5,15
	17	37.891.799,33	3,27	67,80	49,33	7,10	83,23	10,47
	18	29.302.153,33	2,53	5,92	3,55	2,34	99,56	39,52
	19	201.435.687,43	17,40	62.958,04	2.818,53	1.354,27	6,93	2,15
	20	281.555.669,63	24,33	1.291,91	382,65	89,88	36,58	6,96
	21	115.888,70	0,01	340,81	104,11	15,77	35,18	4,63
	22	101.955.515,80	8,81	2.367,38	450,45	81,85	22,48	3,46
	23	79.386.198,80	6,86	5.484,32	1.740,85	223,18	35,81	4,07
	24	13.553.071,38	1,17	40,07	28,72	0,51	72,94	1,28
	25	108.129.200,98	9,34	3.524,67	1.189,47	231,94	40,33	6,58
	26	178.246.189,20	15,40	404,81	134,03	90,75	55,53	22,42
	Total MS	1.157.453.104,67	100	89.826,92	8.702,79	2.784,36	506,92	107,04

Municípios: 1- Barão de Melgaço, 2- Cáceres, 3- Cuiabá, 4- Curvelândia, 5- Figueirópolis D'Oeste, 6- Glória D'Oeste, 7- Itiquira, 8- Juscimeira, 9- Lambari D'Oeste, 10- Mirassol D'Oeste, 11- Nossa Senhora do Livramento, 12- Poconé, 13- Porto Esperidião, 14- Santo Antônio do Leverger, 15- Várzea Grande, 16- Aquidauana, 17- Bodoquena, 18- Corguinho, 19- Corumbá, 20- Coxim, 21- Ladário, 22- Miranda, 23- Porto Murtinho, 24- Rio Negro, 25- Rio Verde de Mato Grosso e 26- Sonora.

Ocorrências por municípios: A- Valor do crédito rural de 2000 a 2008, B- % do crédito rural, C- Área no bioma Pantanal em km², D- Desmatamento até 2000 em km² (vetor), E- Desmatamento de 2002 a 2008 em km², F- % total desmatado e G- % do desmatamento de 2000 a 2008.

Fonte: BCB e IBAMA. Adaptado pelo autor.

No tocante a concessão do crédito rural, em Mato Grosso os municípios que receberam os maiores percentuais de crédito rural foram Itiquira, Cáceres e Cuiabá, num total de 56,63%; em Mato Grosso do Sul os municípios de Coxim, Corumbá e Sonora somaram 57,13%. As municipalidades que receberam o menor percentual dos créditos em Mato Grosso foram Curvelândia, Glória D'Oeste e Barão de Melgaço, com o total de 2,42%; em Mato Grosso do Sul foram os municípios de Ladário, Rio Negro e Corguinho somados em 3,71%.

Xavier e Zoby (2007) apontaram que as atuações dos governos Estadual e Federal foram peremptórias por meio dos programas de crédito para a modernização da pecuária na região

Centro-Oeste durante a década de 1970, na qual, apenas os grandes produtores participavam na concessão destes créditos. Atualmente esta realidade é outra, o crédito rural é concedido a uma parcela maior de produtores e cooperativas, proporcionando o investimento em maiores proporções o que conseqüentemente aumentou as áreas de produção agrícola configurando um maior percentual de desmatamento.

Andrade (1993) afirma que a miséria é a pior forma de degradar o meio ambiente, no entanto é oportuno que se faça novo alinhamento das ideias e que se busquem novos modelos de conservar e recuperar o meio ambiente e que possa indiretamente proteger o homem. Assim a concessão de crédito deve se alinhar ao produzir e conservar para estabelecer metas e incentivos voltados à sustentabilidade para garantir as gerações futuras a existência e conservação dos biomas.

No estado de Mato Grosso os dados destacam o município de Itiquira entre os que receberam o maior percentual de crédito rural (29,46%) e apresentou um baixo índice de desmatamento (2,60%) no período pesquisado. O município de Glória D'Oeste aparece entre os três municípios que receberam menor crédito (0,78%) e mais desmataram (5,71%) e Barão de Melgaço aparece entre os três municípios com os dois menores índices, crédito rural (1,20%) e desmatamento (1,99%).

Em Mato Grosso do Sul os destaque foi para os três municípios entre os maiores e menores contemplados com o crédito rural e desmatamento, sendo eles: Corguinho com o menor percentual de crédito rural (2,53%) e maior percentual do desmatamento (39,52%), Corumbá maior crédito (17,40%) e menor desmatamento (2,15%) e Sonora com maior crédito (15,40) e maior desmatamento (22,42%).

O bioma Pantanal sofre uma pressão decorrente da ação antrópica corresponde a um total de 22.971,57 km², ou seja, maior que o território do estado de Sergipe com 21.918,49 km² o que configura a transformação do espaço devido os recursos disponíveis. Segundo Santos (2012) estes recursos podem ser representados com naturais e artificiais e servem como base para que o homem através do trabalho possa alterar a si próprio e o que está em sua volta, neste sentido configura-se a gramínea nativa do pantanal, como recurso natural e a introdução de pastagem exótica como recurso artificial, na manutenção da atividade produtiva.

No mesmo período em que foi destinado o crédito fundiário, apenas três municípios mantiveram a área de preservação do bioma Pantanal intacta no estado do Mato Grosso. Por outro lado, vinte municípios localizados nos dois Estados degradaram uma média de até 10% e apenas três municípios no estado de Mato Grosso do Sul chegaram a um índice de 49,99% (**Figura 2**).

O estado de Mato Grosso liderou com 53% o desmatamento do bioma Pantanal contra 47% do estado de Mato Grosso do Sul até o ano de 2002. Mas, no período de 2002 a 2008 ocorreu o contrário, houve 65% de área desmatada no estado de Mato Grosso do Sul e 35% no estado de Mato Grosso.

Na década de 1970 os programas do governo militar Polocentro e Polonoroeste, que concedia incentivo fiscal a produtores, inseriu o Pantanal na escala de terras produtivas. Na década de 1990 estudos com o uso de geotecnologia apontaram a pressão ocorrida no bioma Pantanal, via desmatamento, para a implantação de pastagem nas áreas inundáveis e parcialmente inundáveis (Silva et al., 1998). Os programas do governo basearam-se no incentivo de crédito sem uma ação que pudesse manter o equilíbrio de produzir com o conservar sem uma fiscalização contínua com recursos suficientes para garantir a integridade do bioma Pantanal.

A relação entre as duas décadas, concentra-se nas formas que se estruturam as ações e tomadas de decisões sobre o uso e apropriação do espaço no bioma Pantanal, como por exemplo, o Programa Pantanal na década de 1990 visava o desenvolvimento sustentável do Pantanal. Todavia, para Moreno (2005) este desenvolvimento se baseia na ideologia desenvolvimentista

pela qual gerou apreensão de segmentos da sociedade civil e comunidade acadêmica com os impactos causados no ambiente pantaneiro, o que pode ser configurado nas duas décadas, de 1970 e 1990.

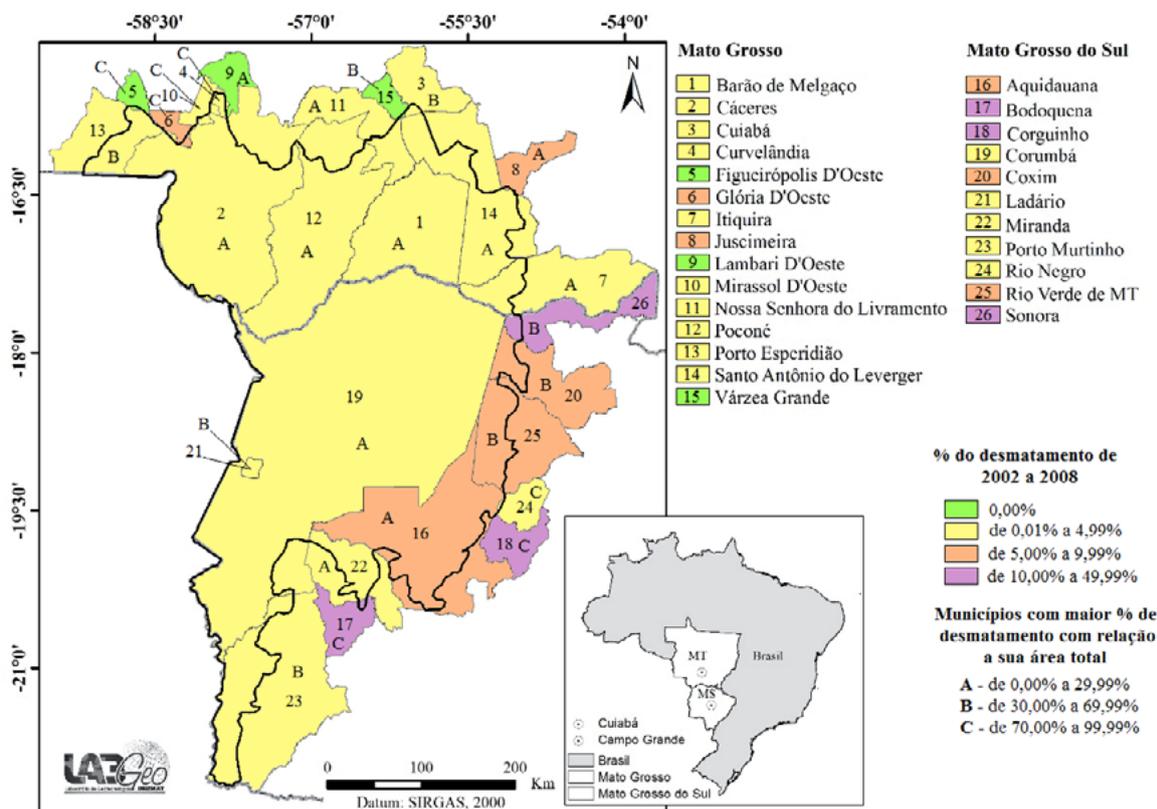


Figura 2. Desmatamento no bioma Pantanal, no período de 2002 a 2008.

Fonte: LABGEO, adaptado pelo autor.

A concessão de crédito fundiário destinados aos municípios situados no bioma Pantanal mostra a capitalização do agronegócio em tempos de globalização, o que ocorre por meio de transformações e modernização das áreas agrícolas “nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, bem como em manchas isoladas de outros Estados brasileiros, verifica-se que o campo modernizado se tornou praticamente mais aberto à expansão das formas atuais do capitalismo” (Santos, 2013, p. 92).

Entretanto, o investimento maciço do governo federal no fomento a agropecuária motivou os produtores e cooperativas de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul a buscar o financiamento do crédito rural (**Figura 3**). Mato Grosso recebeu 57% do valor e Mato Grosso do Sul 43%, e da soma dos dois Estados 51% foram destinados à pecuária no valor de R\$ 1.396.599.212,68 e 49% a produção agrícola correspondente a R\$ 1.324.533.856,17.

No estado de Mato Grosso o setor agrícola vem sendo o atual agente de pressão no bioma Pantanal na interface de degradação e conservação, o que coloca em risco a preservação da fauna e flora. Mataveli et al. (2012) estudaram a variação do albedo e da reflectância e apontaram que as maiores diferenças entre as áreas pode ser atribuída a substituição da vegetação natural por agricultura.

Os dados de crédito rural e desmatamento nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul

não apresentaram a suposição de normalidade, aplicou-se o teste não paramétrico Mann-Whitney ao nível de 5% de significância. Os resultados apresentaram diferença significativa nos dois estados em relação ao crédito rural e o desmatamento, p-valor para o estado de Mato Grosso foi de 0,00 e em Mato Grosso do Sul de 0,0001.

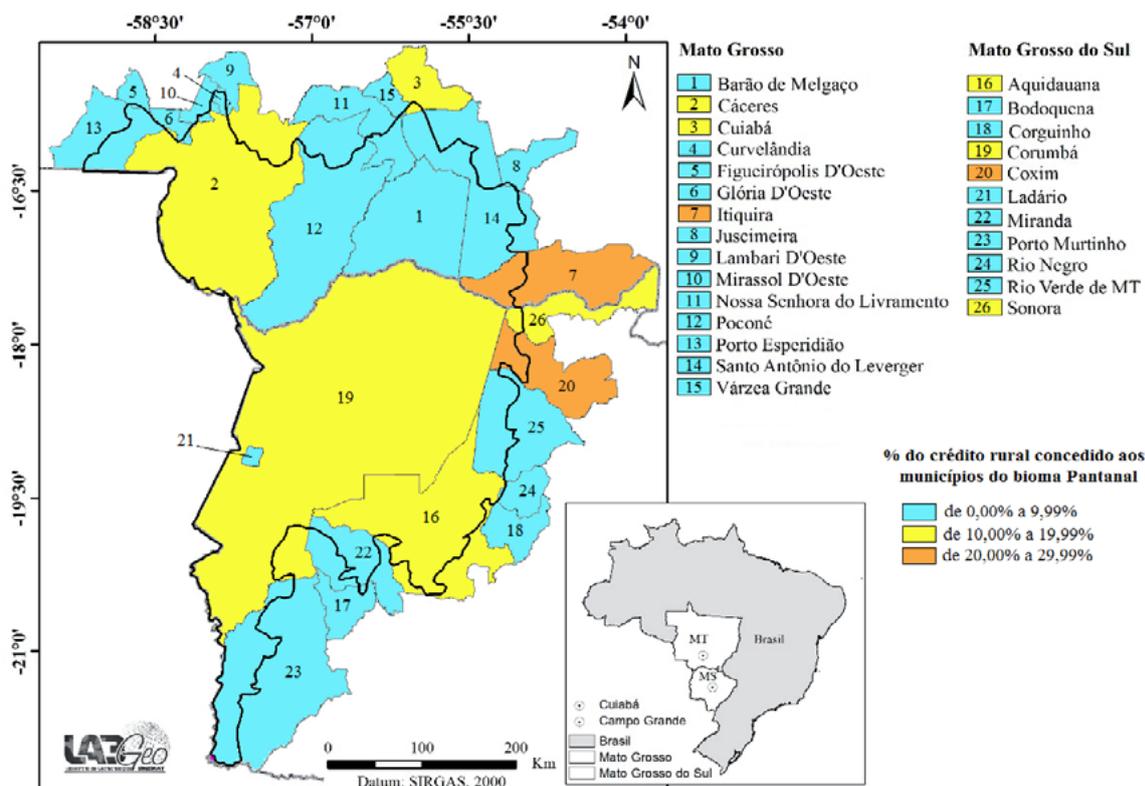


Figura 3. Crédito rural concedido aos municípios do bioma Pantanal no período de 2002 a 2008.

Fonte: LABGEO, adaptado pelo autor.

Segundo o MMA (2007) em 2002 a atividade da pecuária foi responsável pela antropização de 16.511,90 km² equivalente a 10,92% enquanto a agricultura foi de 0,26% num total de 391,60 km², portanto a pecuária foi pioneira na alteração ambiental do bioma Pantanal e na atualidade soma-se com o crescimento da agricultura na região, conforme o panorama de desmatamento e concessão de crédito por atividades agrícola e pecuária nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (**Figura 4**). Contudo, a atividade agrícola em Mato Grosso vem superando a pecuária referente ao crédito, o que pode confirmar a substituição de pastagem e de mata nativa por culturas agrícolas.

No período de 2002 a 2008 os dois Estados desmataram um quantitativo semelhante em área em 3%, em contrapartida o estado de Mato Grosso lidera o ranking total do bioma comprometido com a perda da vegetação nativa em 19% contra 13% de Mato Grosso do Sul em km². Verifica-se neste estudo que a pecuária ainda lidera as ações da cadeia produtiva no Pantanal, entretanto, a atividade agrícola vem ganhando espaço gradativamente, o que ficou comprovado com o percentual investido em Mato Grosso.

Os documentos apoiam a análise que o bioma Pantanal no período de 2002 a 2008 está centralizado em duas vertentes: o da preservação ambiental e o desenvolvimento econômico dos municípios nele inseridos. No entanto, a Constituição Federal prevê em seu quarto parágrafo

do artigo 225, que o bioma Pantanal é considerado como patrimônio nacional e seus recursos naturais estão assegurados nas normas da lei para garantia da preservação e conservação do referido bioma (BRASIL, 1988).

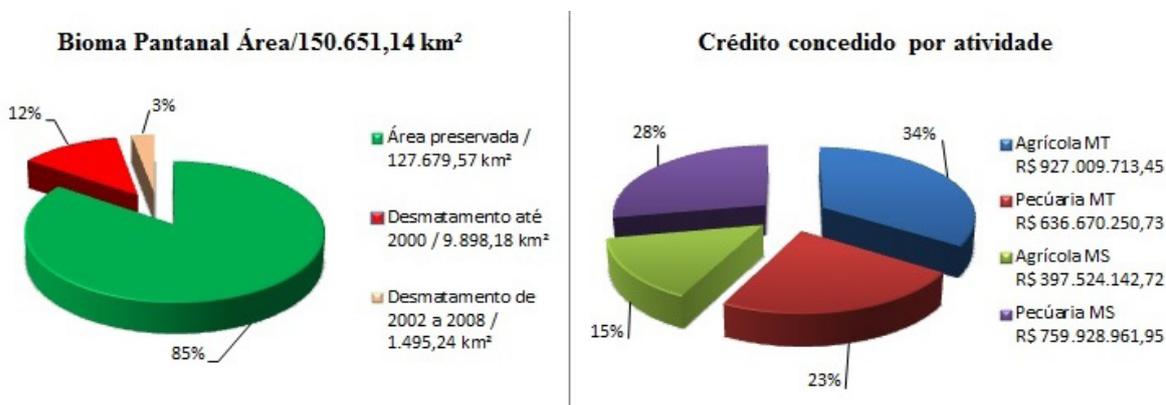


Figura 4. Panorama do desmatamento do bioma Pantanal e concessão de crédito por atividade de 2002 a 2008.

Fonte: BCB e IBAMA. Gráfico elaborado e adaptado pelo autor.

O desafio está em como estabelecer metas para produzir e meios para conservar? Um dos caminhos possível se dá pela aprendizagem social e por ações coordenadas que façam as pessoas mudarem seus pensamentos diante de ações que possam garantir um equilíbrio ambiental e de práticas sociais e comerciais mais sustentáveis (Jacobi, 2013).

5. Conclusões

A concessão de crédito rural contribuiu para o desenvolvimento dos municípios do bioma Pantanal, por outro lado, financia indiretamente a pressão com relação ao desmatamento e a degradação.

Se não forem adotadas técnicas e respeitada à legislação ambiental, visando o uso conservacionista da terra, e se houver continuidade no avanço produtivo em áreas conservadas do bioma, a área desmatada poderá aumentar de forma gradativa ao longo dos anos, colocando em risco a manutenção da flora e fauna da maior planície alagável do Pantanal, causando desequilíbrios nos ecossistemas e destruição da biodiversidade.

Recomenda-se que em estudos futuros sejam realizadas novas comparações com os dados do período de 2009 a 2015, na perspectiva de se verificar se houve aumento da relação de degradação ambiental *versus* créditos rurais nos municípios localizados no bioma Pantanal.

6. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT) pela concessão da bolsa de mestrado.

7. Referências

Andrade, M C. Homem e natureza: por uma política do meio ambiente para o Brasil. In: **O desafio ecológico: utopia e realidade**. São Paulo: Hucitec, 1993. p. 35 – 48.

BCB. Banco Central do Brasil. **Anuário estatístico do crédito rural até 2012**. 2012. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?id=RELRURAL&ano=2010>>. Acesso em 02 de mai. 2016.

Brasil. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 03 de mai. 2016.

Diegues, A. C. S. **O mito moderno da natureza intocada**. 3. Ed. São Paulo: Hucitec Núcleo de apoio à pesquisa sobre populações humanas e áreas úmidas brasileiras, USP, 2000. 169p.

Ibama. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente. **Monitoramento do desmatamento nos biomas brasileiros por satélite acordo de cooperação técnica MMA/Ibama monitoramento do bioma Pantanal 2002-2008**, 2008. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/monitora_biomass/PMDBBS%20-%20PANTANAL.html>. Acesso em: 03 de mai. 2016.

Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapas de Bioma e de Vegetação**, 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 03 de mai. 2016.

Jacobi, P. R. Sustentabilidade socioambiental e aprendizagem social: O desafio de promover cooperação e corresponsabilidade nas políticas ambientais. In: Sorrentino, M. (Org.). **Educação ambiental e políticas públicas: conceitos fundamentos e vivências**. Curitiba: Appris, 2013. p. 131– 141.

Mataveli, G. A. V.; Moraes, E. C.; Pereira, G; Cardoso, F. S. Análise preliminar dos impactos da introdução da cana-de-açúcar no albedo da superfície no Pantanal Mato-grossense a partir de imagens do Landsat-5. Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 4., 2006, **Anais**. Bonito/MS: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2012. p. 1086-1096. Disponível em: <<https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2012/cd/sumario.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2016.

Moreno, G. Políticas e estratégias de ocupação. In: Moreno, G.; Higa, T. C. S. **Geografia de Mato Grosso: território, sociedade, ambiente**. Cuiabá: Entrelinhas, 2005. p. 34 – 51.

MDA. Ministério da Agricultura. **Crédito Rural**, 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/credito-rural>>. Acesso em: 03 de mai. 2016.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Pantanal**, 2016. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomass/pantanal>>. Acesso em: 03 de mai. 2016.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Relatório Final do PROBIO**, 2007. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomass/pantanal/cobertura-vegetal>>. Acesso em: 28 de jun. 2016.

Santos, J. R. Avanços das pesquisas e aplicações de sensoriamento remoto no monitoramento da paisagem: contribuições aos estudos do Pantanal. Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1., 2006, **Anais**. Campo Grande/MS: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2006. p. 675-683. Disponível em: <<http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m17@80/2006/12.08.13.45.10/doc/p171.pdf>>. Acesso em: 06 jul. 2016.

Santos, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e Tempo, Razão e Emoção**. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2012. 384p.

Santos, M. **Por uma outra globalização do pensamento único à consciência universal**. 23. ed. Rio de Janeiro: Record, 2013. 174p.

Silva, J. S. V.; Abdon, M. M.; Silva, M. P.; Romero, H. R. Levantamento do desmatamento no Pantanal brasileiro até 1990/91. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, Número Especial, v. 33, p. 1739-1745, out., 1998.

Xavier, J. H. V.; Zoby, J. L. F. Dinâmicas locais da agricultura familiar e as políticas públicas em Silvânia, Goiás: tecnologia, crédito e organizações dos produtores. In: **Agricultura familiar integração entre políticas públicas e dinâmicas locais: ensinamentos a partir de casos** / Tonneau, J. P.; Sabourin, E. – Porto Alegre: Editora UFRGS, 2007 p. 129 –155.

Unesco. Organização das Nações Unidas para a Educação a Ciência e a Cultura. **Área de Conservação do Pantanal**, 2000. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasil/cultura/world-heritage/list-of-world-heritage-in-brazil/pantanal-conservation-area/#c1467473>>. Acesso em: 03 de mai. 2016.



Análise comparativa da fragilidade ambiental do município de Aquidauana-ms com uso de geotecnologias

Larissa do Carmo Pires¹
Eva Teixeira dos Santos¹
Vitor Matheus Bacani¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS/
R. Oscar Trindade de Barros, s/n
792000-000 - Aquidauana- MS, Brasil
larissa.c.pires@gmail.com
{eva.teixeira, vitor.bacani}@ufms.br

Resumo: As intervenções humanas sobre o espaço natural buscam saciar as crescentes necessidades materiais da sociedade e tem gerado diversos conflitos quanto ao seu uso, em especial de seus recursos naturais. Assim, a análise dos eventos que acabam acarretando mudanças em uma determinada região está ligada ao entendimento de processos físicos e econômicos. O presente trabalho tem por objetivo analisar e comparar a fragilidade ambiental no município de Aquidauana através da aplicação e comparação de duas metodologias. O procedimento fundamentou-se Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais elaborada por Ross (1994) e a metodologia proposta por Crepaniet al.(2001) denominada Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicado ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial. Para obter os resultados das unidades de fragilidade ambiental do município de Aquidauana foram feitos levantamentos básicos dos solos, unidades prioritárias para conservação, pluviometria, declividade, geomorfologia, geologia e uso e ocupação do solo. Os resultados apontam um ambiente estável para a metodologia aplicada por Ross (1994) e um ambiente mediantemente estável/vulnerável para a metodologia de Crepaniet al. (2001). A partir da análise dos resultados obtidos da comparação fragilidade ambiental do município de Aquidauana, pode-se identificar os fatores naturais e antrópicos que influenciaram nos graus de fragilidade/vulnerabilidade ambiental.

Palavras-chave: Geoprocessamento, Aquidauana-MS, vulnerabilidade ambiental.

Abstract: Human interventions over natural areas seek satiate the growing material needs of society and has generated many conflicts as to their use, especially its natural resources. Thus, the analysis of the events that cause changes in a particular region is linked to the understanding of physical and economic processes. This study aims to analyze and compare the environmental fragility in Aquidauana municipality through the application and comparison of two methods. The procedure was based on Empirical Analysis of Fragility of Natural Environments developed by Ross (1994) and the methodology proposed by Crepani et al. (2001) called the Remote Sensing and GIS applied to the Economic Ecological Zoning and Land Management. For the results of the environmental fragility units in Aquidauana municipality were made powerlifting soil, priority units for conservation, rainfall, slope, geomorphology, geology and land use/land cover. The results show a stable environment for the methodology applied by Ross (1994) and an averagely stable / vulnerable environment for the methodology of Crepani et al. (2001). From the analysis of the results of the comparison environmental fragility of the municipality of Aquidauana, it was identified the natural and anthropogenic factors influencing the degree of fragility / environmental vulnerability.

Key-words: Geoprocessing, Aquidauana-MS, environmental vulnerability.

1. Introdução

As intervenções humanas sobre o espaço natural buscam saciar as crescentes necessidades materiais da sociedade e tem gerado diversos conflitos quanto ao seu uso, em especial de seus recursos naturais. Assim, a análise dos eventos que acabam acarretando mudanças em uma determinada região está ligada ao entendimento de processos físicos e econômicos (Damasceño, 2011).

Os sistemas ambientais, face às intervenções humanas, apresentam maior ou menor fragilidade em função de suas características “genéticas”. Qualquer alteração nos diferentes componentes da natureza (relevo, solo, vegetação, clima e recursos hídricos) produz o comprometimento da funcionalidade do sistema, quebrando o seu estado de equilíbrio dinâmico (Ross, 1994).

A importância de se conhecer as formas de uso da terra ocorrentes na região de interesse, o seu monitoramento e o registro das informações permitem a avaliação das potencialidades futuras e dos impactos produzidos por estes usos. Sendo possível o gestor obter informações básicas para o manejo dos recursos naturais, de forma a minimizar estes impactos, sem acarretar em prejuízos econômico e/ou social (Padilha, 2008).

O município de Aquidauana-MS destaca-se no Brasil e no estado de Mato Grosso do Sul, por apresentar três importantes unidades fisiográficas: o Planalto Maracaju-Campo Grande, a Depressão Pantaneira e a Planície Sul-Mato-Grossense abrangendo parte dos biomas: Cerrado e Pantanal. Estes aspectos conferem ao município peculiaridades ambientais riquíssimas ligadas à fauna e a flora. Tais características propiciaram ao município uma ocupação pautada na exploração da pecuária extensiva, assim como, o turismo.

Na Geografia, as geotecnologias têm se firmado como uma importante ferramenta no que concerne à análise ambiental tanto no sentido da elaboração de diagnósticos quanto de prognósticos ambientais (Bacani, 2010).

Neste contexto, torna-se de vital importância a análise e comparação metodológica da fragilidade ambiental no município de Aquidauana. Assim, a pesquisa busca responder, através da aplicação e comparação de duas metodologias, sendo a Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais elaborada por Ross (1994) e a metodologia proposta por Crepani et al. (2001) denominada Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicado ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial, aquela que melhor se aproxima da realidade do município de Aquidauana-MS.

2. Objetivos

Este trabalho tem por objetivo analisar a fragilidade e a vulnerabilidade ambiental do município de Aquidauana-MS a partir da comparação de duas metodologias com técnicas de geoprocessamento.

3. Materiais e métodos

3.1 Área de Estudo

O município de Aquidauana está inserido na bacia do alto rio Paraguai (BAP), que está localizado entre as latitudes 18° 00' 00" S e 20° 00' 00" S e entre as longitudes 55° 00' 00" W e 57° 00' 00" W, abrangendo uma área de aproximadamente, 16.958 km² (IBGE, 2010), na porção Centro-Oeste do Estado de Mato Grosso do Sul conforme (Figura 1).

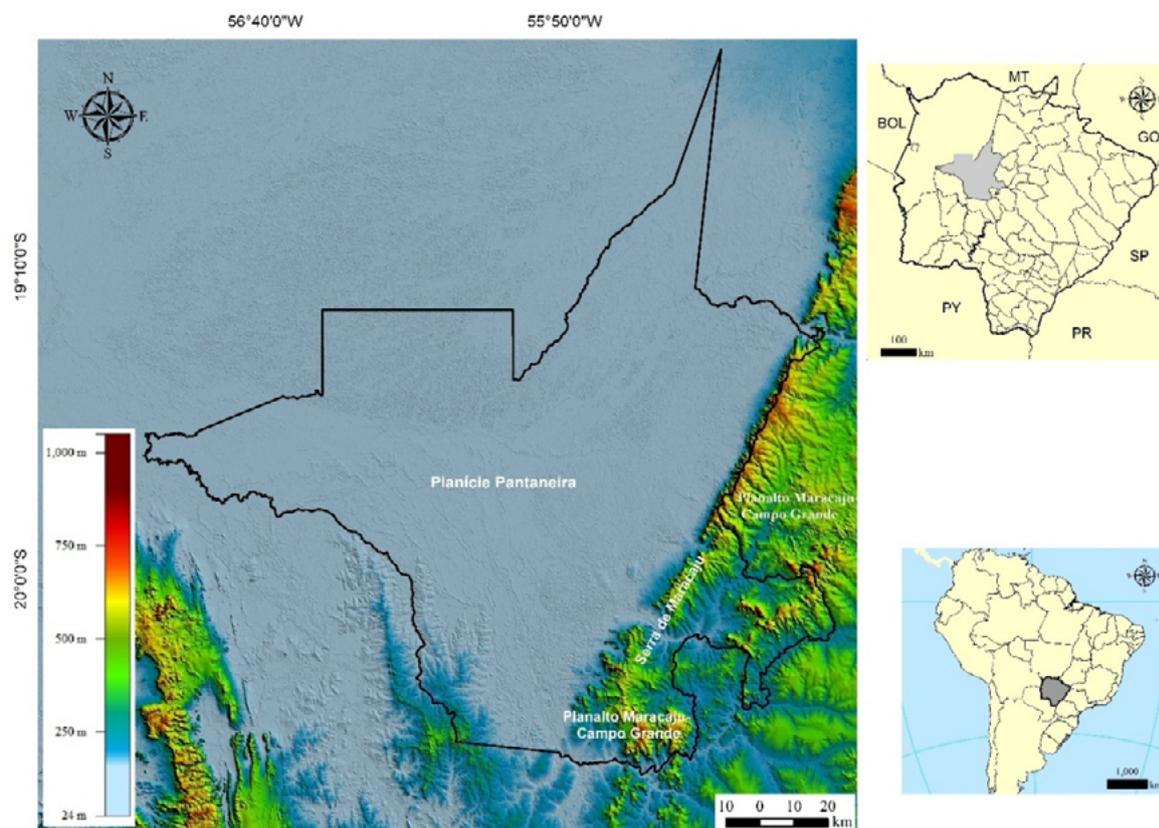


Figura 1. Mapa de localização do município de Aquidauana-MS.

Destaca-se no Estado de Mato Grosso do Sul por apresentar três importantes unidades fisiográficas: o Planalto Maracaju-Campo Grande, a Depressão do Rio Paraguai e a Planície do Pantanal Sul-Mato-Grossense, abrangendo parte dos biomas: Cerrado e Pantanal. Estes aspectos conferem ao município peculiaridades ambientais riquíssimas ligadas à fauna e flora. Tais características propiciaram ao município uma ocupação pautada na exploração da pecuária extensiva, favorecida pela abundância dos mananciais e as planuras da planície pantaneira. O turismo também se apresenta como uma forte atividade econômica.

A geologia é composta pelo Grupo Cuiabá, Granito Rio Negro, Granito Taboco, Formação Furnas, Formação Ponta Grossa, Formação Aquidauana, Formação Botucatu, Formação Pan-

tanal e Depósitos aluvionares de acordo com Brasil (1982).

Os solos são compostos pelos Planossolos, Gleissolos, Plintossolos, Latossolos, Argissolos, Vertissolos, Espodossolos e Neossolos (BRASIL, 1982).

A geomorfologia da área compreende duas macro unidades morfoestruturais: a Bacia Sedimentar do Paraná e a Bacia Sedimentar do Pantanal, subdivididas nas seguintes unidades morfoesculturais: Planalto Maracaju-Campo Grande, que corresponde à terminação dos planaltos localizados na borda oeste da Bacia sedimentar do Paraná e a Depressão do Paraguai, cuja depressão propriamente dita compreende extensas superfícies aplanadas (Ep) que por vezes apresentam formas pedimentadas (Epd), porém em sua maior parte, as superfícies são recobertas por sedimentos recentes (Epi). Secundariamente, ocorrem formas dissecadas de topo plano (t), convexas (c) e aguçadas (a). As Planícies e Pantanaís Mato Grossenses, apresentam feições bastante peculiares e de terminologia tipicamente regional (BRASIL, 1982).

3.2. Materiais e Métodos

Os materiais utilizados foram:

Dados de RADAR interferométrico SRTM: Obtenção e conversão de dados temáticos gerados pelo Radar interferométrico SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) do município de Aquidauana – 30m, quadriculos 19-57zn, 20-57zn, 18-555zn, 19-555zn, e 20-555zn (formato GeoTIFF) extraído do banco de dados geomorfométricos brasileiro – TOPODATA /INPE (Valeriano, 2008) para a análise morfométrica e elaboração dos mapas de hipsometria e declividade.

Imagem de Satélite LANDSAT 5: Imagens de satélite LANDSAT-5, sensor TM (*Thematic Mapper*), órbitas ponto 225/74, 226/74, 225/73 e 226/73, bandas 3, 4 e 5, de Setembro de 2010;

Cartas temáticas: cartas temáticas (Geologia, Geomorfologia e Pedologia, Áreas prioritárias), com seus respectivos relatórios técnicos.

Dados pluviométricos: médias anuais pluviométricas disponíveis entre os anos de 1970 a 2007. Utilizou-se dados pluviométricos de 14 estações meteorológicas da Agência Nacional das Águas (ANA), (disponível em <http://www.cpa0.embrapa.br/clima/index.php?pg=chuvas>).

O procedimento metodológico desenvolvido baseou-se numa adaptação de duas propostas metodológicas: Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais elaborada por Ross (1994) e metodologia proposta por Crepaniet al. (2001) denominada Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicado ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial.

Fragilidade dos Ambientes Naturais

No modelo proposto por Ross (1994, 2000), a análise da fragilidade pode ser feita a partir dos aspectos relacionados ao relevo seguindo duas formas de abordagem: em trabalhos de escala média (1:50.000, 1:100.000, 1:250.000) utiliza-se os Índices de Dissecção dos Relevos, abordando os aspectos morfométricos, e nos estudos em escalas de maior detalhe (1:25.000, 1:10.000, 1:5.000) utiliza-se como base as Classes de Declividades dos terrenos.

A proposta metodológica atribui um índice de fragilidade que varia de 1 a 5 para cada componente do meio físico analisado, conforme o grau de fragilidade para aquele parâmetro, conforme descrito em Ross (2000; 1994). O índice 1 indica maior resistência a ocorrência de processos erosivos e o índice 5 o contrário.

Os dados foram manipulados e processados nos seguintes softwares de sistemas de informações geográficas: ArcGis10® e Spring 5.2. Inicialmente foram combinados pelo método de

álgebra de campo (sobreposição ponderada) os mapas das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade; mapa clinográfico, mapa de solos e mapa de intensidade pluviométrica, os quais resultaram no mapa de fragilidade potencial, considerando apenas os aspectos naturais. Em seguida, elaborou-se o mapa de uso da terra e cobertura vegetal, o qual combinado pelo mesmo método de álgebra de mapa com o de fragilidade potencial resultou no mapa de fragilidade ambiental.

Análise da Vulnerabilidade Natural a Erosão

A estabilidade ou vulnerabilidade, a resistência ao processo natural de erosão das unidades de paisagem natural é definida pela análise integrada do conjunto rocha, solo, relevo, vegetação e clima. Seguindo esta proposta, cada um destes temas recebe uma pontuação de vulnerabilidade variando entre 1 e 3. Desta forma as unidades mais estáveis apresentarão valores mais próximos de 1,0, as intermediárias ao redor de 2,0 e as unidades de paisagem mais vulneráveis estarão próximas de 3,0.

O mapa de vulnerabilidade ambiental do município de Aquidauana-MS foi gerado a partir da álgebra dos mapas temáticos dos componentes da paisagem (Geologia, Geomorfologia, Solos, Vegetação e Clima), em ambiente de Sistema de Informação Geográfica, manipulados e processados no ArcGis10 ® conforme Equação 1, desenvolvida por Crepani et al. (2001). A cada classe dos mapas temáticos que compõe a unidade de paisagem, foi associado um valor que indica seu grau de vulnerabilidade ambiental, que varia de 1 a 3.

$$V = \frac{G+R+S+Vg+C}{5} \quad (1)$$

Onde: V representa a vulnerabilidade ambiental, G representa vulnerabilidade para o tema Geologia, R representa vulnerabilidade para o tema Geomorfologia, S é a vulnerabilidade para o tema Solos, Vg é a vulnerabilidade para o tema Vegetação e C a vulnerabilidade para o fator Clima.

4. Resultados

Fragilidade Ambiental

A partir da combinação dos dados de fragilidade potencial (áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, clinográfico, solos, pluviosidade) e uso da terra e cobertura vegetal, foi possível identificar cinco níveis de fragilidade ambiental: A) Muito Baixa B) Baixa, C) Média, D) Alta e E) Muito Alta conforme a **Figura 2**. A **Tabela 1** apresenta a quantificação dos graus de fragilidade ambiental do município.

Tabela 1. Quantificação dos graus de Níveis de fragilidade ambiental do município de Aquidauana.

Nível de fragilidade	Área em (km ²)	Área (%)
Muito baixa	4,27	0,025
Baixa	6.833,8	40,38
Média	5.588,3	33,02
Alta	4.465,8	26,39
Muito Alta	27,67	0,16
Total	16.919,84	100

A) Muito Baixa fragilidade: Menor área encontrada no município, totalizando 0,02%, áreas com inclinações baixa de 0 a 6% e em algumas partes de área urbana.

B) Baixa fragilidade: A fragilidade baixa do município é a maior parte encontrada, totalizando 40,38% está associada às áreas onde predominam a vegetação arbórea, sendo seu grau de proteção alto, devido ao pouco contato antrópico nessas regiões.

C) Média fragilidade: a segunda maior classe encontrada com 33,02%, áreas bem distribuídas, ocupa regiões que vão de norte a sul e leste a oeste associados a áreas de pastagem e vegetação arbórea, e atividades de agricultura e silvicultura. As declividades vão desde baixas variando de 0 a 6% até inclinações maiores de 30% relacionadas principalmente a Planossolos e Neossolos.

D) Alta fragilidade: esta classe está correlacionada principalmente às áreas úmidas e corpos d'água presentes no município que necessitam de um alto grau de proteção e conservação da biodiversidade, totalizam 26,39%, além disso, solos do tipo Vertissolos e Espodossolos com alto grau de fragilidade e regiões de solo exposto ocupam essas regiões. Também se encontra áreas de alta importância biológica, nos biomas Cerrados e Pantanal, com fomento às atividades ligadas a extração de produtos não madeireiros, às escolas pantaneiras, implementação das recomendações do PCBAP já existentes, dando ênfase à restrição às atividades de infraestrutura (construção de diques e canais) e fomento ao ecoturismo. Outro fator resultante são as áreas urbanas com um alto grau de fragilidade.

E) Muito Alta fragilidade: a menor classe encontrada, totalizando 0,16% do município, localizada em áreas de alta declividade, principalmente em partes do planalto Maracaju-Campo Grande.

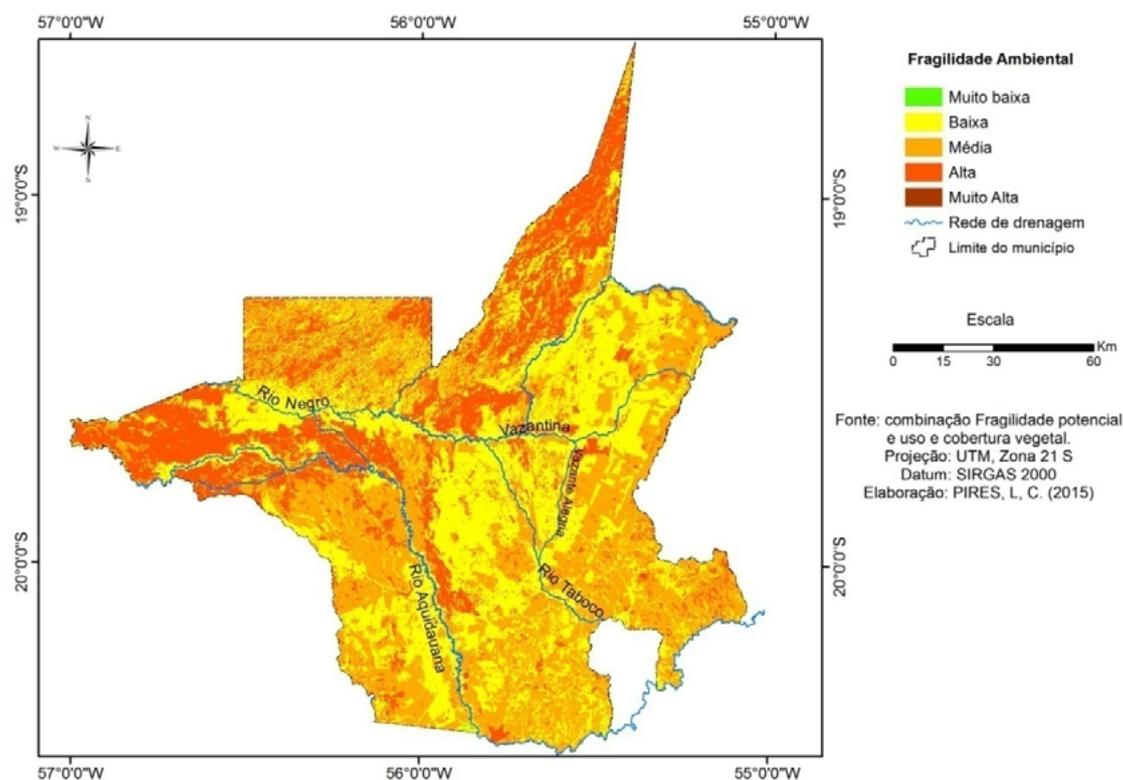


Figura 2. Mapa de fragilidade ambiental do município de Aquidauana-MS.

Vulnerabilidade Ambiental

Os dados para o resultado do Mapa de Vulnerabilidade ambiental, seguindo a Metodologia de Crepaniet al. (2001), foi acrescentado o fator geologia não utilizado na metodologia de Ross

(1994), e, além disso, foi adicionado dados da vegetação GeoMs tendo como resultado 63,83% do município um grau de vulnerabilidade Medianamente Vulnerável estável seguido de 34,98% de uma vulnerabilidade Moderadamente vulnerável (**Tabela 2**).

Tabela 2. Área das classes de vulnerabilidade ambiental do município de Aquidauana-MS.

Grau de vulnerabilidade	Área (km ²)	Área (%)	Grau de Vulnerabilidade	Área (%)
1,6	40,48	0,23	Moderadamente	1,12%
1,7	151,96	0,89	Estável	
1,8	234,92	1,38		
1,9	1.245,25	7,36	Medianamente	
2,0	2.644,82	15,64	Estável/	63,83%
2,1	3.551,41	21	Vulnerável	
2,2	3.119,9	18,45		
2,3	3.713,01	21,95	Moderadamente	
2,4	1.679,95	9,93	Vulnerável	34,98%
2,5	505,42	2,98		
2,6	20,68	0,12		
2,7	1,41	0,008	Vulnerável	0,008%
Total	16.908,81	100		

A partir do Mapa de vulnerabilidade ambiental, observa-se que a unidade de paisagem moderadamente Estável ocupa 1,12% e encontra-se em uma declividade plana, solos do tipo Argissolos Vermelhos e vegetação do tipo Cerradão. A formação geológica é Cuiabá, com característica mineralógica Xisto, filito e quartzito.

Na classe predominante no município de medianamente estável/vulnerável o fator Geologia é de formação Pantanal- depósitos aluvionáres e coluvionáres de características litotipo areia, argila e silte com um alto grau de vulnerabilidade, bem como, solos de alto grau de vulnerabilidade como os Planossolos e Neossoloslitólicos. O relevo encontrado para essa classe é plano, com declividades baixas, sendo assim seu grau de vulnerabilidade geomorfológico também se deu baixo. O equilíbrio entre os processos de pedogênese e morfogênese é resultado das diferentes combinações entre seus fatores naturais

As áreas em que obtiveram um grau moderadamente vulnerável são as que apresentam uma vegetação com influência fluvial, regiões que apresentam corpos d'água, de pastagem e sem floresta de galeria. A formação geológica também corresponde à formação Pantanal-depósitos aluvionáres, e além desse, a formação de depósitos aluvionáres com características mineralógicas areia e cascalho que se estendem ao longo do rio Aquidauana e Rio Negro, Formação Aquidauana com presença de diamictito, arenito, folhelho e siltito, formação Botucatú, presença de quartzo, Formação Furnas mineração de arenito e Granito Taboco de granitóide. Os principais solos encontrados são os do tipo Vertissolos e Espodossolos. A declividade é baixa e apresenta no máximo 6% de inclinação. A vulnerabilidade ambiental é resultado do predomínio dos processos morfogenéticos sobre os processos pedogenéticos. As áreas vulneráveis são quase imperceptíveis como mostra a (**Figura 3**) e correspondem a 0,08%. Nesta unidade de paisagem, a vulnerabilidade ambiental é resultado do predomínio dos processos morfogenéticos sobre os processos pedogenéticos.

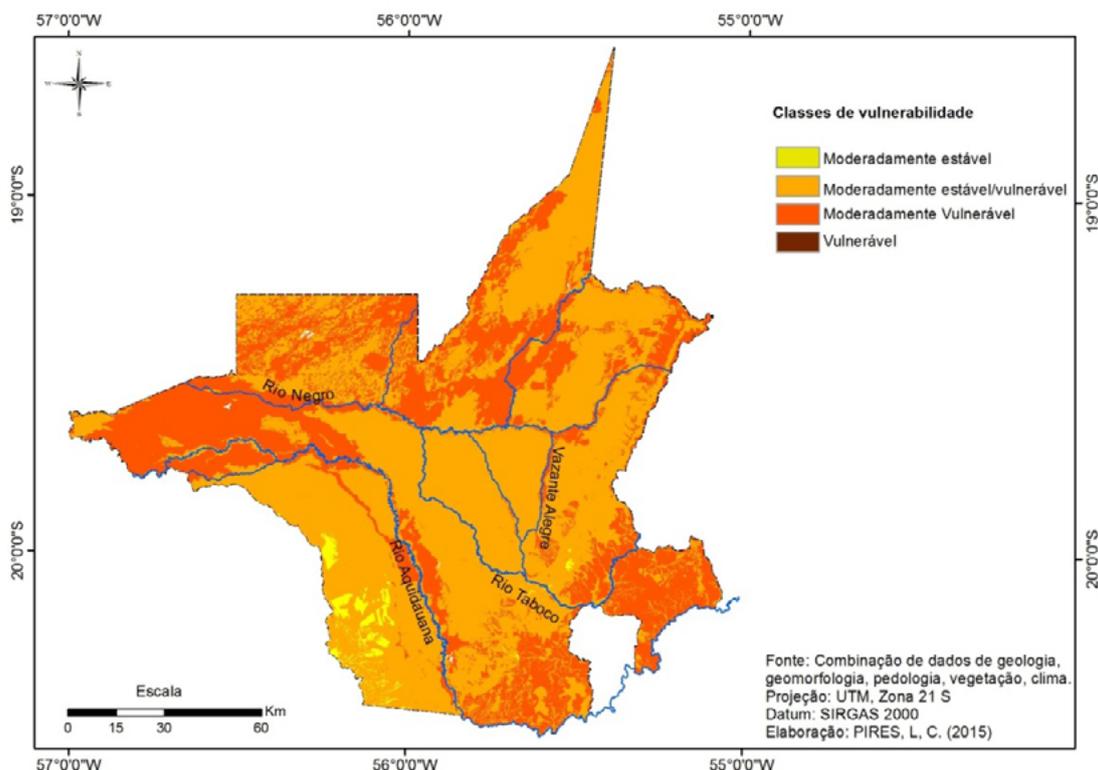


Figura 3. Mapa de vulnerabilidade ambiental do município de Aquidauana-MS

A **Tabela 3** mostra de forma simplificada os elementos utilizados para a obtenção dos dois modelos.

Tabela 3. Variáveis utilizadas em cada procedimento técnico-operacional

Metodologias	Classes de fragilidade Ross (1994)	Classes de vulnerabilidade Crepaniet al. (2001)
Variáveis		
Declividade	X	X
Solos	X	X
Geologia		X
Geomorfologia		X
Clima	X	X
Uso e cobertura vegetal	X	X
Áreas prioritárias	X	

Conforme a tabela acima percebe-se que os dois modelos utilizam-se de algumas variáveis em comum: Declividade, solos, clima e uso e cobertura vegetal. As demais variáveis diferem-se de acordo com cada metodologia analisada.

Ross (1994) estabelece que a classificação dos graus de fragilidade seja feita através do agrupamento dos índices das variáveis (declividade, solos, clima, uso e cobertura vegetal, áreas prioritárias), já Crepaniet al. (2001) classificam a vulnerabilidade ambiental através da média aritmética dos valores individuais de cada variável (geologia, solos, declividade, cober-

tura vegetal, clima, geomorfologia), igualando o peso de cada variável no estabelecimento da vulnerabilidade à erosão de cada unidade.

O fator de conservação da biodiversidade é de extrema importância para o município, dentre as diversas ameaças à conservação da biodiversidade no Pantanal destaca-se o desmatamento, tanto na própria planície quanto no planalto adjacente (MMA, 2007), outro fator de extrema importância para a conservação da biodiversidade no município é a presença do bioma cerrado, que apresenta elevada riqueza de espécies, com valores que fazem deste bioma a mais diversificada savana tropical do mundo: plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas e cipós somam mais de 7.000 espécies sendo 44% da flora. (Mendonça et al., 1998, p. 293).

No que diz respeito à metodologia de Crepaniet al. (2001), que adota as médias, o resultado da vulnerabilidade apresenta um efeito suavizado entre as classes, promovendo uma distribuição maior entre as classes intermediárias, como por exemplo áreas formadas por solos de uma alta vulnerabilidade à erosão, encobrem a vulnerabilidade superficial, muitas vezes formadas por relevo mais aplainados.

A aplicação da metodologia de Ross (1994) estabelece uma fragilidade fraca seguida de média, já a de Crepaniet al. (2001) foi classificado com vulnerabilidades entre moderadamente estável e moderadamente vulnerável. Ou seja, para a metodologia de Crepaniet al. (2001) o município de Aquidauana é considerado mais vulnerável a erosão enquanto que para a metodologia de Ross (1994) é considerado um ambiente mais estável.

5. Conclusão

O município de Aquidauana apresentou vulnerabilidade ambiental medianamente estável/vulnerável de acordo com a metodologia de Crepaniet al. (2001). Fato este que pode ser entendido a partir da relação entre a diversificação das feições geomorfológicas presentes, sobretudo a transição Planalto e Planície; os tipos de formações geológicas, principalmente as aluvionares, solos poucos desenvolvidos, vegetação do tipo arbustiva resultante principalmente da atividade agropecuária existente no município como principal atividade econômica, vegetação do tipo fluvial. Tais fatores, associados à intensidade pluviométrica que pode chegar até 500 mm/mês especialmente sobre os pontos mais altos do terreno adquirem maior energia potencial no seu percurso em direção às partes mais baixas e, conseqüentemente, apresentarão maior capacidade de erosão ou de morfogênese, contribuindo para uma vulnerabilidade medianamente estável/vulnerável.

Para a metodologia de Ross (1994) o município apresentou uma baixa vulnerabilidade resultante de áreas com um alto índice de cobertura vegetal e baixas declividades que favorecem a cobertura do solo, seguida de média fragilidade ambiental, associada aos tipos de uso do solo presentes e tipos de solos mais frágeis.

A partir da relação dos resultados apontados, é possível uma reflexão, principalmente ao poder público em relação às atividades econômicas desenvolvidas no município em áreas suscetíveis a maior vulnerabilidade/fragilidade ambiental.

Os métodos utilizados apresentaram resultados que podem ser utilizados para estudos de planejamento relativos às questões ambientais, entretanto é necessário que se faça maior número de trabalhos de campos, contribuindo assim para um melhor confronto de dados.

A utilização das Geotecnologias como ferramenta para estudos ambientais vem sendo nos últimos anos de extrema importância, sendo um instrumento de suporte na tomada de decisão para profissionais de diversas áreas do conhecimento, devendo ser ainda muito explorada principalmente pelos profissionais ligados às áreas ambientais.

O uso das metodologias de Crepaniet al. (2001) e Ross (1994) com algumas adaptações

permitiu o conhecimento da morfodinâmica, sua classificação em unidades de paisagem de acordo com o grau de vulnerabilidade ambiental, bem como, os diferentes graus de fragilidade ambiental para o município de Aquidauana podendo fornecer subsídios ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao planejamento e ordenamento territorial da área de estudo.

6. Referências

Agência Nacional das Águas (ANA), Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/clima/index.php?pg=chuvas>>. Acesso em 18 de setembro de 2015.

Bacani, V.M. **Geotecnologias aplicada ao ordenamento físico-territorial da bacia do alto rio Coxim-MS**. 2010. 222f. Tese (Doutorado em Geografia Física)- Universidade de São Paulo, São Paulo.

Biodiversidade 31. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. Portaria MMA nº9, janeiro de 2007.

Brasil, Ministério das Minas e Energias. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1982. Folha SE. 21 Campo Grande.

Crepani, E.; Medeiros, J. S. de; Hernandez Filho, P.; Florenzano, T. G.; Duarte, V.; Barbosa, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao ordenamento territorial**. (INPE-8454-RPQ/722). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2001.

Damasceno, Maycon Pereira. **Análise comparativa da fragilidade ambiental da Sub-bacia hidrográfica dos arroios de Juá e Caracol – Bacia hidrográfica do Rio Cai/RS**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Embrapa Solos, Disponível em:<<http://www.cnps.embrapa.br/>>. Acesso em 18 de março de 2015.

Imasul, **Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul**. Disponível em: <<http://www.imasul.ms.gov.br/index.php?inside=1&tp=3&comp=&show=6521>>. Acesso em 10, Fevereiro, 2014.

Mendonça, F. Diagnóstico e análise Ambiental de Microbacia Hidrográfica Proposição metodológica na perspectiva do zoneamento, planejamento e gestão ambiental. **R RA'EGA**, Curitiba, n.3,p. 67-89. 1999. Editora da UFPR.

Padilha, D. G. **Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da Bacia hidrográfica do arroio grande, RS**. Dissertação (Mestrado em Geomática). Universidade Federal de Santa Maria, 2008.

Projeto GeoMS: cobertura vegetal e uso da terra do Estado de Mato Grosso do Sul / João Vila da Silva ... [et al.].- Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 64 p. : il. ; 29,7 cm.

Ross, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos ambientes Naturais e Antropotizados. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 63 -74, 1994.

Ross, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 5ed. São Paulo: Ed. Contexto. 85p. 2000.

Sisla, **Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental**, Disponível em: <<http://sisla.imasul.ms.gov.br>>. Acesso 18 de Setembro de 2013.

Valeriano, M. de M. **Topodata: guia de utilização de dados geomorfométricos locais**- São José dos Campos: INPE, 2008.



Análise do desmatamento e renda nos municípios da microrregião de Tangará da Serra – Bacia Alto Paraguai/MT

Pollyana Aparecida Simão ¹
Yung Felipe Garcia ¹
Thales Ernildo Lima ¹
Sandra Mara Alves da Silva Neves ¹
Aumeri Carlos Bampi ²
Divino Batista Alves Rosa ³

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Av. Santos Dumont, s/n, Bloco 01, sala 3
782000- 000 Cáceres-MT, Brasil
{pollyanasimoes, profyunggarcia}@gmail.com
lima.thales@outlook.com
ssneves@unemat.br

² Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Av. dos Ingás, nº 3001, Jardim Imperial, Bloco L, Sl. L14
78555-000 - Sinop-MT, Brasil
aumeribampi@gmail.com

³ Estado de Educação - SEDUC/MT
EE Rosa dos Ventos.
Rua das Paineiras, nº1440, Jardim Imperial.
78555-058 Sinop-MT, Brasil.
divinobatista@gmail.com

Resumo. A microrregião de Tangará da Serra é composta por cinco municípios: Tangará da Serra, Barra do Bugres, Denise, Nova Olímpia e Porto Estrela, cujo surgimento ocorreu em decorrência da expansão da fronteira agrícola que foi incentivada pelo governo federal. Objetivou-se nesta pesquisa correlacionar dados de desmatamento e renda dos municípios da microrregião de Tangará da Serra/MT, na perspectiva da geração de informações que subsidiem o planejamento e a gestão territorial das paisagens das municipalidades investigadas. Para a execução foram obtidos dados de renda dos moradores no IBGE e de desmatamento no Sistema de Detecção de Desmatamentos em Tempo Real (DETER/INPE), dos anos de 2000 e 2010. A análise de correlação de Pearson mostrou que as variáveis desmatamento e renda não estão diretamente correlacionadas, portanto conclui-se que o desmatamento não apresenta influência na renda.

Palavras-chaves: agronegócio, fronteira agrícola, espaço, paisagem, políticas públicas, geotecnologias.

Abstract. The micro-region of Tangara da Serra is composed of five boroughs: Tangara da Serra, Barra do Bugres, Denise, New Olympia and Porto Estrela, whose emergence was due to the expansion of the agricultural frontier that was encouraged by the federal government. The objective of this research correlates deforestation data and incomes of the micro-region municipalities of Tangara da Serra / MT, in view of the generation of information that supports the planning and management of territorial landscapes of the investigated municipalities. For the execution was obtained income data of residents at the IBGE and the deforestation at the Detection System in Real Time (DETER / INPE), in the years 2000 and 2010. The Pearson correlation analysis showed that the variables deforestation and incomes are not directly correlated, so it is possible to conclude that deforestation does not influence the lace

Key words: agribusiness, agricultural frontier, space, landscape, public policy, geo technology.

1. Introdução

O processo de ocupação e uso da terra a partir da década de 1940, nos municípios da microrregião de Tangará da Serra, contida na Bacia do Alto Paraguai-MT, contribuíram para o desmatamento, implicando numa reconfiguração da paisagem com desdobramentos na sua dinâmica. Situação esta, favorecida pela implantação de atividades econômicas, como produção sucroalcooleira e as monoculturas, que acabaram refletindo na renda per capita, na conservação dos atributos da paisagem natural e na sobrevivência humana, criando uma relação causa e efeito.

As transformações que ocorreram e ainda ocorrem ao longo de décadas nos municípios localizados na microrregião de Tangará da Serra modificam as paisagens, formando um mosaico. Santos (1988) define paisagem como:

[...] um conjunto heterogêneo de formas naturais e artificiais; é formada por frações de ambas, seja quanto ao tamanho, volume, cor, utilidade, ou por qualquer outro critério. A paisagem é sempre heterogênea. A vida em sociedade supõe uma multiplicidade de funções e quanto maior o número destas, maior a diversidade de formas e de atores. Quanto mais complexa a vida social, tanto mais nos distanciamos de um mundo natural e nos endereçamos a um mundo artificial (Santos, 1988 p. 65).

De uma perspectiva histórica, sob a ótica capitalista, a produção do espaço nos municípios da microrregião se deu por meio da implementação de políticas públicas, principalmente os Programa de Integração Nacional (PIN) e o Programa Nacional do Alcool (Proálcool), e do início da mecanização da agricultura, que assumiu uma dinâmica ligada ao mercado, favorecendo a expansão da pecuária, plantações de soja e cana-de-açúcar.

Nesse contexto, a Microrregião foi inserida no agronegócio com a produção de soja, milho e, principalmente, no setor sucroalcooleiro com a cana-de-açúcar, que contribuiu na instalação de destilarias e usinas. A produção de biocombustível e energia elétrica, de origem do bagaço da cana-de-açúcar, é destinada ao consumo interno e para a distribuidora de energia, e o açúcar para consumo doméstico, indústrias para fabricação de bebidas e levedura, que é um produto alimentício para animais. Além disso, a agropecuária é uma atividade ainda presente na Microrregião.

A participação dessas atividades econômicas no cenário nacional e internacional favoreceu que os centros urbanos dos municípios da microrregião, principalmente a cidade de Tangará de Serra e Barra do Bugres, fossem criados e reestruturados para atender o consumo produtivo dessas atividades, estando presente nesses espaços indústrias para ração animal, de madeira (moveleira, serrarias e marcenarias) e de cerâmicas; máquinas de beneficiamento de arroz; centro comercial lojista e varejista; hotéis; restaurantes e centros educacionais.

Para que isso acontecesse e a microrregião de Tangará de Serra pudesse atender a demanda capitalista foi necessário a transformação da paisagem. O desmatamento da área de estudo

transformou a paisagem que antes fora natural, como bem definiu Santos (1998) de primeira natureza, para uma paisagem artificial em que as intenções do homem, que se desencadeiam de um processo produtivo, alteraram profundamente os aspectos socioeconômicos e ambientais do local. Embora uma paisagem possa ser considerada natural (no caso das áreas ainda florestadas) por não ter presença humana, ainda sim o fato deste lugar estar conservado leva-o a preocupação (devido ao avanço do desmatamento em decorrência do agronegócio), logo muito tênue a separação entre natural e artificial, Pois:

A paisagem artificial é a paisagem transformada pelo homem, enquanto grosseiramente podemos dizer que a paisagem natural é aquela ainda não foi mudada pelo esforço humano. Se no passado havia a paisagem natural, hoje essa modalidade de paisagem praticamente não existe mais. Se um lugar não é fisicamente tocado pela força do homem, ele, todavia, é objeto de preocupações e de intenções (Santos, 1998, p. 23).

Para a investigação da paisagem da microrregião de Tangará da Serra foi adotada as Geotecnologias, principalmente o Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o Banco de Dados Geográficos (BDG). É um conjunto de ferramentas que incluem, armazenamento de dados sobre informações espaciais em um sistema de software e hardware, que possibilita a manipular dados e informações de grande complexidade, como mapas e imagens de satélite, que facilita a compreensão, análise e gestão dos dados coletados.

A associação de dados censitários, relativo a renda, e os dados de desmatamento à base cartográfica municipal, em ambiente SIG, possibilitou a constituição do BDG da pesquisa e a geração de mapas temáticos. As análises possibilitadas pela execução da álgebra de mapas em SIG geram informações relevantes para que possa ser realizado o planejamento e a gestão territorial das paisagens das municipalidades investigadas da microrregião de Tangará da Serra.

2. Objetivo

Correlacionar dados de desmatamento e renda dos municípios da microrregião de Tangará da Serra/MT, na perspectiva da geração de informações que subsidiem o planejamento e a gestão territorial das paisagens das municipalidades investigadas.

3. Material e método

Área de estudo

Os cinco municípios da microrregião de Tangará da Serra estão inseridos na Bacia do Alto Paraguai, perfazendo a extensão territorial de 22.303,657 km² (**Figura 1**). A população urbana totaliza 126.511 habitantes e a rural 18.400 pessoas (IBGE, 2016).

Procedimentos metodológicos

Os dados de 2000 e 2010 de desmatamento foram obtidos no sítio do projeto Prodes (INPE, 2016) e os de renda nos dados censitários (IBGE, 2016).

Os dados de desmatamento e renda foram associados a malha digital dos municípios da microrregião de Tangará da Serra (IBGE, 2016) para estabelecimento do Banco de Dados Geográficos (BDG) da pesquisa no ArcGis (Esri, 2013).

Para a geração dos mapas temáticos de renda, caracterizada por renda dos domicílios nos municípios da microrregião de Tangará da Serra - MT, os dados foram agrupados nas faixas de renda referenciadas no salário mínimo (SM) dos anos de 2000 e 2010 – correspondiam a R\$ 151,00 e R\$ 510,00 –, faixas de renda em 2000 – até $\frac{1}{4}$ SM; $> \frac{1}{4}$ a $\frac{3}{4}$; $>$ de $\frac{3}{4}$ a 1SM; $>$ de 1 a $1\frac{1}{4}$ SM a $1\frac{1}{2}$ SM; $>$ de $1\frac{1}{2}$ a 2 SM; $>$ de 2 a 30 SM; SR. Nas faixas de renda em 2010 – até $\frac{1}{8}$ SM; $>$ de $\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{2}$; $>$ de $\frac{1}{2}$ a 1 SM; $>$ de 1 a 10 SM; sem renda (SR).

Os mapas temáticos de desmatamento de 2000 e 2010 foram produzidos através de dados das áreas desmatadas, floresta e não floresta dos municípios da microrregião de Tangará da Serra – MT.

Para a execução da análise de correlação entre as variáveis investigadas da área de estudo os dados foram sistematizados em uma matriz e na sequência utilizado o método de Correlação Linear simples, calculado no software Minitab 17, para verificar o grau de associação entre as mesmas. A significância do coeficiente de correlação foi testada por meio do teste p com $\alpha = 0,05$ para testar as hipóteses nula e alternativa.

A discussão dos resultados foi estabelecida a luz dos referenciais teóricos, por meio da técnica de pesquisa bibliográfica (Lakatos e Marconi, 2007).

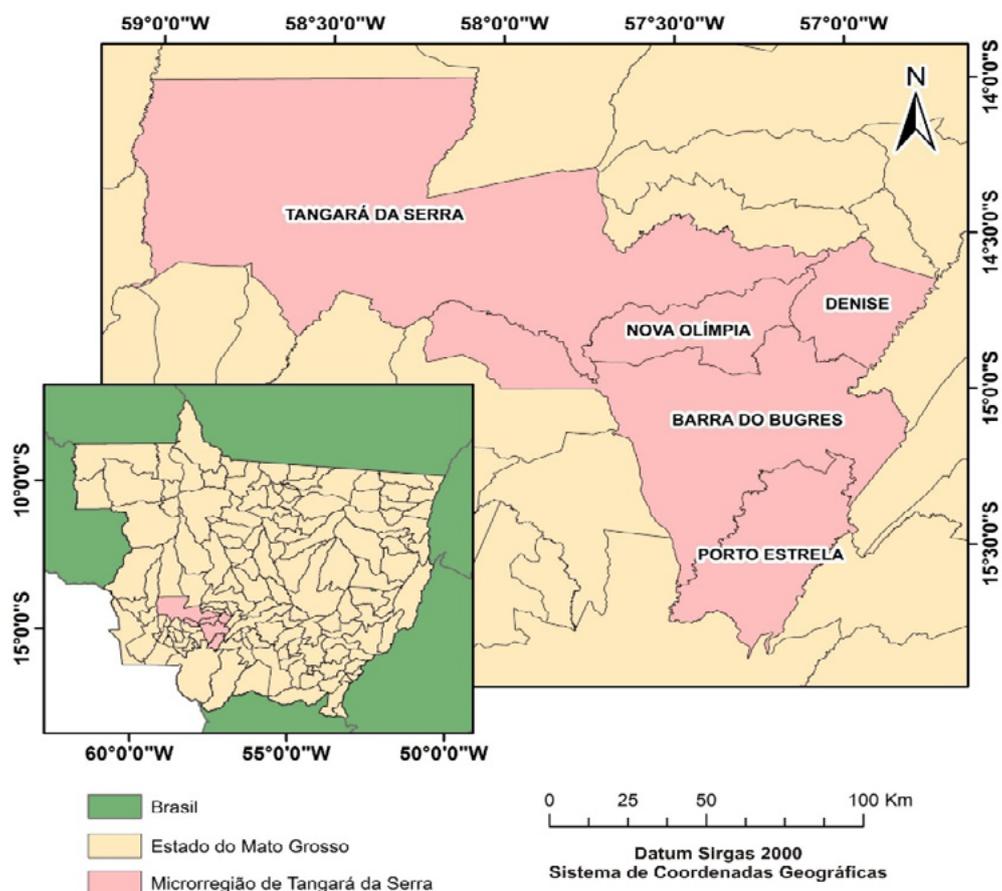


Figura 1. Microrregião de Tangará da Serra e seus respectivos municípios.

4. Resultados e discussão

4.1 Desmatamento na microrregião de Tangará da Serra

Para que a microrregião de Tangará da Serra se tornasse referência na produção de grãos e no cultivo da cana-de-açúcar e na produção de seus derivados houveram processos de transformação territorial e vários ciclos econômicos, em diferentes contextos históricos, que serviram de base para o fortalecimento do agronegócio regional. Diante dessa perspectiva, Mota (2003) cita alguns dos fatores que contribuem para seleção e configuração territorial de uma região, os quais são: análise do potencial econômico; as funções de produção ou de demanda, com base no cenário e na realidade econômica, seja ela nacional ou internacional; atividades convencionais

e produtiva; e a priorização mais dos valores econômicos do que os ambientais.

O desmatamento é um problema ecológico grave no Brasil e no estado de Mato Grosso, seu desenvolvimento ocorre geralmente de acordo com Bacha (2004) em ciclos repetidos nas diversas fases econômicas, portanto atualmente o ciclo econômico do agronegócio tem influenciado no desflorestamento em áreas com mata virgem e área ocupadas por outras atividades produtivas, como é o caso que ocorre na microrregião de Tangará da Serra. As causas que resultam no desmatamento são diversas, todavia a mais recorrente nas regiões brasileiras é a conversão da paisagem, terra natural, em terras para o uso nas atividades econômicas. Margulis (2003) assevera que a introdução e expansão da atividade do agronegócio requer, demanda e estimula as migrações e a maior presença do governo, com o estabelecimento dos serviços básicos e de infraestrutura, incluindo a de transportes, que por sua vez também implica o aumento da lucratividade do agronegócio, reforçando a competitividade da região.

A dinâmica dos fatores causais do desmatamento pode ser notada no estado de Mato Grosso em diferentes épocas (1970-1980), por consequência na microrregião de Tangará da Serra, uma vez que o processo de ocupação e desenvolvimento econômico regional foi induzido por incentivos e políticas governamentais (Margulis, 2003).

O comportamento da lógica do desmatamento como ponderou Margulis (2003) e Bacha (2004), traz impresso as fases de desenvolvimento das atividades econômicas. Esse arranjo produziu no ano de 2000 uma área total de desmatamento de 7.386 km² na microrregião de Tangará da Serra, a qual tem um total de território de 22.303,657 km², representando desse modo um percentual de área desmatada de 33%. Considerando as áreas desmatadas dos municípios da microrregião de Tangará da Serra entre os anos de 2000 e 2010, nota-se que no ano de 2000 houve uma maior ocorrência do desmatamento, conforme pode ser observado na **Tabela 1** e nas **Figuras 2 e 3**. Diante esse cenário, pode-se conjecturar que a materialização desse fenômeno, desmatamento mais intenso no ano de 2000 com arrefecimento de sua dinâmica em 2010, a mudança da lógica produtiva em áreas de ocupação mais antigas com o avanço da fronteira agrícola no Estado de Mato Grosso, baseada na nova lógica da produção de grãos e cultivo de cana-de-açúcar pautada nos parâmetros da técnica e do mercado globalizado.

Tabela 1: Áreas de Desmatamento e Percentual de sua Dinâmica nos anos de 2000 e 2010.

Municípios	2000 (km ²)		Dinâmica (%)	2010 (km ²)		Dinâmica (%)
	Vegetação	Desmatamento		Vegetação	Desmatamento	
Barra do Bugres	2.278,10	2.968,30	76,76	1.921,6	3.325,30	57,78
Denise	1.921	1.105,50	17,37	1.564	1.141,20	13,70
Nova Olímpia	2.989	9.384	31,85	2.422	9.951	24,33
Porto Estrela	2.463	3.593	68,54	2.251	3.805	59,15
Tangará da Serra	8.041	2.015,20	39,90	6.448	2.174,90	29,62

Ainda nessa perspectiva, o município de Barra do Bugres registrou no ano de 2000 um total de área desmatada de aproximadamente 49% do território municipal enquanto em 2010 registrou apenas 5% de área desmatada. Muito embora tenha havido uma ampliação da área total desmatada no município entre os anos de 2000 e 2010 a dinâmica do desmatamento no município, assim como em toda microrregião de Tangará da Serra, registrou no ano de 2010 decréscimo nas percentagens, indicando mudança nos processos da lógica produtiva.

Similarmente, a área de desmatamento no município de Denise registrou um percentual de 85% em 2000, enquanto em 2010 o percentual foi apenas 3% sobre a vegetação natural. Todavia, mesmo com redução dos percentuais de desmatamento no ano de 2010, quase a totalidade

do território municipal encontrava-se desmatada, com uma percentagem de aproximadamente 90% de área sem floresta.

Ainda nesse contexto, o município de Nova Olímpia no ano de 2000 registrou um percentual de 60% de desflorestamento, já no ano de 2010 o desmatamento verificado foi somente 4% sobre área de vegetação natural.

Em Porto Estrela o desmatamento em 2000 correspondia a 17% do espaço municipal, já em 2010 o registro foi apenas 1% de área desmatada. Embora o município apresente esses índices de desmatamento, 70% do município encontra-se não florestado, o que pode ser atribuído ao fato de ter sido uma das primeiras áreas de colonizações antes do ano de 2000 na microrregião.

Nesse panorama, o percentual de desmatamento no município de Tangará da Serra em 2000 era de 17,78%. Já ano de 2010 houve o registro de apenas 1,5% de área desmatada, o que indica quando comparado os anos de 2000 de 2010 uma redução do desmatamento, salientando que a lógica da dinâmica de desmatamento no município (**Tabela 1**), manifesta de igual modo o arranjo dos demais municípios integrante da microrregião de Tangará da Serra, indicando uma redução no percentual de desmatamento entre os anos analisados.

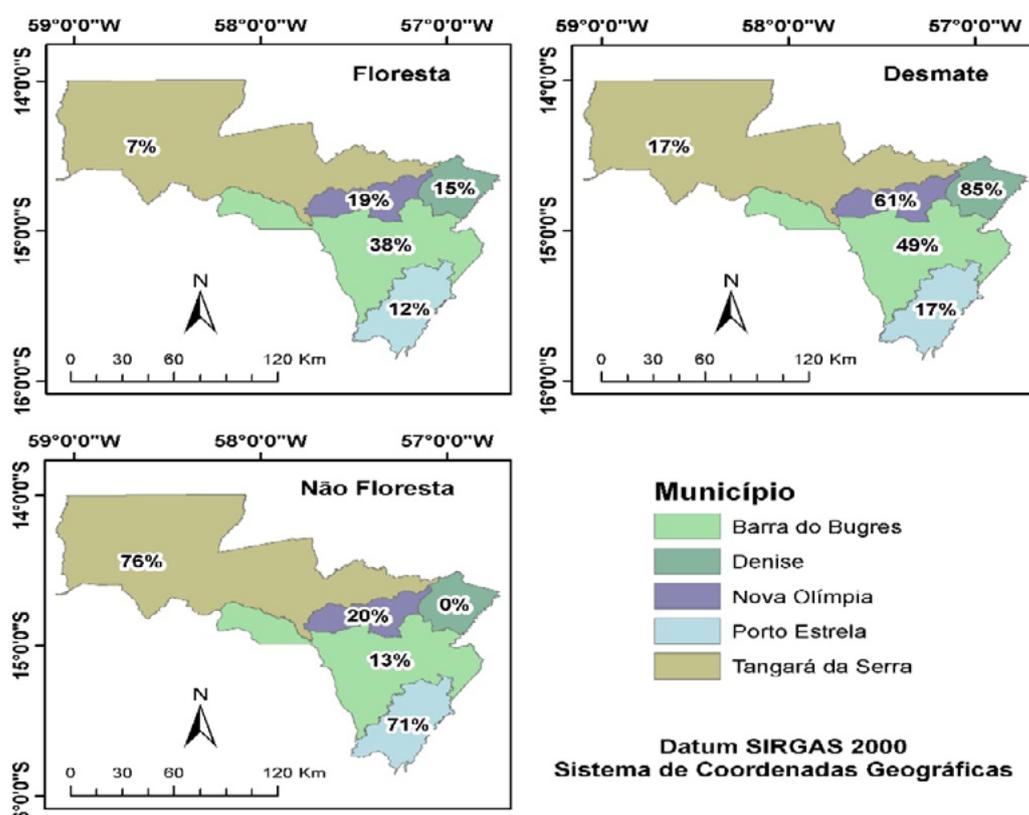


Figura 2. Cobertura vegetal e desmatamento na microrregião de Tangará da Serra em 2000.

A configuração territorial da microrregião de Tangará da Serra com extensa área desmatada manifesta a influência da lógica capitalista globalizada cuja presença do Estado é decisiva na configuração dessa lógica, exercendo um papel de gestor de políticas públicas, agente financiador e incentivador do processo de desenvolvimento dos espaços urbano e rural, criando estruturas básicas para instalação empresas, indústrias e futuros moradores – trabalhadores (Santos, 1988).

Assim a atração de agentes sociais de outras regiões como: *peessoas* – que vem em busca

de melhores qualidade de vida, oportunidades educacionais e profissionais –, *empresas* – que fornecem e consomem prestações de serviços –, *indústrias* – que além do objetivo de explorar e buscar reduzir os custos com transporte de matéria-prima para as matrizes, se instalam nesses espaços, consumindo, portanto, mão-de-obra, matéria-prima e prestações de serviços – como as Usinas, Destilaria, frigorífico, perpassam por essa lógica demandada do arranjo da reprodução da dinâmica produtiva e reprodutiva do capital.

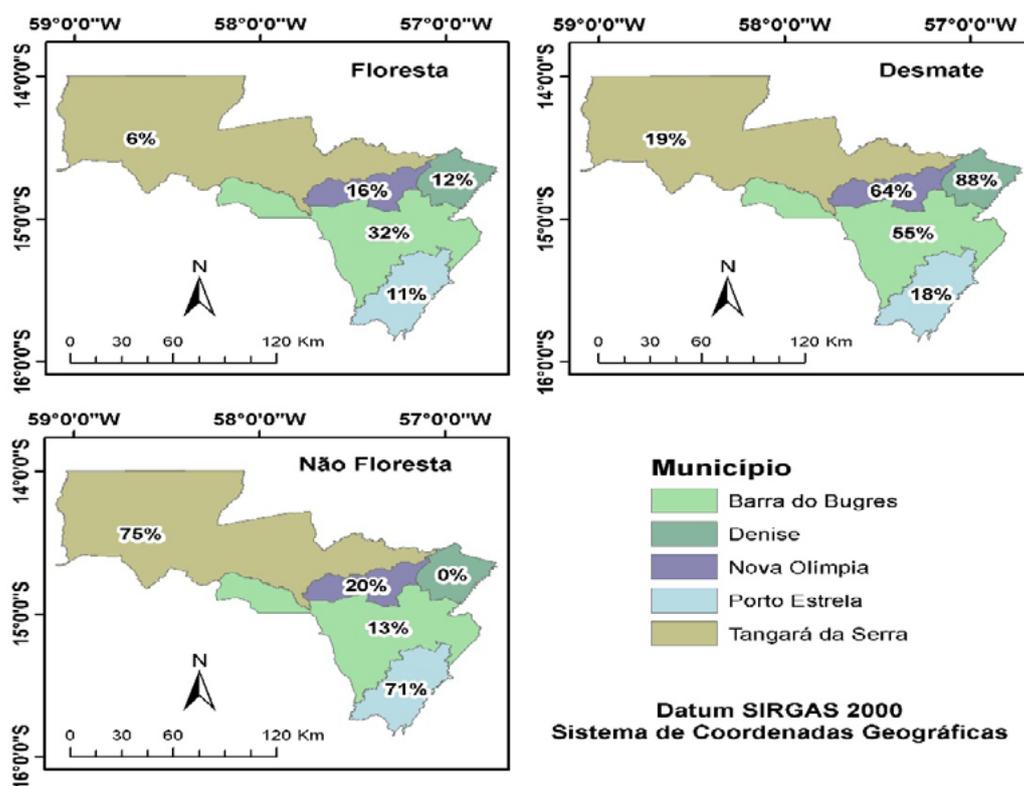


Figura 3. Cobertura vegetal e desmatamento da microrregião de Tangará da Serra em 2010.

Os dados de desmatamento registrados na microrregião de Tangará da Serra nos anos de 2000 e 2010 evidenciaram uma lógica decrescente, o que pode ser atribuída de acordo com Margulis (2003), a uma nova visão capitalista em relação aos recursos naturais aliadas as políticas governamentais de redução e inversão das políticas voltadas ao desincentivo do desmatamento, com políticas de conservação, proteção e preservação do meio ambiente.

Desse modo, pode se conjecturar fundamentado em Culas (2007) e Santos (1998), que o registro de tendência de decréscimo na dinâmica de desmatamento na Microrregião estudada decorre da inserção de novas tecnologias, a utilização melhor de áreas disponíveis e o aumento da produtividade, assim como a geração de empregos não rurais e um maior valor dado as florestas, bem como a capacidade que os governos possuem em fiscalizar.

4.2 Renda na microrregião de Tangará da Serra

Para Martins (2014) a produção voltada para exportação, principalmente de soja e milho, e produtos derivados da cana-de-açúcar, que está fortemente presente na microrregião de Tangará da Serra, foi implantada desde a década 1930 tendo sido foco de políticas de ocupação e colonização em várias regiões brasileiras com o mote de servir de aparato ao desenvolvimento nacional, fornecendo matérias primas e integrar as regiões produtoras com a região Sudeste.

Com o processo de ocupação, avanço da fronteira agrícola e mecanização do campo na microrregião de Tangará da Serra verificou-se que na faixa de renda mais baixa está concentrada a maior parte da população trabalhadora (**Figuras 4 e 5**).

A renda da população trabalhadora da microrregião de Tangará da Serra (**Figura 4**), no ano de 2000 – base do Salário mínimo no período era de R\$ 151,00 –, estava concentrada nas faixas > de 3/4 a 1/4 de SM; > de 1 1/4 a 1/2 de SM; > de 1 1/2 a 2 SM; > de 2 a 3 SM; > 3 a 5 SM e de > de 5 a 10 SM. No ano de 2010 – base de SM era de R\$ 510,00 – a concentração do maior número de pessoas ocorreu nas faixas de renda – >1/8 a 1/4 do SM; > 1/4 a 1/2 do SM; > 1/2 a 1 SM; >1 a 2 SM e de >2 a 3 SM. Nota-se que a faixa de renda com maior percentual de pessoas produtiva está entre – > 1/2 a 1 SM, correspondeu – R\$ 225,00 a 510,00 nos anos estudados.

Em vista dos dados apresentado no ano de 2010 (**Figura 4**), houve concentração de renda nas faixas de salários – >1/8 a 1/4 do SM; > 1/4 a 1/2 do SM; > 1/2 a 1 SM; >1 a 2 SM e de >2 a 3 SM – que pode ser em virtude do aumento da mão de obra não qualificada, destinada ao mercado trabalho local, que empregou pessoas nas áreas base de produção de serviços como, por exemplo, no setor sucroalcooleiro e no comércio varejista.

Articulado a esse contexto, pode-se também conjecturar as influências dos programas de geração de renda do governo federal, como o bolsa família. Ainda nesse cenário, observa-se a redução no número de pessoas nas faixas salariais de > 5 a 10 SM; > de 10 SM, quando comparado com o ano 2000, situação que pode conjecturar a presença da lógica do precariado, o qual se caracteriza segundo Alves (2013) pela baixa remuneração para o trabalhador, mesmo com nível de educação e qualificação acima do que é exigido pelo trabalho.

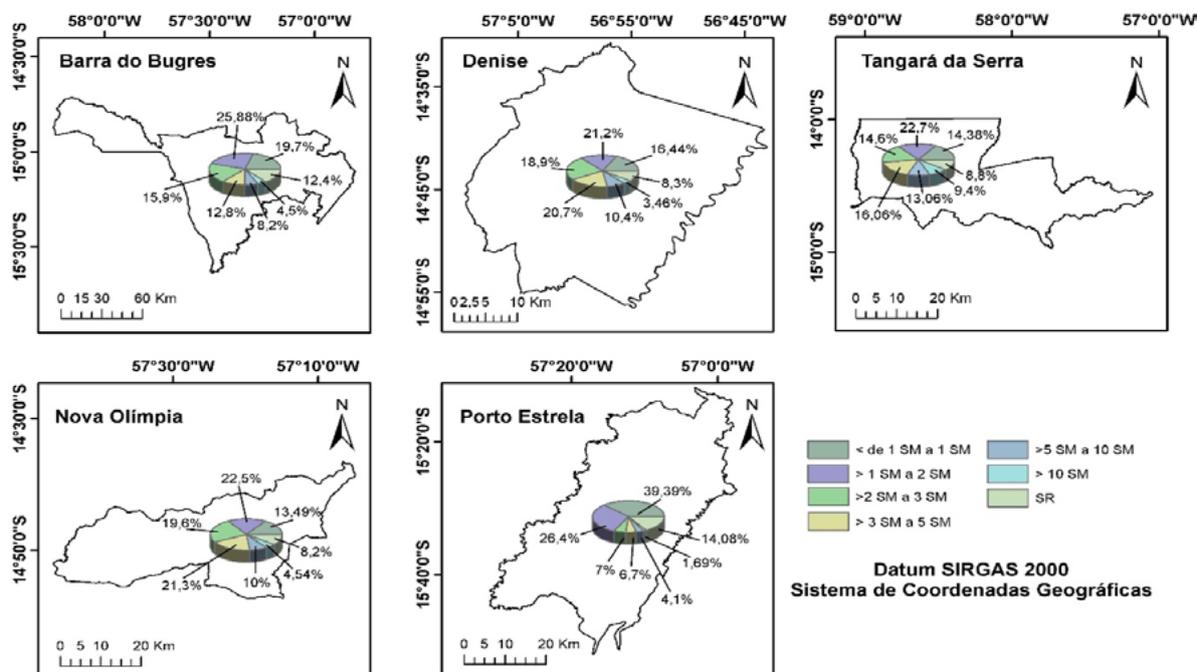


Figura 4. Renda per capita por domicílio na microrregião de Tangará da Serra em 2000.

Nesse cenário ao articular as variáveis desmatamento e renda na microrregião de Tangará da Serra anos de 2000 e de 2010 constatou-se que nos municípios que haviam os maiores registros de área desmatada, como o caso de Denise, Nova Olímpia e Barra do Bugres, cujos percentuais de área desmatadas foram de aproximadamente 90%, 65% e 55% respectivamente,

foi registrada a concentração de perfis de faixas de renda com maior concentração de pessoas trabalhadoras (nas faixas > de ¾ a 1 SM; > de 1 ½ a 2 SM; > de 2 a 3 SM; > de 3 a 5 SM; > de 5 a 10 SM; - com salário base R\$ 151,00 – correspondia de 113,25 a R\$ 1.510,00). Para o ano de 2010, salário base era R\$ 510,00 SM, as faixas de renda com maior concentração – > de ¼ a ½ SM; > de ½ a 1 SM; > de 1 a 2 SM.

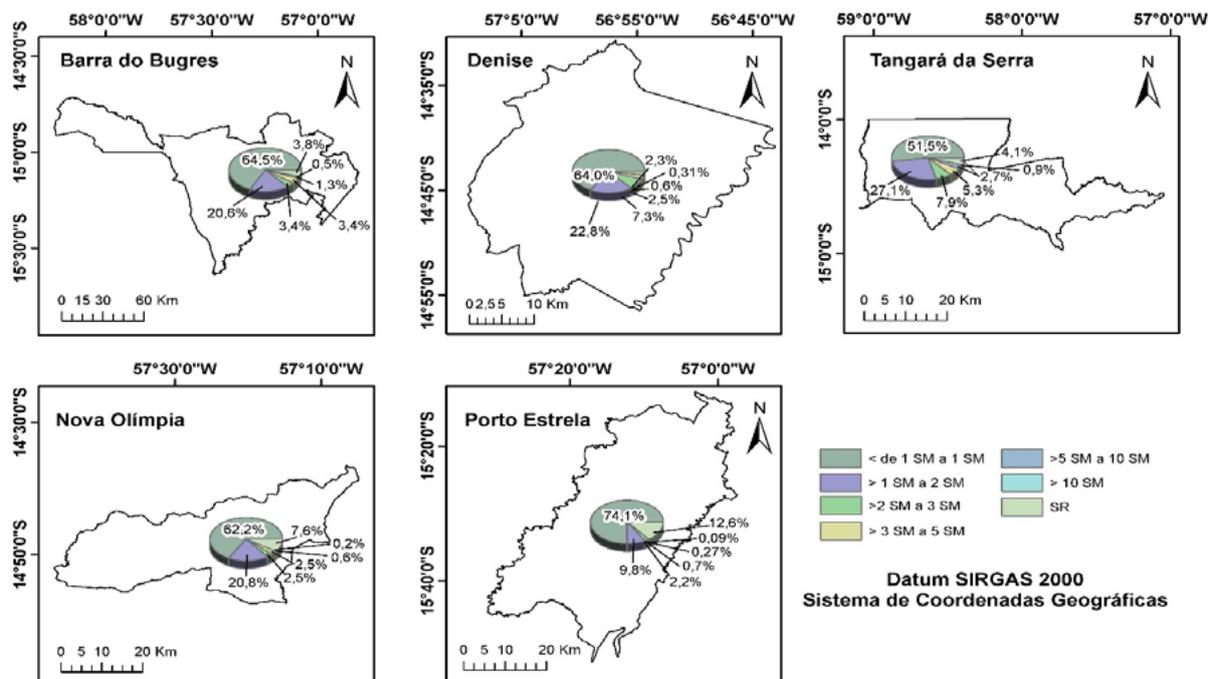


Figura 5. Renda per capita por domicílio na microrregião de Tangará da Serra em 2010.

Nessa perspectiva, os municípios de Barra do Bugres, Denise e Nova Olímpia, no período de 2000-2010, registraram um aumento do número de pessoas que recebiam até um salário mínimo (de 20% para 65%), ou seja, triplicou o número de pessoas com rendimento baixo. Em 2010 foi observado mudanças nas faixas de renda mais baixas, resultando no aumento daqueles que recebem até um salário mínimo, caracterizando a ampliação da lógica da reprodução dos fundamentos da lógica produtiva contemporânea.

A lógica desse processo manifestou em Denise no ano de 2010 por meio do crescimento de renda entre aqueles que recebiam até um salário mínimo, significando que grande parte da população tem uma renda muito baixa na faixa (R\$ 127,00 a 1.020,00).

No município de Nova Olímpia seguindo a tônica dos municípios da microrregião de Tangará da Serra, houve um acréscimo entre as pessoas que recebem até um salário mínimo, configurando aumento de até 6 vezes. Situação de igual modo manifesta em Tangará da Serra, uma vez que apresentou crescimento entre aqueles que recebiam até um salário mínimo, crescendo quase 5 vezes em 2010 em relação ao ano de 2000, assim como houve diminuição daqueles que recebiam entre 5 a 10 salários mínimos entre os anos de 2000 e 2010, sendo de 14% e 1%, respectivamente.

Vale salientar desse modo, a importância desses dados serem considerados no âmbito do arranjo estatal e governamental na configuração de políticas públicas, uma vez que expressa a desvalorização e precarização das relações de trabalho, assim como o empobrecimento da população local, isso porque, no período de 10 anos houve a ampliação dentre aqueles que re-

cebiam até um salário mínimo.

Ao analisar a correlação entre as variáveis desmatamento e renda dos anos 2000 e 2010, para testar a hipótese de que nos municípios no qual houve os maiores índices de desmatamento, influenciou nos níveis de renda da população da microrregião de Tangará da Serra constatou-se que apenas no ano de 2000 houve a manifestação de correlação satisfatória entre o desmatamento e a faixa de renda mais baixa – Até 1/4 SM –, porém nas demais faixas de renda analisadas quando comparadas ao desmatamento dentre os anos estudados não foi verificada correlação entre as variáveis desmatamento e renda. Assim, mesmo que as atividades econômicas desenvolvidas nessa Microrregião contribuam fortemente para elevação do Produto Interno Bruto (PIB) e na balança comercial brasileira, esses fatores não foram suficientes para influenciar na mudança da estrutura de renda da população da microrregião investigada.

6. Conclusões

Concluiu-se que as variáveis desmatamento e renda não possuem correlação direta, demonstrando que a variável desmatamento não apresenta influência determinante na variável renda, seja pelo aumento ou redução de renda da população na microrregião de Tangará da Serra, situada na Bacia do Alto Paraguai no estado de Mato Grosso.

5. Referências

- Alves, G. **O Que é Precariado?** Blog da boitempo, 2013. Disponível em: <<https://blogdaboitempo.com.br/2013/07/22/o-que-e-o-precariado/>>. Acesso em: 05 jun. 2016.
- Bacha, C. J. Uso de recursos florestais e as políticas econômicas brasileiras - uma visão histórica e parcial de um processo de desenvolvimento. **Est. Econ.**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 393-426, 2004.
- Culas, R. J. Deforestation and environmental Kuznets curve: an institutional perspective. **Ecological Economic**, v. 61, p. 429-437, 2007. Disponível em: <http://econpapers.repec.org/article/eeeecol/v_3a61_3ay_3a2007_3ai_3a2-3_3ap_3a429-437.htm>. Acesso em: 01 de junh. 2016.
- Esri. **Software** ArcGis 10.2. New York, 2013. Cd Rom.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia. **Cidades**, 2016. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>>. Acesso em: 15 mai. 2016.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto Prodes**, 2016. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>>. Acesso em: 13 mai. 2016.
- Lakatos, E. M.; Marconi, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas 2007. 315p.
- Margulis S. **Causas do desmatamento da Amazônia Brasileira**. Brasília: Banco Mundial, 2003. p. 1-101. Disponível em: <<http://siteresources.worldbank.org/BRAZILINPOREXTN/Resources/3817166-1185895645304/4044168-1185895685298/010CausasDesmatamentoAmazoniaBrasileira.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2016.
- Martins, T. S. Gênese, diversidade e integração da rede urbana: um comparativo de Dourados (MS) e Tangará da Serra (MT). In: VII Congresso Brasileiro de Geógrafos. In: Congresso Brasileiro de Geógrafos. 7,2014, Vitória. **Anais ...** Vitória: AGB, p. 1-12. Disponível em: <http://www.cbg2014.agb.org.br/resources/anais/1/1404383816_ARQUIVO_CBG_OFICIAL_1_.pdf>. Acesso em: 03 junh. 2016.
- Santos, M. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia**. São Paulo: Ed. Hucitec, 1988. 65p.
- Santos, M. Paisagem e Espaço. In: Santos, M. **Metamorfoses do Espaço Habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da Geografia**. 4. ed. São Paulo: Ed.: Hucitec, 1998. p. 23.



Dinâmica da agricultura na Bacia do Alto Paraguai

Alexandre Camargo Coutinho ¹
Christopher Bishop ²
Júlio César Dalla Mora Esquerdo ¹
Jude Heathcliff Kastens ²
John Christopher Brown ³

¹ Embrapa Informática Agropecuária
Av. André Toselo, 209 - Barão Geraldo
13083-886 - Campinas, SP, Brasil
{alex.coutinho, julio.esquerdo}@embrapa.br

² University of Kansas
2101 Constant Ave., Lawrence, KS 66047, United States
{bish350, jkastens}@ku.edu

³ University of Kansas
1475 Jayhawk Blvd., 223, Lawrence, KS 66045, Unites States.
jcbrown2@ku.edu

Resumo. A Bacia do Alto Paraguai-BAP possui aproximadamente 60% do seu território em terras brasileiras e inclui uma das mais importantes áreas naturais alagadas do planeta - bioma Pantanal. Apesar da planície pantaneira representar aproximadamente 40% da área total da BAP, o fato de toda sua superfície contribuir com as águas que sustentam e inundam sazonalmente o Pantanal, atribui ao monitoramento total da BAP uma importância estratégica para a definição de ações e políticas públicas que visem garantir a qualidade de todos seus ecossistemas. A porção da BAP situada no planalto e, portanto, fora dos limites da planície pantaneira, tem sofrido transformações na paisagem, em função das pressões pelo aumento da produção de alimentos e energia. Considerando que os sistemas produtivos relacionados à agricultura intensiva promovem alterações significativas nos sistemas naturais, é fundamental promover seu monitoramento para embasar ações e políticas públicas, cujo foco principal seja garantir a qualidade de recursos hídricos que suportam o bioma Pantanal. Assim, este trabalho teve o objetivo de mapear a dinâmica das áreas de agricultura anual e das áreas de produção de cana-de-açúcar na BAP, no período compreendido entre os anos safra de 2001 e 2013, para identificar os principais polos produtores e sua evolução ao longo deste período, através da classificação digital de séries históricas de imagens do índice de vegetação do sensor MODIS. Os resultados obtidos mostraram que a agricultura intensiva cresceu aproximadamente 40% no período e se difundiu para outras regiões do planalto.

Palavras-chave: Pantanal, dinâmica da agricultura, soja, cana-de-açúcar, MODIS.

Abstract. Brazil is home to approximately 60% of the Upper Paraguay River Basin (hereafter, by the Portuguese acronym BAP), bringing a responsibility for the conservation of one of the most important wetlands on the planet – the Pantanal. The area holds strategic importance for the management of the water resources and biodiversity of this wetland biome. The Pantanal comprises 40% of the watershed, but the total area contributes to the water that seasonally floods the Pantanal plain, so monitoring what occurs in the area is strategically important in defining public policies that aim to maintain water quality and ecosystem health. The upper reaches of the watershed, outside the wetlands, have undergone steady land change due to pressures to produce food and biofuel crops. Thus, the dynamics of intensive agriculture are important indicators to help define public policy, the main goal of which is to maintain the volume and quality of water resources. Then, this paper aimed to map the dynamic of annual agriculture and sugarcane areas in the BAP, during the 2001 and 2013 cropping years to identify the main production regions and its evolution in this period, using MODIS/NDVI time series classification. The results show that intensive agriculture grew approximately 40% during the study period, and it is spreading to various upland areas.

Key-words: Pantanal, wetlands, agriculture dynamics, soybeans, sugarcane, MODIS.

1. Introdução

Com aproximadamente 60% do seu território em terras brasileiras, a Bacia do Alto Paraguai (BAP) é uma das mais importantes áreas naturais alagadas do planeta, formando o bioma Pantanal.

Possuindo uma área de aproximadamente 3.600 km² em território brasileiro e distribuída entre os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, a BAP possui uma importância estratégica em função da sua importância em termos de volume de recursos hídricos e pela sua biodiversidade.

Apesar da planície do Pantanal representar apenas uma porção da BAP, suas cheias sazonais são influenciadas pelo regime hídrico de toda a bacia, tornando extremamente importante o monitoramento do uso e cobertura da terra em toda a porção do planalto da BAP, visando a manutenção da qualidade das águas e dos ecossistemas do Pantanal.

Os avanços tecnológicos relacionados aos processos produtivos empregados na agricultura, tais como o surgimento de novos cultivares adaptados a diferentes condições climáticas e com ciclos produtivos variados, aliados ao constante aumento da demanda por alimentos e por energia renovável, têm exercido forte pressão de transformação da paisagem natural, condicionando sua transição para áreas de agricultura de grãos ou de cultura da cana-de-açúcar.

Debates sobre temas como sustentabilidade, segurança alimentar, conservação ambiental e recuperação de áreas degradadas, são frequentemente envolvidos nas abordagens sobre os impactos das mudanças do uso da terra, tanto em contextos tradicionalmente agrícolas, quanto nas regiões de expansão desta atividade.

Análises de mercado e a perspectiva de melhora das tendências dos preços das principais commodities brasileiras, tanto no mercado nacional quanto internacional, estimulam a potencialização dos ganhos com a sua produção e comercialização e, conseqüentemente, promove processos de expansão de áreas e transições do uso das terras nos principais polos de produção agrícola.

No Brasil, a constante pressão pela expansão das áreas produtoras de cana-de-açúcar para atendimento das crescentes demandas por produtos do mercado sucroalcooleiro, tem levado as comunidades nacional e internacional a desenvolverem um complexo debate, centrado nos impactos desta expansão sobre a produção de alimentos e das mudanças do setor agrícola brasileiro frente às demandas mundiais para a produção de energia renovável.

No âmbito da BAP, considerando que a planície pantaneira possui algumas especificidades restritivas das formas de uso e cobertura da terra, esse cenário extremamente dinâmico de transformação da paisagem tem ocorrido predominantemente na região do planalto (Silva & Carlini,

2015).

Além das forças condicionantes das transições entre sistemas naturais e sistemas produtivos intensivos, existem fatores de mercado e de infraestrutura atuando regionalmente e determinando o surgimento e o estabelecimento de polos de produção de alimentos e de energia, em regiões muito específicas do território.

Na área do planalto da BAP essa situação não é diferente e, por mais que a infraestrutura de operação desses diferentes mercados seja implementada de forma inteligente e racional, existem zonas de conflito e de disputa territorial. Em função desse cenário, alguns municípios da BAP apresentam o seu território amplamente ocupado por atividades agrícolas intensivas, enquanto outros permanecem caracterizados pela produção de sistemas agrícolas de subsistência ou de base familiar.

A adoção de séries históricas de dados de índice de vegetação, para discriminar e mapear diferentes formas de uso e cobertura da terra na BAP, tem sido alvo de diversos trabalhos com o objetivo de desenvolver novas metodologias e sistemas de monitoramento (Vicktória et al., 2009; Antunes et al., 2011; Coutinho et al., 2013).

Considerando o contexto de expansão das atividades agrícolas sobre os sistemas naturais, sobretudo na região do planalto da BAP, é fundamental conhecer e caracterizar com detalhe a dinâmica e as transições entre os principais sistemas produtivos, de forma a subsidiar as ações e a definição de políticas públicas norteadoras da ocupação do território. Tais ações visam garantir a manutenção da qualidade dos sistemas naturais existentes na planície pantaneira, ampliando a sustentabilidade dos sistemas produtivos da região do planalto, sobretudo os relacionados à produção agrícola.

Dessa forma, esse estudo procurou qualificar e caracterizar a dinâmica territorial da agricultura, imposta pelo recente processo de expansão das culturas anuais e de cana-de-açúcar na região do planalto da BAP, identificando os processos de expansão das áreas de agricultura, bem como as mudanças contextuais dos polos de produção de grãos e de cana-de-açúcar.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho foi mapear a dinâmica das áreas de agricultura anual e das áreas de produção de cana-de-açúcar, no período compreendido entre os anos safra de 2001 e 2013, para identificar os principais polos produtores e sua evolução ao longo deste período.

3. Material e Métodos

Considerando as especificidades territoriais inerentes ao debate entre conservação ambiental e produção agrícola na zona de influência do bioma pantanal, a área de estudo definida para o desenvolvimento deste trabalho foi a Bacia do Alto Paraguai (BAP) (**Figura 1**).

A área da BAP encontra-se dividida entre os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, com respectivamente 48% e 52% da sua extensão em cada um deles. Em termos das formas de relevo, a região da planície abrange aproximadamente 39% e o planalto 61% do total do território da BAP (Silva e Carlini, 2015).

Apesar de o mapeamento proposto neste trabalho considerar apenas a dinâmica das classes de agricultura anual e de cana-de-açúcar para o período de 2001 a 2013, vários conjuntos de dados foram agregados para prover o mapeamento do uso e cobertura da terra na região do planalto da BAP, com as seguintes classes: floresta, cana de açúcar, pasto, área urbana, corpos d'água e agricultura anual.

Para a discriminação das áreas de floresta e não floresta, foram compilados os dados de cobertura florestal global de 2000 a 2013, publicados por Hansen et al. (2013), disponíveis através

da Internet, em formato matricial e com resolução espacial de 30m.

Os dados referentes às classes área urbana e corpos d'água foram compilados do IBGE e os dados sobre a cultura da cana-de-açúcar foram obtidos do projeto Canasat (Rudorf et al., 2010), disponíveis para os anos de 2005-2013.

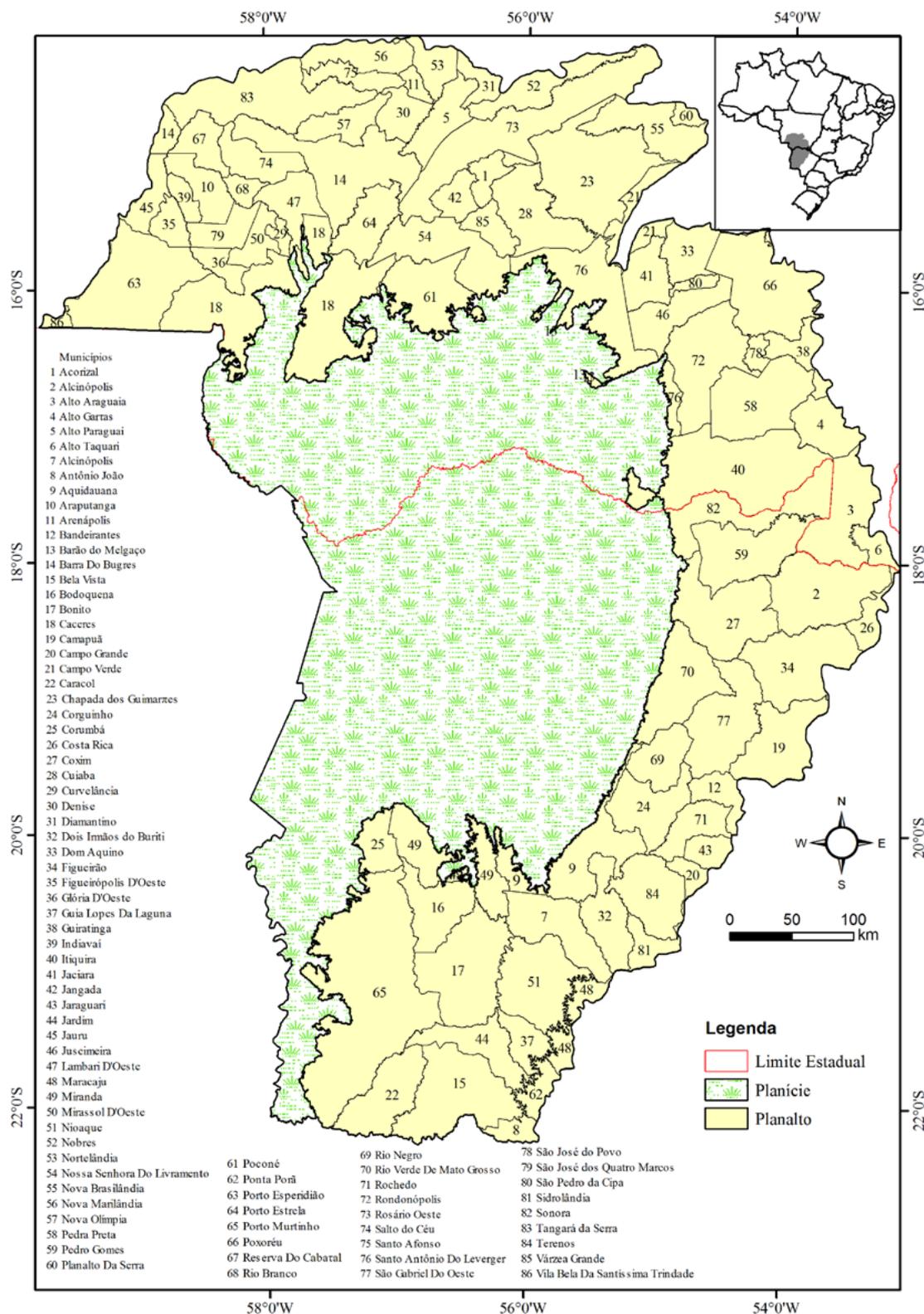


Figura 1. Localização e delimitação da Bacia do Alto Paraguai e identificação dos limites entre

o planalto e a planície, bem como dos municípios pertencentes ao planalto.

Os dados de cana-de-açúcar referentes aos anos anteriores a 2005 foram produzidos por interpretação visual, apoiada na observação do comportamento espectro temporal do índice de vegetação por meio do Sistema de Análise Temporal da Vegetação-SATVeg (Embrapa Informática Agropecuária, 2014) e adoção de um protocolo que diferenciou e mapeou, em um primeiro momento, as classes cana-de-açúcar e “não cana-de-açúcar”.

Em seguida as áreas pertencentes à classe “não cana-de-açúcar” foram classificadas através da aplicação de um modelo aleatório de árvore de decisão, para a discriminação das áreas de pasto e de agricultura anual. As classificações foram conduzidas com base em séries temporais de imagens de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) (Rouse et al., 1973), geradas pelo sensor MODIS (*Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*). Para cada ano safra analisado foi utilizado um grupo de imagens de NDVI obtidas ao longo de cada ciclo produtivo. As imagens de NDVI/MODIS foram derivadas do produto MOD13Q1, disponibilizadas gratuitamente pelo *Land Processes Distributed Active Archive Center* (LP DAAC).

Com base em dados de referência terrestre de 605 pontos, abrangendo 9 ciclos de produção agrícola no Estado de Mato Grosso (2005-2013) e distribuídos pelas principais regiões produtoras do Estado, foi aplicado o modelo de classificação aleatório Random Forest (Breiman, 2001) para diferenciação de cinco classes temáticas, utilizando-se a função “treebagger”, disponível no software MATLAB®. As cinco classes incluíram quatro classes referentes às culturas e associações de culturas anuais (safra e safrinha) e uma classe para as pastagens. A estimativa de precisão global final, obtida pelo modelo através de uma validação cruzada, considerando a capacidade do mesmo distinguir e separar todas as cinco classes temáticas, foi de 79%. No final desse processo, as quatro classes de agricultura anual foram agrupadas e separadas da classe pasto.

Por fim, aos mapas anuais finais, foram sobrepostos os dados vetoriais do Canasat (Rudorf et al., 2010).

4. Resultados e discussão

Com o resultado direto do mapeamento das áreas de agricultura anual e de cana-de-açúcar em todos os anos compreendidos entre 2001 e 2013 no planalto da BAP, foi possível produzir uma série histórica de mapas anuais dessas atividades e identificar a sua dinâmica no espaço e no tempo.

Os mapeamentos anuais das culturas agrícolas de ciclo anual e da cana-de-açúcar são representados pelos conjuntos de pixels MODIS atribuídos a cada uma dessas classes temáticas (**Tabela 1**), limitando as análises numéricas à contabilização dos mesmos, uma vez que mapeamentos de áreas agrícolas baseados nos pixels MODIS apresentam boa correlação com dados oficiais, mas possuem algumas limitações para a sua conversão para unidades de área (Rizzi et al., 2009; Victoria et al., 2012; Brown et al., 2013).

Tabela 1. Número de pixels na região do planalto da BAP com agricultura anual e cana-de-açúcar.

ANO	Número De Pixels												
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Agricultura anual	129554	134152	143952	149795	171807	181593	162987	174133	162670	168717	175417	169600	180031
Cana-de-açúcar	29597	29917	29959	32712	32808	33712	37946	41261	41979	41065	42477	41928	43885
Total	159151	164069	173911	182507	204615	215305	200933	215394	204649	209782	217894	211528	223916

Portanto, as análises dos cenários anuais e da dinâmica no espaço e no tempo, apresentadas a seguir, referem-se às suas contribuições, em termos da frequência absoluta e relativa da ocorrência de pixels dessas atividades em cada ano agrícola, bem como sua variação ao longo

do período abordado (Figura 2).

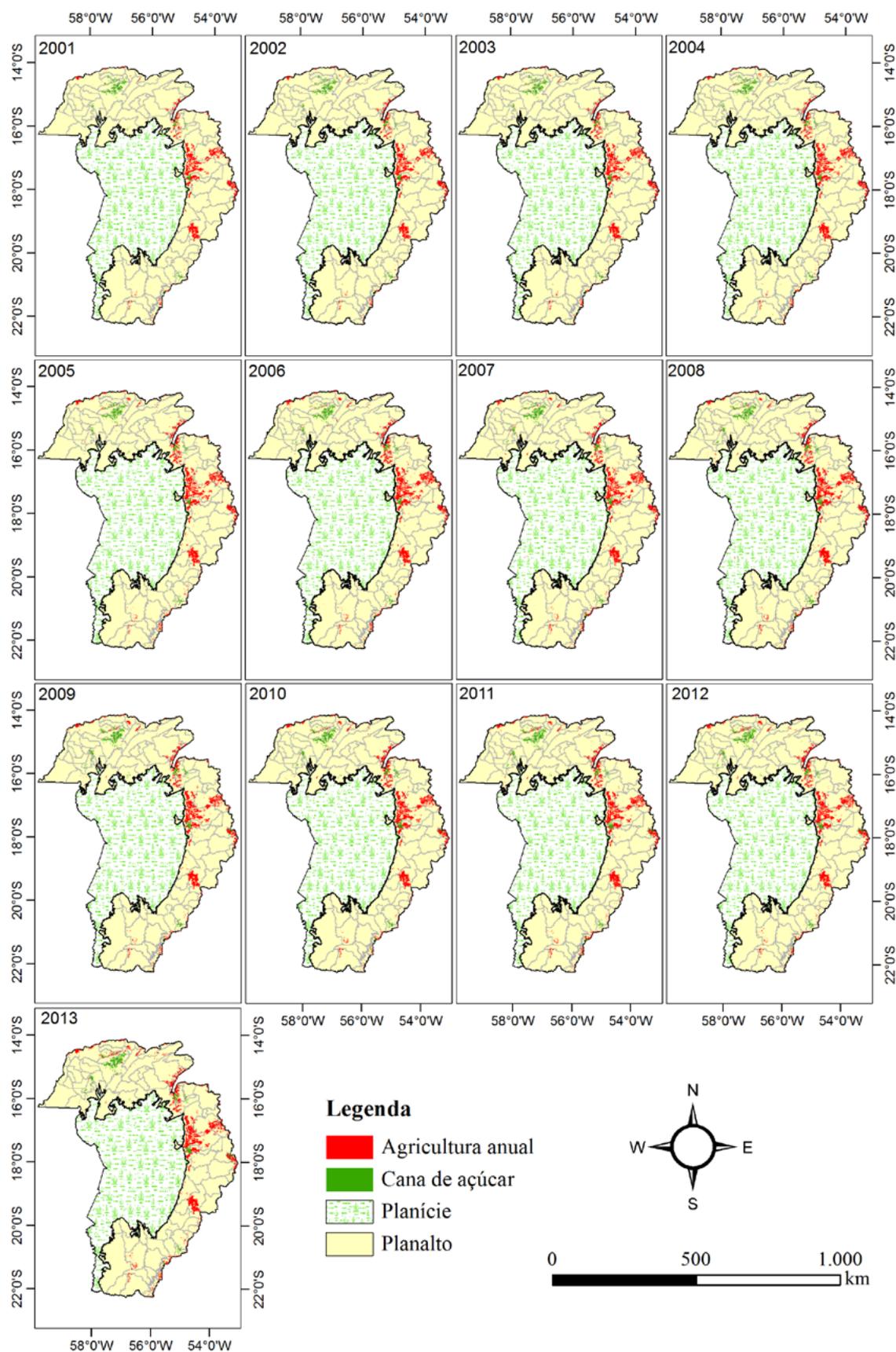


Figura 2. Mapas da agricultura anual e da cana-de-açúcar, na região do planalto da BAP, no

período de 2001 a 2013.

A **Figura 3** apresenta um gráfico no qual se pode perceber que ambas as dinâmicas da área de agricultura anual e de cana-de-açúcar apresentaram taxas de crescimento positivas para o período analisado, ainda que haja alguma variação dessa tendência ao longo do tempo. Enquanto a cana-de-açúcar apresentou um incremento de aproximadamente 48% ao longo da série histórica, a agricultura anual aumentou aproximadamente 39% no mesmo período.

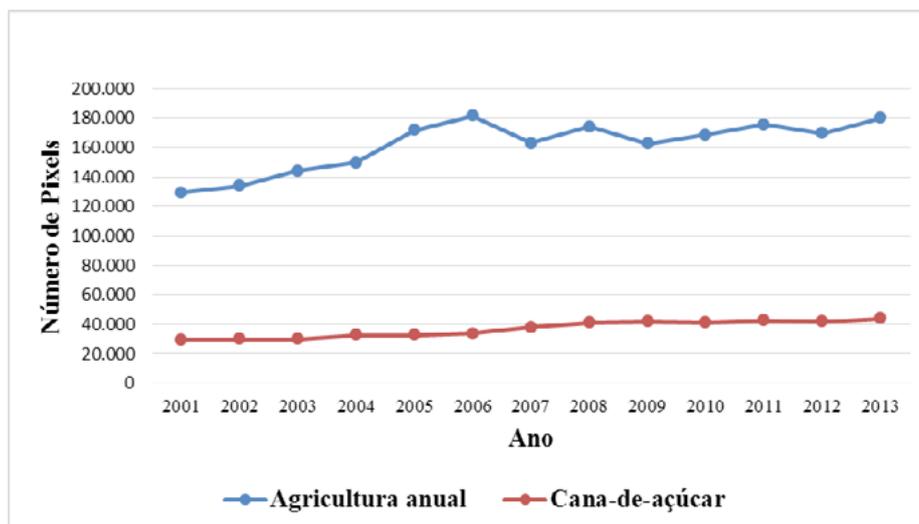


Figura 3. Dinâmica das áreas de agricultura anual e de cana-de-açúcar na BAP entre 2001 e 2013.

Apesar de a taxa de crescimento da agricultura anual ter sido notadamente superior à taxa da cana-de-açúcar entre 2001 e 2006, houve uma aparente estabilização das áreas da agricultura intensiva a partir de 2006, as quais que vêm oscilando em valores de crescimento e de retração até 2013 (**Tabela 2**).

Tabela 2. Taxas anuais de crescimento da cana-de-açúcar e da agricultura anual.

ANO	Taxa de Crescimento											
	01/02	02/03	03/04	04/05	05/06	06/07	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13
Agricultura anual	3,5	7,3	4,1	14,7	5,7	-10,2	6,8	-6,6	3,7	4,0	-3,3	6,2
Cana-de-açúcar	1,1	0,1	9,2	0,3	2,8	12,6	8,7	1,7	-2,2	3,4	-1,3	4,7

A análise espacial sobre a dinâmica da agricultura na região da BAP, durante o período de estudo proposto, mostrou que em 2001 as áreas agrícolas para produção de grãos e de cana-de-açúcar apresentavam uma forte polarização territorial e cada uma ocupava uma região específica e bem delimitada no planalto da BAP. Enquanto 50% da área de produção de cana-de-açúcar estavam fortemente concentradas na porção norte do planalto da BAP, no Estado de Mato Grosso (sobretudo nos municípios de Barra do Bugres, Denise e Nova Olímpia), a área mais importante de produção de grãos, responsável por 50% da área plantada, estava concentrada na porção leste do planalto, nos municípios de Itiquira, Pedra Preta, Rondonópolis (no Estado de Mato Grosso) e Sonora e São Gabriel do Oeste (no Estado de Mato Grosso do Sul), conforme ilustra a **Figura 4**.

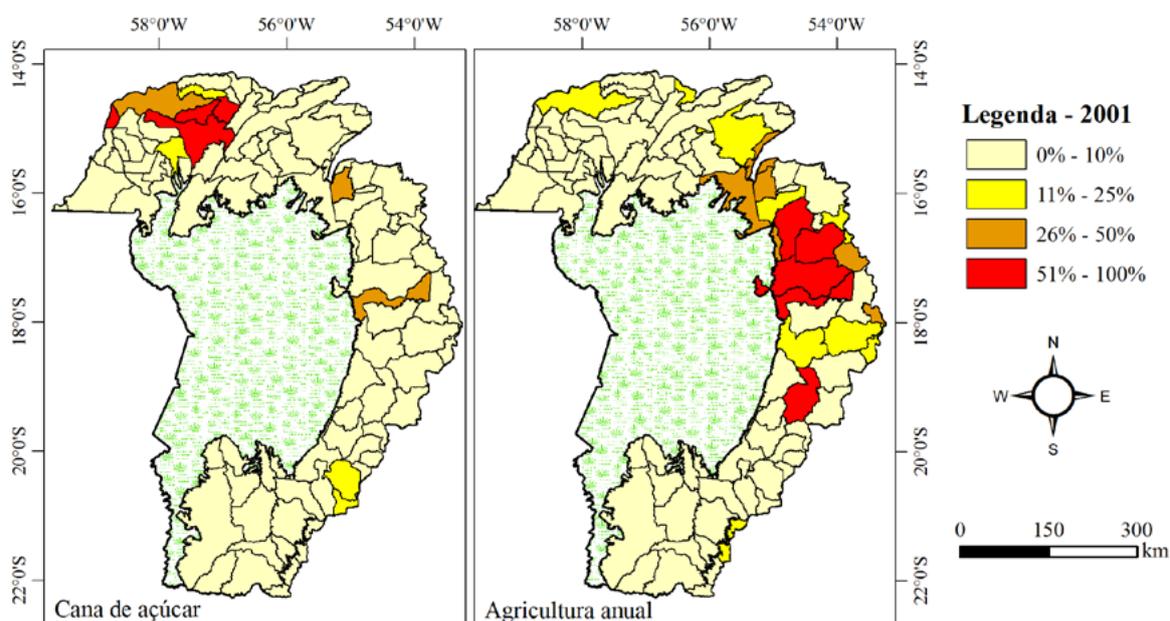


Figura 4. Frequência acumulada da contribuição dos municípios, em termos da ocorrência da agricultura no planalto da BAP, em 2001.

Ao observar a **Figura 5** e compará-la com a situação de 2001, pode-se notar que as áreas mais importantes dos polos produtivos de cana-de-açúcar e de culturas anuais, mantiveram-se ativas e corresponderam a aproximadamente 50% das áreas de cada um desses segmentos agrícolas. Por outro lado, percebeu-se uma significativa expansão das suas áreas de produção para municípios com pouca expressão em 2001, como Lambari D'Oeste, Sidrolândia e Jaciara (no caso da cana-de-açúcar) e Tangará da Serra, Campo Verde e Sonora (no caso da agricultura anual).

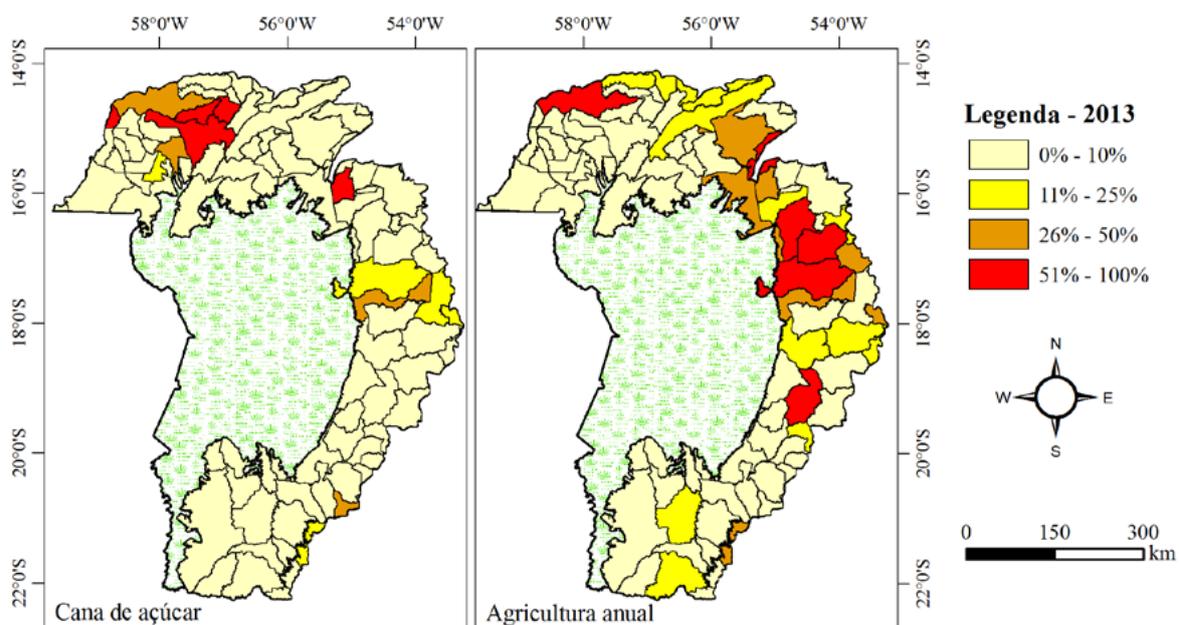


Figura 5. Frequência acumulada da contribuição dos municípios em termos da ocorrência da agricultura no planalto da BAP, em 2013.

Além desta significativa expansão dos polos de produção, como já mencionado, pode-se perceber, pela dinâmica expressa na **Figura 6**, que as áreas sobrepostas desses dois setores produtivos da agricultura intensiva, em 2001, estavam muito mais confinadas e polarizadas em determinados municípios quando comparados à situação de 2013, na qual se percebe uma disseminação dessas atividades pela região nordeste do planalto da BAP, bem como o surgimento de focos mais importantes em sua porção sul.

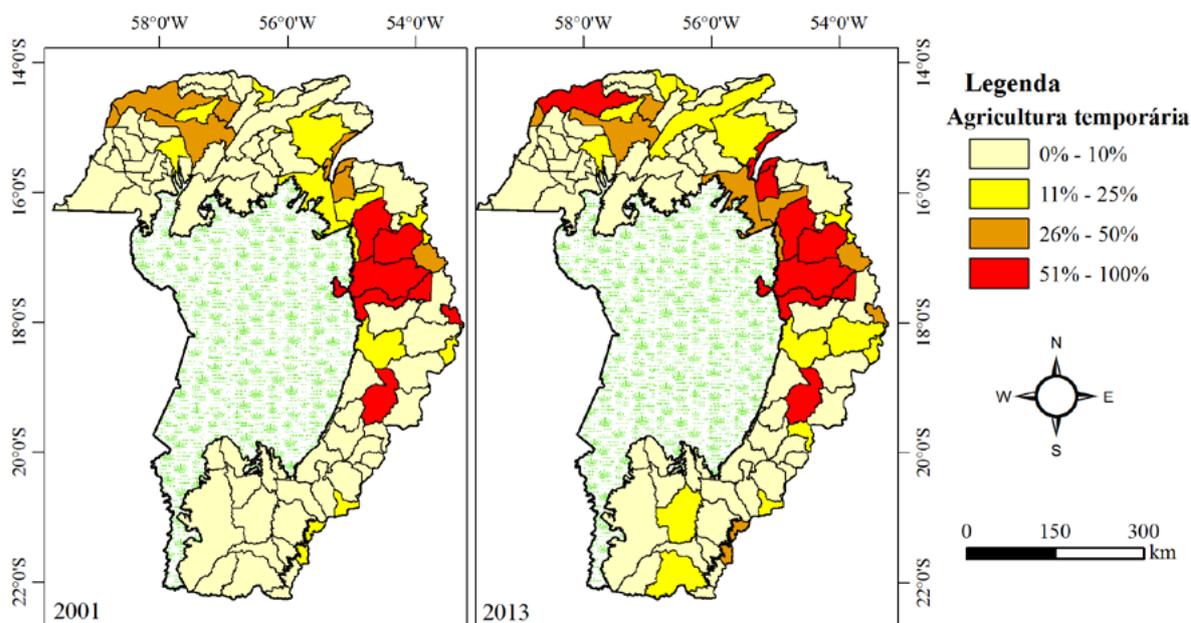


Figura 6. Frequência acumulada da contribuição dos municípios em termos da ocorrência da agricultura (agricultura anual e cana-de-açúcar) no planalto da BAP, no início e no final da série histórica.

5. Conclusões e sugestão

Apesar das dificuldades para obtenção de valores precisos sobre as áreas de produção agrícola, através de processamentos de dados do sensor MODIS, foi possível identificar as principais regiões agrícolas e os polos de produção e promover o monitoramento da sua dinâmica espaço-temporal, com custos operacionais muito reduzidos, e acompanhar as tendências de expansão e retração em um determinado território.

A metodologia utilizada permitiu avaliar a evolução da agricultura intensiva na região do planalto da BAP, evidenciando um processo de expansão entre os anos de 2001 e 2006 e sua estabilização até 2013. No entanto, os resultados globais obtidos para toda o planalto da BAP não traduzem as dinâmicas locais de cada polo de produção, cujas variações espaciais e temporais podem apresentar padrões distintos. Neste sentido, a definição de ações governamentais e a formulação de políticas pública nas escalas regional, municipal e local devem considerar análises de recortes espaciais compatíveis com cada uma delas, a fim de identificar e caracterizar os processos inerentes aos mesmos.

6. Referências

Antunes, J. F. G.; Esquerdo, J. C. D. M.; Lamparelli, R. A. C. Monitoring the temporal dynamics of four vegetation cover types from the Pantanal using the wavelet transform applied to a time series of EVI/MODIS data. **Geografia**. Rio Claro. v. 36, Número Especial, p. 173-185. 2011.

- Breiman, L. Random Forests. **Machine Learning**, Springer, v.45, p. 5–32. 2001.
- Brown, J. C.; Kastens, J. H.; Coutinho, A. C.; Victoria, D. de C.; Bisgop, C. R. Classifying multilyear agricultural land use from Mato Grosso using time-series MODIS vegetation index data. **Remote Sensing of Environment**. Elsevier, v.130, p.39-50. 2013.
- Coutinho, A. C.; Esquerdo, J. C. D. M.; Oliveira, L. S. de; Lanza, D. A. Methodology for Systematical mapping of anual crops in Mato Grosso do Sul (Brazil). **Geografia**. Rio Claro. v. 38, Número Especial, p. 45-54. 2013.
- Embrapa Informática Agropecuária. **Sistema de Análise Temporal da Vegetação-SATVeg**. Campinas, 2014. Disponível em < <https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/login.html>> Acesso em 02 de junho de 2016.
- Hansen, M. C.; Potapov, P. V.; Moore, R.; Hancher, M.; Turubanova, S. A.; Tyukavina, A.; Thau, D.; Stehman, S. V.; Goetz, S., J.; Loveland, T. R.; Kommareddy, A.; Egorov, A.; Chini, L.; Justice, C. O.; Townshend, J. R. G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. **Science** 342, p. 850-853. 2013. Disponível em: <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>. Acesso em 02 de junho de 2016.
- Rouse, J.W.; Haas, R.H.; Schell, J.A.; Deering, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington, 1973. **Proceedings...** Whashington: NASA, 1974, v.1, p.309-317, 1973.
- Rizzi, R.; Rizzo, J.; Epiphanyo, R. D. V.; Rudorff, B. F. T.; Formaggio, A. R.; Shimabukuro, Y. E.; Fernandes, S. L. Estimativa da área de soja no Mato Grosso por meio de imagens MODIS. **anais**, XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos. p.387-394. 2009.
- Rudorff, B. F. T.; Aguiar, D. A., Silva; W. F., Sugawara, L. M.; Adami, M.; Moreira, M. A. Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. **Remote Sensing**. 2(4): 1057–1076. 2010.
- Silva, J. S. V. da; Carlini, F. J. Vegetation cover of the upper Paraguai basin in Mato Grosso do Sul State: comparison between Pantanal wetland and the plateau. **Geografia**. Rio Claro. v. 40, Número Especial, p. 211-226. 2015.
- Victoria, D. de C.; Paz, A. R.; Coutinho, A.C.; Kastens, J.; Brown, J. C. Cropland area estimates using MODIS NDVI time series in the state of Mato Grosso, Brazil. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v.47, n.9, p.1270-1278. 2012.
- Victoria, D. de C.; Andrade, R. G.; Paz, A. R. da. Série temporal de imagens EVI/MODIS para discriminação de formações vegetais do Pantanal. **Geografia**. Rio Claro. v. 34, Número Especial, p. 721-929. 2009.



Análise da vulnerabilidade natural da bacia do Rio Coxipó Açú - MT

Henrique Nicolau Maranholi ¹

Luciana Almeida de Matos ¹

Thales Ernildo de Lima²

Wellington Fava Roque ²

Sandra Mara Alves da Silva Neves ¹

Alfredo Zenen Dominguez Gonzalez ³

¹ Universidade de Mato Grosso – UNEMAT

Av. Santos Dumont, s/n. Bloco I Sl 09.

78.200-000 Cáceres – MT, Brasil

{rick_maranholi, lugeo_matos}@hotmail.com

ssneves@unemat.br

² Universidade de Mato Grosso – UNEMAT

Av. Tancredo Neves, 1095 - Cavahada

78.200-000 - Cáceres, MT - Brasil

lima.thales@outlook.com

wellington.fava23@gmail.com

³Universidade de Mato Grosso – UNEMAT

Rua Coxipó, 1422 – Jardim Vania

78.500-000 - Colíder, MT - Brasil

alfredozdg@gmail.com

Resumo. A bacia do rio Coxipó Açú, tributário do rio Cuiabá, é importante para a região metropolitana de Cuiabá, dentre vários fatores, o fato de suas águas serem utilizadas no abastecimento da população. Neste trabalho objetivou-se analisar a vulnerabilidade natural da bacia do Rio Coxipó Açú em Mato Grosso, visando à elaboração de informações para o planejamento ambiental e urbano. Para delimitação da área de estudo foi usado o MDE do projeto TOPODATA, por meio da extensão ArcHidro, disponível no software ArcGis 10.2. Os mapas de Geologia, Geomorfologia e Pedologia, obtidos na Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação de Mato Grosso, foram utilizados para geração do modelo de vulnerabilidade conforme a metodologia de Crepani et al. (2001). A bacia analisada apresenta relevo aguçado aliado a solos jovens, rasos e ferruginosos, dessa forma devido às suas características texturais e estruturais está sujeita ao desenvolvimento de processos morfogênicos, tais como formação de voçorocas, o que coloca a bacia em situação de alta vulnerabilidade natural.

Palavras-chave: processamento de imagens, planejamento ambiental, relevo.

Abstract. The basin of the Coxipó Açu River, tributary of the Cuiabá River, is important to the metropolitan area of Cuiabá, among other factors, the fact that its waters are used to supply the population. This work aimed to analyze the natural vulnerability of the Coxipó Açu River basin in Mato Grosso, in order to develop information for environmental and urban planning. For delimitation of the study area was used MDE from TOPODATA project through ArcHidro extension, available in ArcGIS software 10.2. The Geology, Geomorphology and Pedology maps, obtained from the Secretariat of State for Planning and Coordination of Mato Grosso were used to generate the model of vulnerability according to the methodology of Crepani et al. (2001). The basin analyzed presents a slender relief allied to young soils, shallow and ferruginous thus because of their textural and structural characteristics is subject to the development of morphogenic processes, such as formation of gullies, which puts the basin on high natural situation of vulnerability.

Key-words: image processing, environmental planning, relief.

1. Introdução

A bacia do rio Coxipó Açu, tributário do rio Cuiabá, é importante para a região metropolitana de Cuiabá, dentre vários fatores, o fato de suas águas serem utilizadas no abastecimento da população. Contudo, os atributos físicos, biológicos e social de sua paisagem tem sido modificado ao longo do tempo sem planejamento, colocando em situação de vulnerabilidade os componentes ambientais em decorrência do processo de uso.

O uso da terra sem planejamento coloca em estado de vulnerabilidade as paisagens, pois envolve condições, sejam sociais, econômicas, demográficas, geográficas e etc., que afetam a capacidade do ambiente em responder à exposição, com **Figurando** a capacidade de responder ao perigo e ao risco (Hogan, 2007; Marengo, 2007). Neste sentido há que se entender que a compreensão desta, no decorrer da discussão deverá ser observada em uma ótica sistêmica, cuja paisagem constitui o resultado mutante dos fatores citados.

De acordo com Grigio (2008) a vulnerabilidade natural é a susceptibilidade dos componentes ambientais (geomorfologia, geologia e pedologia), frente a processos que intensificam a morfogênese e a pedogênese. Dessa forma, nesse trabalho foi abordada a vulnerabilidade natural dos atributos da paisagem da Bacia do rio Coxipó Açu.

Por meio das tecnologias espaciais pode-se proceder a análise de fenômenos que ocorrem na paisagem, sendo estes de ordem natural ou antrópica. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Banco de Dados Geográficos (BDG), enquanto ferramentas são eficientes na geração, tratamento e representação de dados. Assim, pesquisas voltadas para a análise da vulnerabilidade podem se valer dessas ferramentas para operacionalização de técnicas que possibilitem o planejamento do uso dos componentes ambientais das paisagens.

2. Objetivo

Este trabalho teve como objetivo analisar a vulnerabilidade natural da bacia do Rio Coxipó Açu, no estado de Mato Grosso, visando a elaboração de informações para o planejamento ambiental e urbano.

3. Material e Métodos

Área de estudo

O rio Coxipó Açu é afluente da bacia do rio Cuiabá e forma a queda da cachoeira do Véu das Noivas, que é um importante ponto turístico do Estado. Nasce na serra do Atmã, Chapada dos Guimarães, e deságua no rio Cuiabá, cuja bacia totaliza 577,10 Km² (**Figura 1**).

Procedimentos metodológicos

Os mapas de Geologia, Geomorfologia e Pedologia para execução da metodologia foram obtidos na Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral de Mato Grosso (Mato Grosso, 2011).

Para delimitação da área de estudo foi usado o MDE obtido no projeto TOPODATA (Valeriano, 2008) disponível no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil, por meio da extensão ArcHidro, disponível no software ArcGis 10.2 (Esri, 2013).

Para gerar o modelo de vulnerabilidade foi adotada a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), em que foi considerado para atribuição dos valores de vulnerabilidade parâmetros que se apresentam como indicadores de categoria morfodinâmica ou os que fossem capazes de influir decisivamente no desenvolvimento dos processos morfodinâmicos. Assim sendo, o modelo requer informações dos temas Geologia, Geomorfologia e Pedologia, cujos valores de vulnerabilidade para os três temas são apresentados na **Tabela 1**.

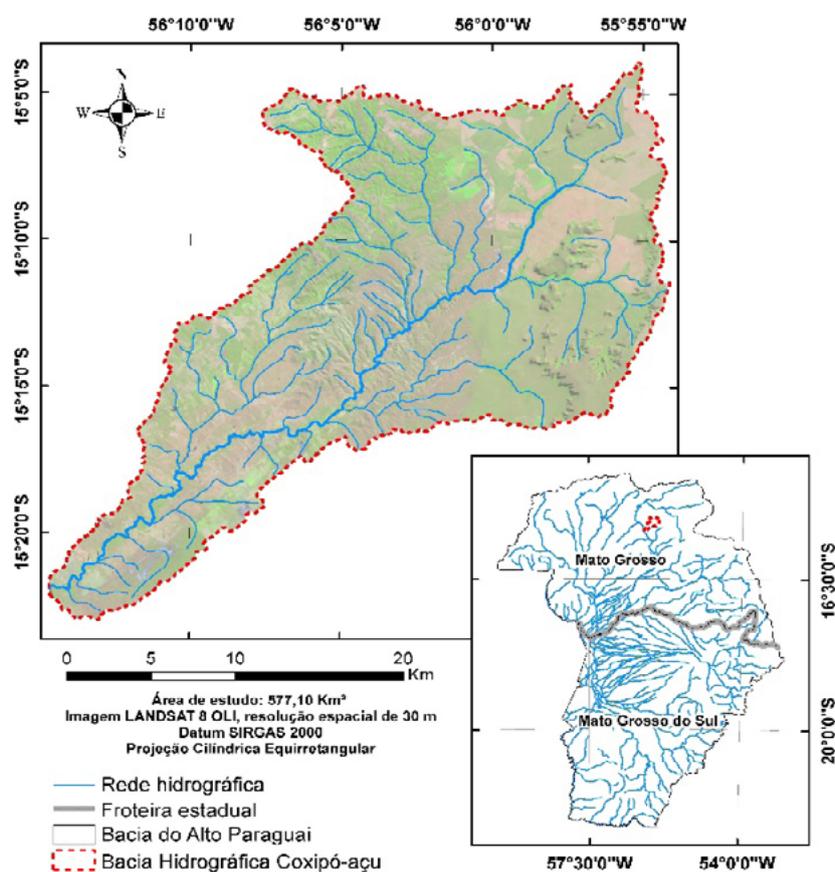


Figura 1. Bacia do rio Coxipó Açu no contexto da Bacia do Alto Paraguai, no Mato Grosso.

O cálculo para obtenção dos valores de vulnerabilidade para as classes geomorfológicas foi realizado através de três atributos: Densidade de Drenagem (Dren.), Entalhamento dos Vales (E) e Declividade (Decl.). Obteve-se as características de cada forma de relevo em Latrubesse et al. (1998) e os seus respectivos valores em Crepani et al. (2001). Sendo assim, foi elaborada a equação para a Geomorfologia:

$$Geom = \frac{Dren. + E + Decl.}{3}$$

Tabela 1. Vulnerabilidades das variáveis de acordo com Crepani et. al. (2001).

Tema	Classe	Legenda	Vulnerabilidade
Geologia	Formação Botucatu	Jb	2.1
	Grupo Cuiabá	PScb	2.4
Geomorfologia	Formas dissecadas com topos apresentando morfologias aguçadas	a34	2
	Formas dissecadas com topos apresentando morfologias convexas	c23	1.7
	Formas dissecadas com topos apresentando morfologias tabulares	t11	1
	Formas dissecadas com topos apresentando morfologias tabulares	t13	1.5
Pedologia	Neossolo Quartzarênico Distrófico	AQa7	3
	Cambissolo Háplico Eutrófico	Ca8	2,5
	Neossolo Litólico Eutrófico	Ra2	3
	Cambissolo Háplico Concrecionário Distrófico	SCCa1	2,5

O mapa de vulnerabilidade natural foi obtido a partir da combinação em SIG dos temas: Geologia (Geol.), Geomorfologia (Geom.) e Pedologia (Ped.), conforme segue:

$$V = \frac{Ped. + Geom. + Geol.}{3}$$

Tendo em vista que as classes de vulnerabilidade natural foram calculadas pelo somatório dos valores atribuídos a cada tema de um determinado atributo selecionado e que os valores dos atributos hierarquizados não foram necessariamente números inteiros, tornou-se necessário agrupar os valores obtidos em intervalos de quatro classes de vulnerabilidade (**Tabela 2**).

Tabela 2. Classes de vulnerabilidade natural de acordo com Crepani et. al. (2001)

Valores	Classe
1 – 1.4	Estável
1.5 – 1.9	Moderadamente estável
2 – 2.4	Moderadamente vulnerável
2.5 - 3	Vulnerável

Para a classificação da área de análise em quatro intervalos definidos de acordo com a característica de cada uma, foram utilizados os princípios de Tricart (1977 *apud* Crepani, 2001), que enfatiza a caracterização quanto à vulnerabilidade através de forma relativa e empírica seguindo os critérios da Ecodinâmica:

- Os meios estáveis cujos relevos apresentam dissecação moderada e ausência de manifestações vulcânicas, prevalecendo a pedogênese;
- Os meios integrados com relativo equilíbrio entre interferências morfogenéticas e pedogenéticas;
- Os meios vulneráveis com relevo com vigorosa dissecação, presença de solos rasos, plani-

cies e fundos de vales sujeitos a inundações, em que prevalece a morfogênese.

4. Resultados e Discussão

Na bacia de estudo a Formação Botucatu ocupa 251,88 Km², sendo constituída por arenitos finos a médios, bimodais, com grãos bem arredondados e estratificações cruzadas de grande porte, podendo ocorrer na forma de intertrapes com basaltos e originar extensos areais (Mato Grosso, 2011).

A extensão ocupada pelo Grupo Cuiabá corresponde a 325,22 Km², formado por filitos diversos, metassilticos, ardósias, metarenitos, metarcóseos, metagrauvacas, xistos, metaconglomerados, quartzitos, metavulcânicas ácidas e básicas, mármore calcíticos e dolomíticos, com presença conspícua de veios de quartzo (Mato Grosso, 2011). Na **Figura 2** é possível observar a distribuição das unidades geológicas caracterizadas.

De acordo com Latrubesse et al. (1998) são quatro formas geomorfológicas presente na bacia investigada (**Figura 3**):

As Formas dissecadas com topos apresentando morfologias aguçadas (a 34) correspondem a 185,85 Km² na bacia, com grau de entalhamento dos vales: Médio 40 a 80m e densidade de drenagem: Alta - 250 a 750m.

Em 135,98 Km² da área da bacia pode-se observar as formas dissecadas com topos apresentando morfologias convexas (c23) com grau de entalhamento dos vales: Fraco 20 a 40m e densidade de drenagem: Média 750 a 1750m.

Com um total de 251,10 Km², a classificação t11, apresenta formas dissecadas com topos apresentando morfologias tabulares. Grau de entalhamento dos vales: Muito fraco (1) < 20m; densidade de drenagem: Muito baixa 3750 a 12750m. Por fim, com uma área de 4,17 Km², encontra-se a classificação t13 com formas dissecadas com topos apresentando morfologias tabulares. Grau de entalhamento dos vales: Muito fraco (1) < 20 m.

A seguir são apresentadas nas **Figuras 2 e 3** a distribuição espacial da geologia e da geomorfologia da bacia investigada.

Os tipos de solo encontrados na área de estudo (**Figura 4**) de acordo com Mato Grosso (2011) são:

- AQA7- Neossolo Quartzarênico Distrófico ocupa área de 177,64 Km² composto por areias Quartzosas álicas A moderado fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo plano e suave ondulado; Cambissolo álico Tb A moderado cascalhento fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo suave ondulado e ondulado;

- Ca8- Cambissolo Háptico Tb Eutrófico ocorre em 235,66 Km² da bacia, encontra-se o tipo Cambissolo Tb A moderado cascalhento textura média fases campo Cerrado Tropical, Pedregosa e não Pedregosa, relevo forte ondulado; Solos Litólicos álicos A moderado cascalhento textura média fases Campo Cerrado Tropical e Pedregosa, relevo forte ondulado. Substrato filitos;

- Ra2 - Neossolo Litólico Eutrófico ocupa 59,24 Km² Solos Litólicos álicos A moderado cascalhentos textura média fases Campo Cerrado Tropical e Pedregosa relevo forte ondulado substrato filitos e arenitos; Cambissolo álico Tb A moderado cascalhento textura média fases Campo Cerrado Tropical e Pedregosa relevo forte ondulado; e

- SCCa1 - Cambissolo Háptico Concrecionário Distrófico na bacia corresponde a 104,56 Km², o tipo Solos Concrecionários Câmbicos álicos e distróficos Tb A moderado plântico e não plântico textura média fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo suave ondulado e ondulado; Plintossolo álico Tb A moderado epiconcrecionário textura média/argilosa fase Cerrado Tropical Subcaducifólio relevo suave ondulado; Cambissolo álico Tb A moderado

epiconcrecionário plíntico e não plíntico textura média fases Cerrado Tropical Subcaducifólio e Pedregosa, relevo ondulado.

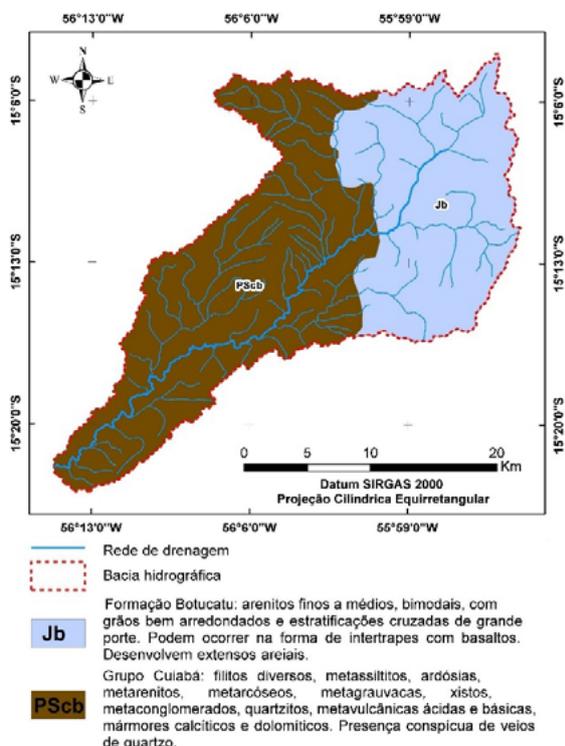


Figura 2. Geologia da bacia do rio Coxipó Açu situada na Bacia do Alto Paraguai em Mato Grosso

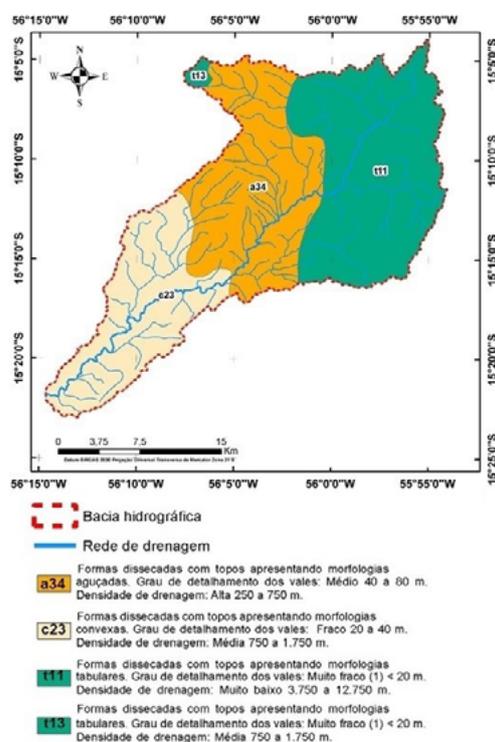


Figura 3. Geomorfologia da bacia do rio Coxipó Açu situada na Bacia do Alto Paraguai em Mato Grosso

Na bacia do Coxipó Açu a classe vulnerável ocorre em 40,07% de sua extensão (**Tabela 3 e Figura 5**), decorrente da área apresentar propensão a processos erosivos devido a fragilidade do solo e relevo. Uma característica importante da pedologia local é a presença de solos ferruginosos que dificultam a penetração da água de chuva e até mesmo a penetração de raízes, podendo às vezes impedir ou dificultar o desenvolvimento de uma vegetação mais densa, bem como também são solos pouco férteis (distróficos ou álicos), sendo que a disponibilidade de nutrientes no ecossistema está diretamente relacionada à presença da matéria orgânica.

Várias nascentes dos cursos d'água, inclusive do principal, está localizada na área vulnerável, fato este que compromete qualquer tipo de ação que não seja devidamente planejada.

Tabela 3. Vulnerabilidade da bacia rio Coxipó Açu

Vulnerabilidade	Área (Km ²)
Moderadamente estável	235,89
Moderadamente vulnerável	109,96
Vulnerável	231,25
Total	577,10

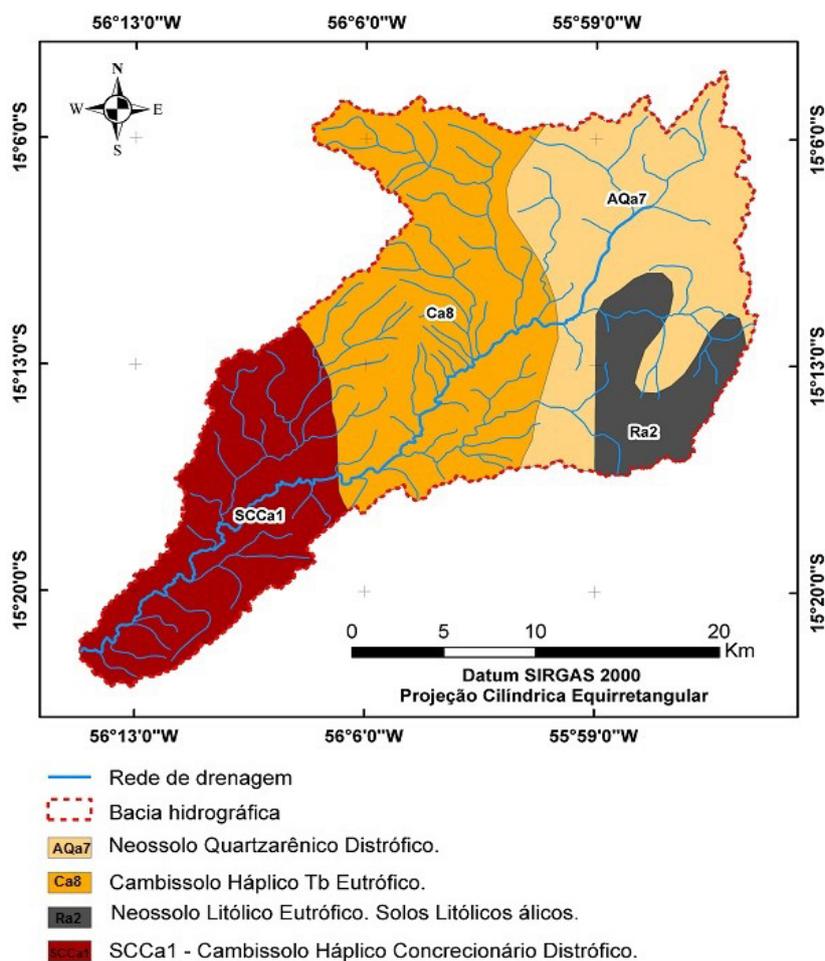


Figura 4. Pedologia da bacia do rio Coxipó Açu, situada na Bacia do Alto Paraguai em Mato Grosso.

Na área classificada como moderadamente estável, encontram-se Cambissolos pouco desenvolvidos. O maior problema, no entanto, é o risco de erosão. Devido à baixa permeabilidade, sulcos são facilmente formados nestes solos pela enxurrada, o que pode ser agravado pelo tipo de relevo aguçado que é encontrado nesta região da bacia.

Segundo Crepani et al (2001), a intensidade de dissecação do relevo pela drenagem está diretamente ligada à porosidade e à permeabilidade do solo e da rocha. Rochas e solos impermeáveis desfavorecem a infiltração das águas pluviais e, conseqüentemente, apresentam maior quantidade de água em superfície para ser drenada em direção às partes mais baixas do terreno. Maior quantidade de água em superfície implica em um número maior de canais de drenagem, maior disponibilidade de energia potencial para o escoamento superficial (runoff) e, portanto, uma maior capacidade erosiva ou de promover a morfogênese.

Nas áreas da bacia de pesquisa classificadas como moderadamente vulnerável foi encontrado relevos tabulares com nível de drenagem de médio a alta com Neossolos com pouca profundidade, o que de acordo com Oliveira et al. (1992) impõe limites de utilização atribuídos à pequena espessura, que dificulta a penetração do sistema radicular das plantas, contribuindo para uma maior fragilidade do solo.

Nos espaços classificados como vulnerável estão localizados a formação Botucatu, com arenitos finos, que podem favorecer o desenvolvimento de extensos areais, bem como Neos-

solos distróficos e Cambissolos com pouca profundidade, dessa forma esses tipos de solo com textura arenosa retém pouca umidade, tornando-se muito lentos na formação de húmus, o que pode impor grande limitação ao seu uso. Em análise morfodinâmica os tipos de solos participam como resultado da equação entre a morfogênese e a pedogênese, o que indica se prevaleceu algum tipo de processo erosivo da morfogênese ou, por outro lado, se prevaleceu processo de pedogênese, dando origem a solos bem desenvolvidos.

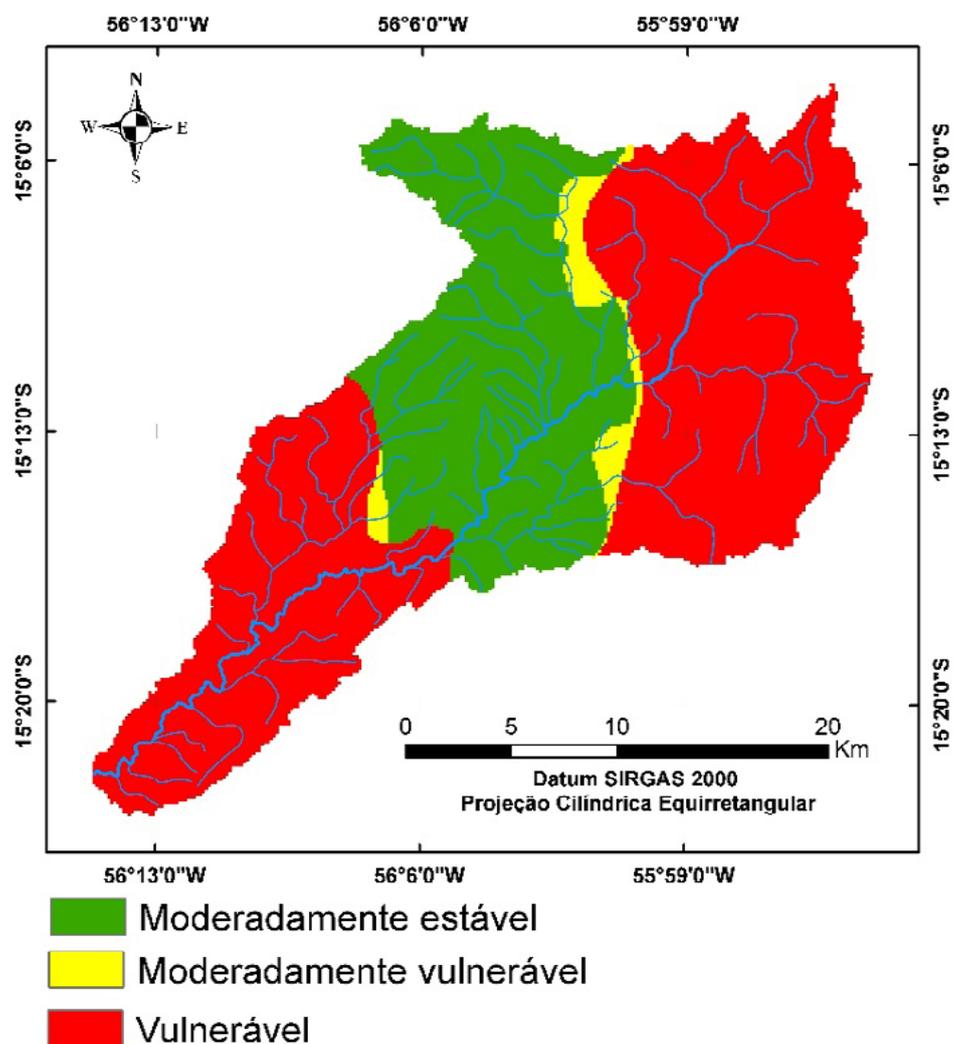


Figura 5. Vulnerabilidade natural da bacia do rio Coxipó Açu/MT.

5. Conclusões

A área da bacia analisada apresenta relevo com formas aguçadas aliado a solos jovens, rasos e ferruginosos, dessa forma devido às suas características texturais e estruturais está sujeita ao desenvolvimento de processos morfogênicos, o que coloca a maioria da extensão territorial da bacia em situação de alta vulnerabilidade natural.

6. Agradecimentos

A Coordenação de Apoio ao Pessoal de Ensino Superior – CAPES pela concessão de bolsa para o mestrado.

À Secretaria de Estado de educação de Mato Grosso – SEDUC por conceder licença remu-

nerada para qualificação profissional.

7. Referências

- Crepani, E.; Medeiros, J. S.; Hernandez, P.; Florezano, T. G.; Duarte, V.; Barbosa, C. C. F.; **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial**. São José dos campos: INPE, 2001. 103p.
- ESRI. **ArcGIS Desktop**: release 10.2. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2013.
- Grigio, A. M. **Evolução da paisagem do baixo curso do rio Piranhas – Assu (1988-2024): Uso de autômatos celulares em modelo dinâmico espacial para simulação de cenários futuros**. 2008. 205f. Tese (Doutorado em Geodinâmica) - Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- Hogan, D. J. (Org). **Dinâmica populacional e mudança ambiental: cenários para o desenvolvimento brasileiro**. Campinas: Núcleo de Estudos de População-Nepo/Unicamp, 2007. 240p.
- Latrubesse, E. M.; Rodrigues, S.; Mamede, L. **Sistema de classificação e mapeamento geomorfológico: uma nova proposta**. Revista Geosul, v. 14, n. 27, p. 682-687, 1998.
- Marengo, J. A. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2 ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007. 212p.
- Mato Grosso. **Atlas de Mato Grosso**: abordagem socioeconômico-ecológica Cuiabá: Entrelinhas, 2011. 96p.
- Oliveira, J. B.; Jacomine, P.K.T.; Camargo, M. N. **Classes gerais de Solos do Brasil**. Guia auxiliar para seu Reconhecimento. Jaboticabal: FUNEP, 201 p, 1992.
- Triviroli, V. A.; Paranhos Filho, A. C.; Diodato, M. A.; Grigio, A. M.; Facincani E. M. Análise da vulnerabilidade natural da bacia do Rio Negro – MS. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2., 2009, Corumbá. **Anais...** Corumbá/MS: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2009. p. 659-665. Disponível em: <<https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2009/cd/p38.pdf>>. Acesso em: 13 mai. 2016.
- Valeriano, M. M. Dados topográficos. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, p.72-104, 2008. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/documentos.php>>. Acesso em: 8 jul. 2016.



Qualificação Territorial da Agropecuária e Socioeconomia do Pantanal Brasileiro

Lucíola Alves Magalhães
Marcelo Fernando Fonseca
Gustavo Spadotti Amaral Castro
Jaudete Daltio
Paulo Roberto Rodrigues Martinho
Carlos Alberto de Carvalho

Grupo de Inteligência Territorial Estratégica - GITE
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
Av. Soldado Passarinho 303, Fazenda Chapadão
13070-115 - Campinas - SP, Brasil
{luciola.magalhaes, marcelo.fonseca, gustavo.castro}@embrapa.br
{jaudete.daltio, paulo.martinho, carlos-alberto.carvalho}@embrapa.br

Resumo. O Pantanal brasileiro luta para se reinventar na busca pelo desenvolvimento agropecuário sustentável, aliando crescimento econômico com suas condições naturais peculiares e a preservação da sua vegetação natural. Dado seu histórico isolamento territorial causado pela distância dos principais polos nacionais e das dificuldades logísticas, fazem-se necessários estudos que busquem caracterizar a região pantaneira. O objetivo deste trabalho é promover uma discussão sobre o contexto territorial da agropecuária e socioeconomia pantaneira, utilizando ferramentas de geotecnologias para análise e disponibilização dessas informações com referência geográfica. O intuito é contribuir na definição de políticas públicas e ações de parcerias público-privadas que resultem em propostas, programas e/ou ações necessárias ou pertinentes para o desenvolvimento sustentável da região.

Palavras-chave: Desenvolvimento agropecuário, pantanal, pobreza rural, qualificação territorial.

Abstract. The Brazilian Pantanal struggle to reinvent itself in pursuit of sustainable agricultural development, combining economic growth with its odd natural conditions and environmental preservation. Given its historical territorial isolation caused by the distance of the main centers and logistical issues, studies to characterize the Pantanal region are necessary. The goal of this work is to promote a discussion about the territorial context of agriculture and socioeconomics in Pantanal through the use of geotechnology. The aim is to contribute to the definition of public policies and actions that result in proposals, programs and / or actions necessary to the sustainable development of the region.

Key-words: Agricultural development, pantanal, rural economy, territorial management.

1. Introdução

Com cerca de 210 mil quilômetros quadrados, o Pantanal brasileiro, bioma que faz parte da Bacia do Alto Paraguai e classificado desde 2000 como Reserva da Biosfera pela UNESCO, luta para se reinventar na busca pelo desenvolvimento sustentável, aliando crescimento econômico com bases preservacionistas, evitando seguir o modelo ultrapassado de dragagem e contenção das cheias sazonais para aumento de áreas agricultáveis. De acordo com Junk et al. (2006), esta região é considerada a maior planície inundável do mundo, sendo que no período das cheias cerca de 75% da sua área se transforma em lençol de água (como mostra a **Figura 1**), culminando na migração das populações locais.

Embora seja um dos biomas mais preservados, com quase 87% de vegetação natural, as regiões menos sujeitas a inundações, como a faixa norte, localizada em transição com o bioma Amazônia, e as áreas a leste e ao sul, que fazem contato com o bioma cerrado, são mais pressionadas pelas práticas agropecuárias (**Figura 1**), em especial pelos rebanhos bovinos, que são a principal atividade rural da região. Dentro das delimitações das planícies fluviais e fluvioacustres, existem severos impedimentos agrônômicos para o desenvolvimento das principais culturas de interesse econômico, devido ao lençol freático superficial ocasionar constante encharcamento das áreas nos meses de janeiro-junho e baixa capacidade de trocas gasosas do solo, limitando o desenvolvimento radicular das plantas. Esse fato torna a presença da pecuária mais marcante na região, especialmente com cultivo de pastagens adaptadas às condições de excedente hídrico, como a espécie *Brachiaria humidicola*, tradicionalmente conhecida como quicuío.

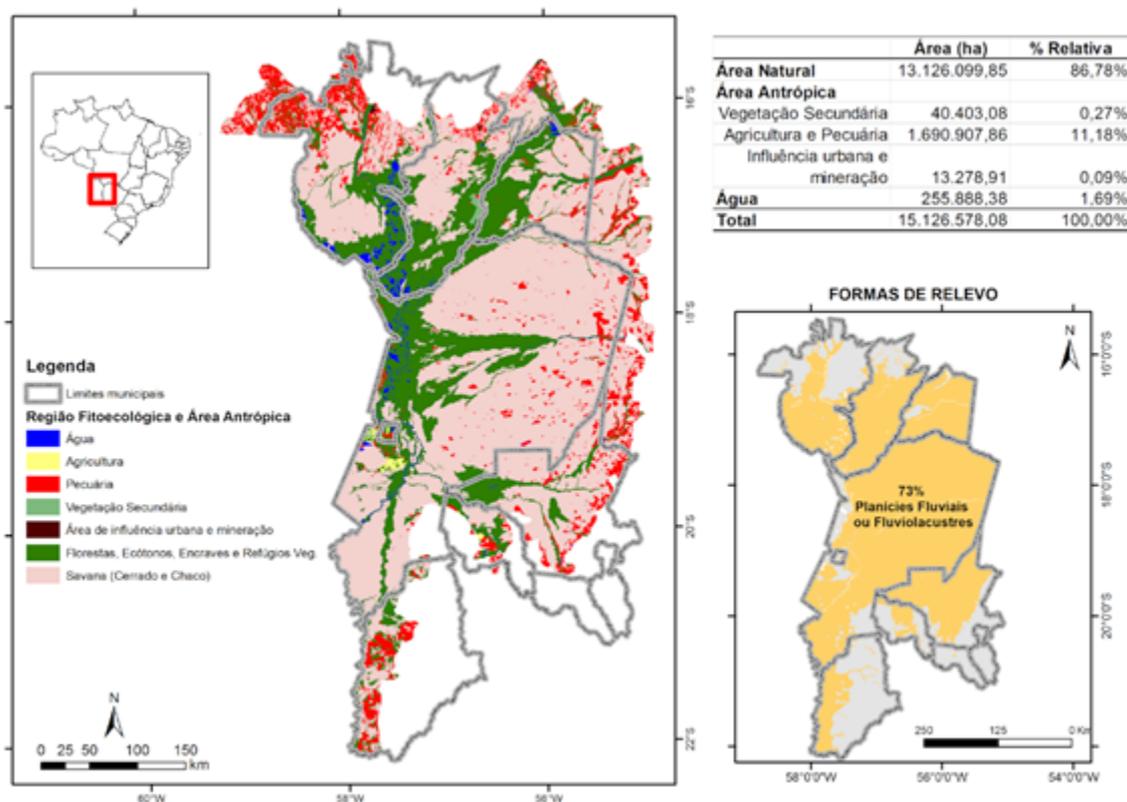


Figura 1. Detalhamento espacial e tabular das regiões fitoecológicas e áreas antrópicas e formas de relevo predominantes no pantanal brasileiro (Dados: Ministério do Meio Ambiente e Serviço Geológico do Brasil).

Dado seu histórico isolamento territorial causado pela distância dos principais polos nacionais e das dificuldades logísticas implícitas à região pantaneira, fazem-se necessários estudos detalhados que busquem a soberania e o desenvolvimento sustentável desta área de interesse não só ecológico, mas socioeconômico do Brasil e países vizinhos.

A qualificação territorial do Pantanal brasileiro demanda uma abordagem multifatorial, que considere dimensões agrárias, agroecológicas e socioeconômicas. Diante da dinâmica espaço-temporal do uso e ocupação das terras e da complexidade geográfica do Pantanal, essa qualificação necessita ser acompanhada em bases territoriais concretas, integrada aos limites estaduais e municipais.

2. Objetivo

O objetivo deste estudo é promover uma discussão sobre o contexto territorial da agropecuária e socioeconomia pantaneira, tendo os resultados voltados ao desenvolvimento agropecuário e apresentados aos diversos públicos (desde técnicos e produtores até pesquisadores e formadores de opinião). O intuito é propor uma agenda positiva para definição de políticas públicas e ações de parcerias público-privadas que resultem em propostas, programas e/ou ações necessárias ou pertinentes para o desenvolvimento sustentável da região a serem executadas por meio de projetos, pesquisas e ações de transferência de tecnologias. Para este fim, foi aplicada uma série de procedimentos numéricos e cartográficos para integrar e conjugar simultaneamente na análise territorial os dados agroecológicos e socioeconômicos existentes em diversas fontes de informação.

3. Material e Métodos

A primeira etapa desse trabalho foi delimitar, por meio de geotecnologias, o território a ser considerado como *pantanal* a partir das interseções territoriais entre as microrregiões, os municípios e o bioma Pantanal. Apesar de ser uma aproximação e sujeita a falhas, a utilização de um limite cartográfico aderente às divisões territoriais oficiais foi necessária para viabilizar a integração com outros conjuntos de dados espaciais oficiais coletados a nível municipal, como os dados agropecuários do IBGE.

Nesta etapa, adotou-se a metodologia proposta por Garagorry e Penteado Filho (2011), baseada na sobreposição da delimitação geográfica oficial do bioma Pantanal com os limites das microrregiões do Centro-Oeste e determinar, para cada microrregião, a qual bioma pertence. De acordo com essa metodologia, uma microrregião sempre é alocada no bioma que possuir maior área nela contida.

A definição resultante e utilizada nesse estudo pode ser visto na **Figura 2** e corresponde a 3 microrregiões, duas contidas no Mato Grosso do Sul, Aquidauana e Baixo Pantanal; e uma no Mato Grosso, Alto Pantanal. Essa delimitação agrega 11 municípios, e um a área de estudo de 16.393.484,54 hectares.

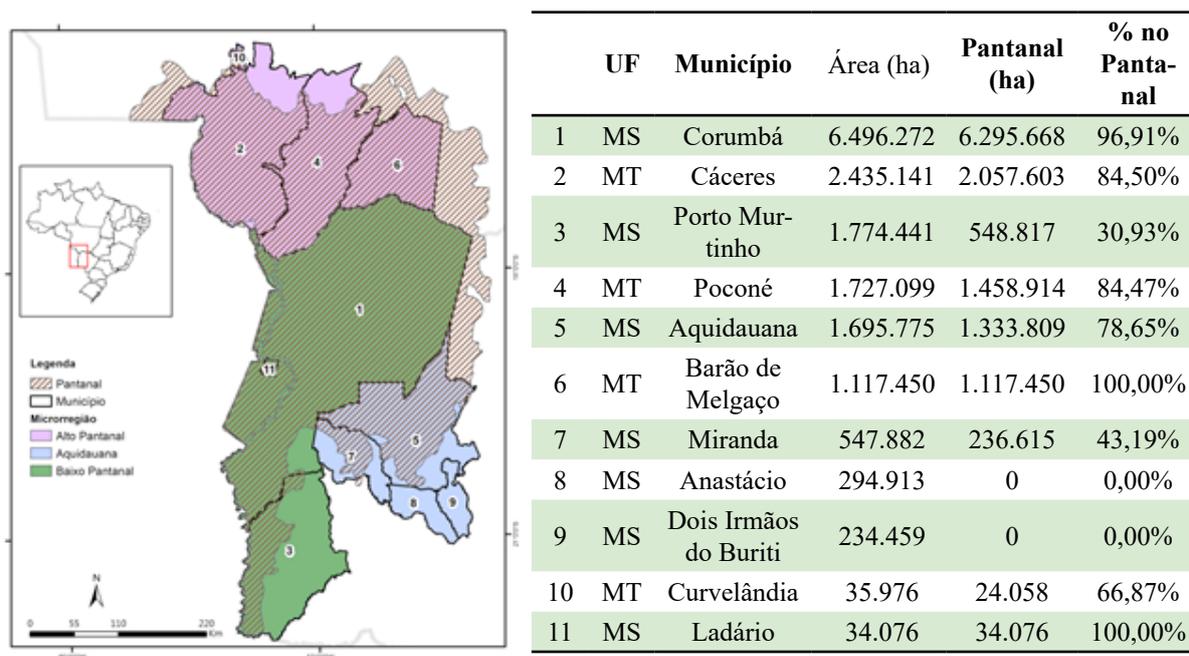


Figura 2. Mapa da abrangência territorial do bioma Pantanal, microrregiões e municípios (Dados: IBGE).

A lista completa dos municípios, área total e a área abrangida pelo bioma também é apresentada na **Figura 2** (a numeração dos municípios corresponde à apresentada no mapa). Como pode ser observado, a metodologia proposta fez com que dois municípios que não possuem área no bioma Pantanal fossem considerados no grupamento, Anastácio e Dois Irmãos do Buriti (MS). Isso ocorreu pelo fato da microrregião a que pertencem, Aquidauana, ter maior área no bioma pantanal. Seria possível refinar esse recorte pela delimitação territorial de municípios, porém devido à frequente criação e alteração de municípios, esse refinamento traria sérios complicadores em análises temporais da evolução da agricultura. A tabela também destaca Corumbá (MS), que possui maior área dentre os municípios e que possui 96,91% dela na delimitação

oficial do bioma pantanal.

Para compor a caracterização desse território delimitado, visando aspectos relativos ao desenvolvimento agropecuário, foram reunidos três grandes conjuntos de dados:

1. agrários: levantamento das áreas e/ou territórios cuja apropriação foi legalmente definida por atos do Governo Federal (deliberações, decretos e atos de diversos órgãos e instâncias administrativas da federação);
2. agrícolas: levantamento das principais cadeias agropecuárias;
3. socioeconômicos: levantamento do atual cenário econômico dos estabelecimentos agropecuários.

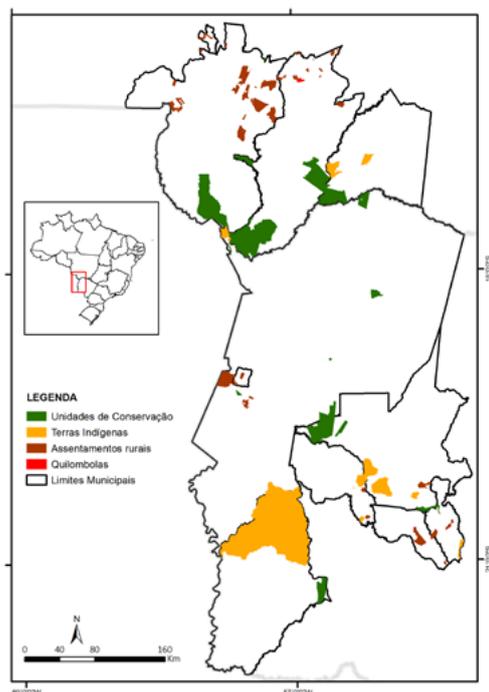
Os dados agrários reúnem quatro planos de informação: unidades de conservação, terras indígenas, áreas quilombolas e projetos de reforma agrária por meio de assentamentos rurais. Os dados agrícolas e socioeconômicos reúnem dois tipos de levantamentos: dados anuais da produção municipal e dados agropecuários censitários. Os dados de produção anual foram analisados de acordo com a concentração das cadeias por território: para cada produto agropecuário estudado, foi elencado o subconjunto de municípios que contêm a maior parte do volume produzido, seja o efetivo, no caso dos animais, ou a quantidade produzida, nos demais produtos. Os dados censitários dos estabelecimentos agropecuários foram analisados estratificados de acordo com sua área (maiores e menores que 100 hectares) e classes de renda (quantificada em salários mínimos mensais).

4. Resultados

4.1 Dados Agrários

A identificação e compreensão do contexto agrário de um território são úteis para o delineamento de diretrizes de planejamento e gestão da agropecuária e dos demais eixos de desenvolvimento econômico. A caracterização agrária do pantanal foi legalmente definida por atos do governo federal, ou seja, são áreas oficialmente constituídas por realizada a partir da identificação das áreas cuja apropriação decretos e atos de diversos órgãos e instâncias administrativas da federação. Incluem-se nesse conjunto as Unidades de Conservação, as Terras Indígenas, os Territórios Quilombolas e os projetos de reforma agrária representados pelos Assentamentos Rurais. As informações referentes a esses temas foram obtidas junto ao Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Fundação Nacional do Índio (FUNAI), Secretaria de Políticas de Promoção da Igualdade Racial (SEPPIR) e Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA).

Os dados georreferenciados dessas instituições foram trabalhados e sumarizados com o auxílio de *softwares* de geoprocessamento. Na totalidade, as áreas legalmente atribuídas somam pouco mais de 1,3 milhões de hectares, representando 8,4% da área total do conjunto dos municípios. As informações por categoria são apresentadas na **Figura 3**.



Categoria	Área (ha)*	% em Relação aos Municípios
Unidades de Conservação	510.932	3,12%
Terras Indígenas	676.141	4,12%
Assentamentos Rurais	191.781	1,17%
Quilombolas	1.781	0,0001%
Área total atribuída	1.380.636	8,42%
Área dos municípios	16.393.485	

*Valores calculados. Projeção Cônica de Albers. SIRGAS 2000.

Figura 3 - Contexto agrário do pantanal e identificação das áreas legalmente atribuídas. (Dados: MMA, ICMBio, FUNAI, INCRA, SEPPIR)

Dentro da delimitação territorial do estudo, a categoria mais significativa é a de terras indígenas, com destaque para o município de Porto Murtinho (MS), onde 28,9% da área do território pertencem a essa categoria. As unidades de conservação ocupam 3,1% da área, com destaque para o município de Poconé (MT) com 12% do território atribuído. Embora no conjunto dos municípios a categoria assentamentos ocupe pouco mais de 1%, em dois municípios atinge patamares de 14% em Ladário (MS) e 12% em Curvelândia (MT). Já o único território quilombola encontra-se no município de Poconé (MT). A **Figura 3** apresenta também a localização espacial das áreas atribuídas.

Com representatividade diferente em cada município, essas áreas devem ser integradas a um planejamento sustentável da agropecuária local, a fim de dirimir possíveis conflitos na questão fundiária.

4.2 Dados Agrícolas

Os dados utilizados para caracterizar a agropecuária do pantanal provêm dos levantamentos anuais da produção municipal (Pesquisa Agrícola Municipal - PAM e Pesquisa Pecuária Municipal - PPM), feitos pelo IBGE, IBGE/PAM (2014), IBGE/PPM (2014). A abordagem foi determinar os municípios que contêm a maior parte do volume produzido do pantanal, seja o efetivo, no caso dos animais, ou a quantidade produzida, nos demais produtos.

A metodologia usada para identificar esses municípios considera o volume produzido e, após o ordenamento decrescente desses valores, determina os quartéis de valor da produção, de acordo com Garagorry et al. (2011). No quartel 4 (Q4) estão todos os municípios suficientes para reunir, pelo menos, 25% do volume produzido; no quartel 3 (Q3), seguem os municípios até que seja atingido 50% do volume; no quartel 2 (Q2), os municípios seguintes até reunir 75% e; no quartel 1 (Q1), seguem os demais municípios para que se atinja 100% do volume produzido. O grupo G75 corresponde ao conjunto de municípios classificados nos quartéis Q4, Q3 ou

Q2 e somam pelo menos 75% do volume produzido.

Para a aplicação dessa análise, os produtos agropecuários foram agrupados em 6 categorias, descritas nos parágrafos subsequentes. O quadro resumo, com a classificação dos municípios em relação às cadeias analisadas, pode ser observado na **Tabela 1**.

Fruticultura. Os produtos de fruticultura mais representativos na região são: banana, laranja, abacaxi e melancia; 6 dos 11 municípios do pantanal estão no grupo G75 de pelo menos uma dessas cadeias. Destaque para o município de Poconé (MT) que representa sozinho o Q4 de duas dessas culturas (banana e abacaxi).

Segurança Alimentar. Os produtos dessa categoria abrangem as cadeias de arroz, feijão e mandioca, sendo que 6 dos 11 municípios do pantanal estão no grupo G75 de pelo menos uma dessas cadeias. O município de Miranda produz sozinho 95% do arroz da região, enquanto feijão e mandioca são produzidos por quase todos os municípios. Destaque para Anastácio, Corumbá e Miranda (MS) que fazem parte do G75 de dois produtos.

Grãos. Os principais grãos cultivados na região são soja e milho e encontram-se dispersos por quase todos os municípios. Apenas 4 dos 11 municípios do pantanal estão no grupo G75 de pelo menos uma dessas cadeias. Destaque para o município de Anastácio (MS), Q4 de ambas as produções.

Agroenergia. A cana-de-açúcar é o produto representativo dessa categoria. A produção se concentra nos municípios Cáceres, Curvelândia e Poconé (MT), que juntos soma 98% da produção da região.

Pecuária. Com exceção de codornas, todos os demais rebanhos são produzidos na região. A produção é dispersa e abrange a maioria dos municípios, apenas 2 deles não estão no grupo G75 de pelo menos uma das cadeias. Destaque para o município de Corumbá (MS), classificado como Q4 em 6 das 7 cadeias. A exceção é para galináceos, cujo efetivo é mais representativo no município de Dois Irmãos do Buriti (MS).

Produtos de Origem Animal. Os produtos principais da região são: leite, ovo, mel e lã, produzidos de forma dispersa na maioria dos municípios. Destaque para os municípios Aquidauana e Corumbá (MS), que estão no G75 de todas as cadeias.

Aquicultura. Os principais produtos de aquicultura são: pacu e patinga; pintado, cachara, cachapira e pintachara, surubim; tambacu e tambaqui. A produção se concentra em 4 municípios, sendo que o destaque é o município de Poconé (MT), presente no grupo G75 de todas as cadeias, Q4 em pacu (62%) e tambacu (65%), Q3 em pintado e Q2 em tambaqui. O município de Cáceres (MT), sozinho, é responsável por 75% da produção de tambaqui da região. Cabe salientar que o estado recebe centenas de milhares de turistas anualmente, tendo como grande chamariz a pesca esportiva.

Tabela 1. Classificação dos municípios por cadeia agropecuária em quartel.

UF	Município	Fruticultura				Segurança Alimentar			Agroenergia	Grãos	
		Banana	Laranja	Abacaxi	Melancia	Arroz	Feijão	Mandioca	Cana-de-açúcar	Milho	Soja
MS	Anastácio						Q4	Q2		Q4	Q4
MS	Aquidauana						Q2				
MS	Corumbá				Q4		Q3	Q2			
MS	Dois Irmãos do Buriti	Q2	Q4							Q3	Q3
MS	Ladário				Q3						
MS	Miranda					Q4	Q2				
MS	Porto Murtinho										
MT	Barão de Melgaço										
MT	Cáceres	Q3						Q4	Q3	Q2	Q4
MT	Curvelândia			Q3					Q4		
MT	Poconé	Q4		Q4	Q2			Q3	Q2		Q2

UF	Município	Pecuária							Produtos de Origem Animal			
		Bovino	Bubalino	Equino	Suíno	Caprino	Ovino	Galináceos	Leite	Ovo	Mel	Lã
MS	Anastácio				Q2				Q3	Q2	Q2	
MS	Aquidauana	Q3	Q2	Q2	Q2	Q2	Q2		Q2	Q4	Q4	Q3
MS	Corumbá	Q4	Q4	Q4	Q4	Q4	Q4	Q2	Q4	Q2	Q3	Q4
MS	Dois Irmãos do Buriti				Q2			Q4	Q2		Q2	
MS	Ladário					Q2					Q3	
MS	Miranda		Q2			Q2					Q2	
MS	Porto Murtinho	Q2		Q2		Q3	Q4					Q2
MT	Barão de Melgaço									Q3		
MT	Cáceres	Q3	Q2	Q3	Q3		Q3	Q2	Q4	Q4		
MT	Curvelândia											
MT	Poconé	Q2	Q2	Q3	Q3				Q2		Q4	

UF	Município	Aquicultura			
		Pacu e patinga	Pintado, cachara, cachapira e pintachara, surubim	Tambacu	Tambaqui
MS	Anastácio				
MS	Aquidauana				
MS	Corumbá	Q3			
MS	Dois Irmãos do Buriti				
MS	Ladário				
MS	Miranda				
MS	Porto Murtinho				
MT	Barão de Melgaço				
MT	Cáceres			Q2	Q4
MT	Curvelândia		Q4		
MT	Poconé	Q4	Q3	Q4	Q2

4.3 Dados Socioeconômicos

Os dados que embasaram a caracterização socioeconômica dos municípios do pantanal no que tange a agropecuária provêm dos levantamentos censitários dos estabelecimentos agropecuários feitos pelo IBGE em 2006. Os dados utilizados são resultado de uma agregação dos micro dados em nível municipal feita por pesquisadores da Embrapa, Alves et al. (2013). Nesse cenário, os agricultores são o objeto de estudo, não o meio físico ou a produção agropecuária. Por esse motivo, o foco na análise recai sobre a renda bruta dos estabelecimentos em salários mínimos mensais (SLM).

Por definição, renda bruta é a produção vendida, auto consumo e indústria caseira e para transformar renda bruta em salários mínimos utilizou-se o salário mínimo vigente em 2006 de R\$ 300,00, seguindo modelo proposto por Alves et al. (2013). Quatro classes de renda foram utilizadas para classificar os estabelecimentos:

- [0,2): possuem renda média de até 2 salários mínimos mensais, identificados como muito

pobres;

- [2,10): possuem renda média entre 2 e 10 salários mínimos mensais, identificados como pobres;

- [10,200): possuem renda média entre 10 e 200 salários mínimos mensais, identificados como média;

- Acima de 200: possuem renda média acima de 200 salários mínimos mensais, identificados como rica.

Tendo em vista a forte vertente ideológica que associa a distribuição da terra com a distribuição de renda, a informação de área dos estabelecimentos também foi considerada segundo Alves et al. (2013). Os estabelecimentos foram particionados em dois grupos: estabelecimentos com área inferior a 100 ha e com área superior a 100 ha. Tem-se, portanto, para cada município e classe de renda: o número de estabelecimentos agropecuários com área inferior e com área superior a 100 ha e o número total de estabelecimentos.

O total dos 8.376 estabelecimentos agropecuários dos municípios do pantanal está distribuído na seguinte proporção de classes: 59,13% muito pobres (4.953), 22,43 % pobres (1.879), 16,2% média (1.357) e 2,23% rica (187 estabelecimentos). Estratificando por área, temos que 96,72% dos estabelecimentos com área inferior a 100 ha estão nas classes pobre e muito pobre, sendo que 73,54% deles estão na classe muito pobre. Ainda considerando a área inferior a 100 ha, nenhum estabelecimento agropecuário está na classe rica. Por outro lado, dos estabelecimentos com área superior a 100 ha, 53,67% deles estão nas classes média e rica, 7,42% deles são ricos.

A **Tabela 2** apresenta um quadro resumo com essas informações. Cada classe de renda, mostrada nas colunas, foi estratificada em subcolunas de acordo com a área. Os municípios foram ordenados decrescentemente de acordo com a quantidade total de estabelecimentos.

Tabela 2. Distribuição dos estabelecimentos agropecuários por área e classe de renda¹

UF	Município	Classe [0,2] slm			Classe [2,10] slm			Classe [10,200] slm			Mais que 200 slm			Total
		< 100 ha	> 100 ha	Total	< 100 ha	> 100 ha	Total	< 100 ha	> 100 ha	Total	< 100 ha	> 100 ha	Total	
MT	Cáceres	1116	100	1216	407	131	538	77	183	260	0	19	19	2033
MS	Corumbá	627	192	819	150	48	198	9	219	228	0	66	66	1311
MT	Poconé	564	93	657	67	71	138	16	92	108	0	*	*	903
MS	Anastácio	421	24	445	197	30	227	15	76	91	0	14	14	777
MS	Aquidauana	309	61	370	57	63	120	19	207	226	0	17	17	733
MS	Dois Irmãos do Buriti	328	30	358	115	35	150	15	129	144	0	12	12	664
MT	Barão de Melgaço	380	23	403	172	49	221	5	17	22	0	0	0	646
MT	Curvelândia	261	6	267	89	16	105	6	21	27	0	*	*	399
MS	Porto Murtinho	63	93	156	14	51	65	0	134	134	0	40	40	395
MS	Miranda	121	13	134	51	20	71	15	76	91	0	19	19	315
MS	Ladário	117	11	128	39	7	46	15	11	26	*	0	*	200
	Total	4307	646	4953	1358	521	1879	192	1165	1357	0	187	187	8376

Como pode ser visto nessa tabela, apenas 3 dos 11 municípios concentram mais de 50% dos estabelecimentos do pantanal (Cáceres (MT), Corumbá (MS) e Poconé (MT), juntos totalizam 4.247 estabelecimento). Essa concentração em termos absolutos também reflete na renda bruta. Considerando a classe muito pobre, os 3 municípios somam 2.692 estabelecimentos, que representam 54% da classe, 47% (874 estabelecimentos) na classe pobre, 44% (596 estabelecimen-

¹ Dada a origem sigilosa dos dados, valores inferiores a 5 nas sumarizações foram suprimidos da análise

tos) na classe média e 46% (85 estabelecimentos) na classe rica. A **Figura 4** ilustra a repartição e a concentração espacial do número de estabelecimentos agropecuários nos municípios, estratificados por classe de renda.

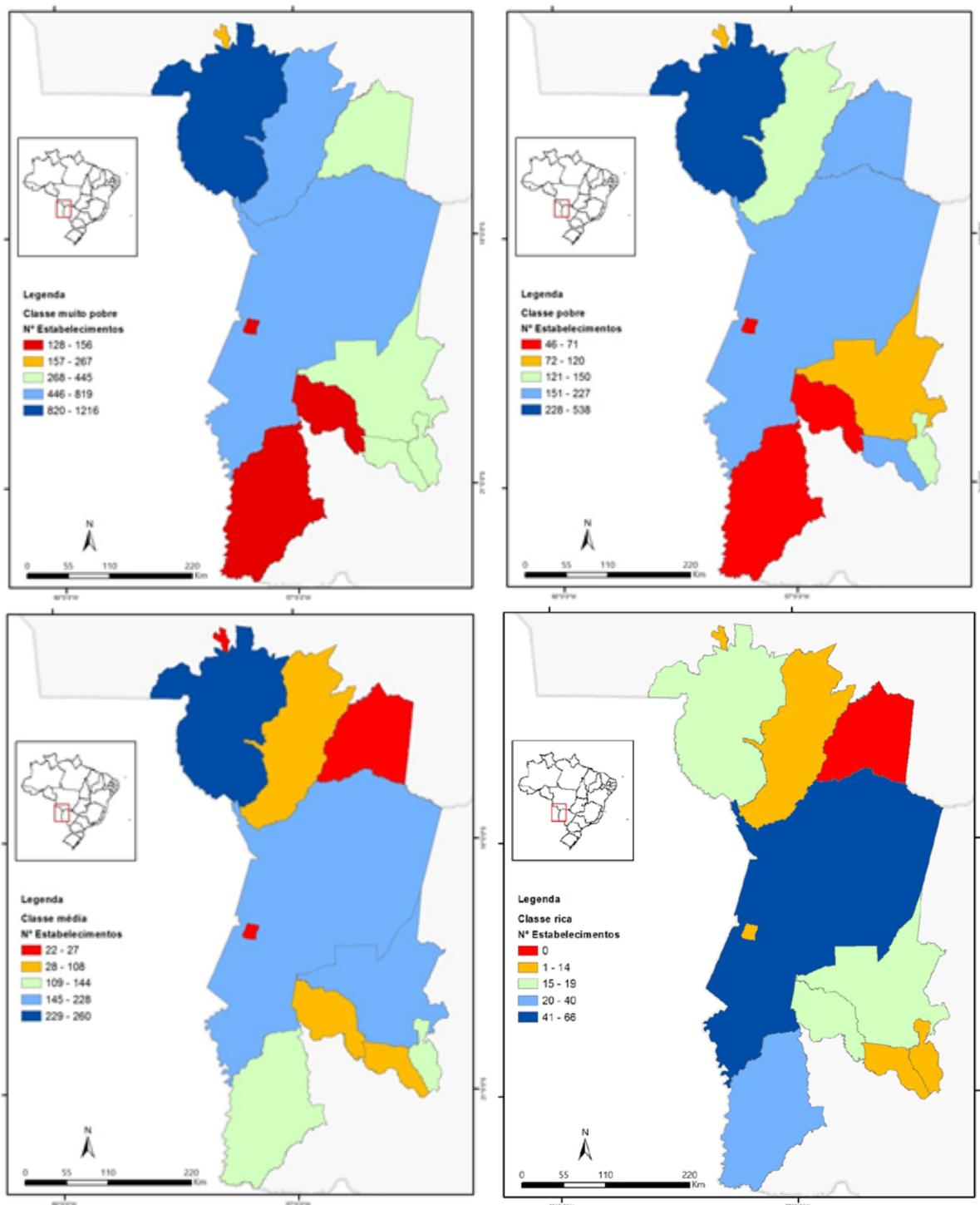


Figura 4 - Número de estabelecimentos agropecuários nos municípios estratificados por classe de renda.

5. Conclusões

Conhecer e compreender as relações territoriais entre elementos e processos agroecológicos e socioeconômicos de uma região é fundamental para apoiar as políticas públicas e as pesquisas científicas voltadas para as necessidades e realidades locais.

O pantanal preserva 87% de vegetação natural e apresenta características peculiares, como a sazonalidade das planícies inundáveis, que recobrem 75% da região. Esses fatores impactam diretamente o cenário agropecuário, seja em condições naturais e climáticas, seja pela disponibilidade de áreas para agricultura.

A correlação entre a produção e o ambiente pode ser confirmada por meio da produção de grãos, que se concentra no município de Anastácio (MS) que, apesar de contido no bioma pantanal, não apresenta incidência de áreas inundadas em seu território. Por outro lado, municípios inseridos, parcialmente ou totalmente nas planícies inundáveis, como Cáceres (MT) e Corumbá (MS) se tornaram especialistas na produção animal, por conta da boa adaptabilidade de cultivo de pastagens.

Aproximadamente 87% dos assentamentos rurais da região têm mais de 10 anos de criação e seus proprietários ainda não foram titulados. A falta de titulação é hoje uma das principais causas de abandono das propriedades a médio/longo prazo.

O cenário socioeconômico mostra a necessidade de um conjunto específico de políticas para atuar nos problemas de imperfeições de mercado. É possível que a dificuldade de acesso à tecnologia seja determinante e tenha impacto direto em seus rendimentos. Estabelecimentos nas classes muito pobre e pobre demandam mais atenção de políticas sociais e públicas direcionadas, por exemplo, para o subsídio de assistência técnica para o segmento da agricultura familiar e incentivos ao cooperativismo.

6. Agradecimentos

Agradecimentos aos pesquisadores da Embrapa Eliseu Alves e Geraldo da Silva e Souza por ceder os dados sumarizados do Censo Agropecuário 2006 e ao pesquisador Fernando Luís Garagorry Cassales pelo auxílio na metodologia de análise da produção agrícola.

7. Referências

Alves, E.; Souza, G. S.; Gomes, E. G. **Contribuição da Embrapa para o Desenvolvimento da Agricultura no Brasil**. 1 ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 291p .

Garagorry, F. L.; Pentead Filho, R. C. **Agricultura nos biomas: aproximação estatística mediante microrregiões**. Brasília, DF: Embrapa/SGE, s/d. Disponível em: < <http://www22.sede.embrapa.br/web/sge01/estatisticaagricola/dinamica/biomaest/index.html> >. Acesso em: 28 jul. 2016.

Garagorry, F. L.; Pentead Filho, R. de C.; Miranda, E. E. de; Marra, R. **Concentração de conjuntos de produtos agrícolas com base no seu valor**. Brasília, DF: Embrapa SGI, s/d. Disponível em: < <http://www22.sede.embrapa.br/web/sge01/estatisticaagricola/concentra/prodbr> >. Acesso em: 28 jul. 2016.

IBGE/PAM. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Agrícola Municipal (PAM)**. 2014. Disponível pelo Sistema IBGE de Recuperação Automática (www.sidra.ibge.gov.br). Acesso em: 04 jul. 2016.

IBGE/PPM. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Pecuária Municipal (PPM)**. 2014. Disponível pelo Sistema IBGE de Recuperação Automática (www.sidra.ibge.gov.br). Acesso em: 04 jul. 2016.

Junk, W.J.; Brown, M.; Campbell, I.C.; Finlayson, M.; Gopal, B.; Ramberg, L.; Warner, B.G. The comparative biodiversity of seven globally important wetlands: A synthesis. **Aquatic Sciences**, v.68, n.3, p.400-414, 2006.



Interferências do pulso de inundação nas atividades econômicas da Comunidade da Barra do São Lourenço

Maxwell da Rosa Oliveira ¹
Beatriz Lima de Paula Silva ¹
Aguinaldo Silva ¹
Luciana Escalante Pereira ¹
Tayrine Pinho de Lima Fonseca ¹
Edson Rodrigo dos Santos da Silva ¹

1 Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Campus do Pantanal – UFMS-CPAN
Av. Rio Branco, 1270
79304-020 - Corumbá - SP, Brasil
max.oliveira2102@gmail.com,
beatriz.paula@ufms.br,
aguinaldo.silva@ufms.br,
l.escalante.pereira@gmail.com,
tayrine.fonseca@hotmail.com,
edson_r_silva@yahoo.com,

Resumo. O Pantanal é uma planície alagável, com tamanho aproximado de 160.000 km² abrangendo três países. Dentro deste ecossistema, existem várias comunidades ribeirinhas. O objetivo deste trabalho foi identificar como o pulso de inundação afeta as atividades econômicas da comunidade da Barra do São Lourenço, para isso foram feitas classificações supervisionadas utilizando dois softwares gratuitos, em imagens landsat-5, nas épocas da cheia e seca. Foi visto que este pulso de inundação é essencial para manutenção das atividades econômicas da comunidade.

Palavras-chave: Pantanal, comunidades ribeirinhas, inundação, sensoriamento remoto, processamento de imagens.

Abstract. Pantanal is a floodplain, with approximate size of 160,000 KM², and it's spanning three countries. Inside this ecosystem, there are several riverine communities . The objective of this study was to identify how the flood pulse affects the economic activities of the Barra do São Lourenço community , for this, it was made two supervised classification using free software in Landsat -5 images , in times of flood and drought . It has been seen that this flood pulse is essential to maintaining the economic activities of the community.

Key-words: Pantanal, riverine communities, inundation, remote sensing, image processing.

1. Introdução

O Pantanal é uma planície alagável, com tamanho aproximado de 160.000 km² (Junk et al., 2006). O seu território abrange três países: Brasil, Bolívia e Paraguai. Dentro do território brasileiro sua área compreende cerca de 140.000 km², contidos dentro de dois estados: Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Junk et al., 2006). A região possui um ciclo anual de cheia e seca, também chamado de “pulso de inundação”, responsável por ditar toda a dinâmica ecológica deste bioma.

Este pulso pode variar em relação a intensidade da cheia e seca e a duração destas. É ditado por fatores externos e internos. Segundo Moraes et al. (2013), os principais fatores internos que determinam o quanto e qual região irá inundar é a topografia da região, que normalmente apresenta uma baixa declividade, além da densidade e localização das chuvas. Devido sua alta complexidade, se torna quase impossível prever sua intensidade, mas a partir de mapeamentos das inundações anteriores pode-se prever quais locais podem ser atingidos.

Dentro desse complexo sistema, encontram-se algumas comunidades ribeirinhas e tradicionais. Estas comunidades podem ser conceituadas dentro dos dois termos. Pode ser entendida como comunidade ribeirinha, porque de acordo Silva e Silva (1995) comunidades ribeirinhas são definidas como as que residem às margens do rio, com uma afinidade maior a água do que com a terra, tendo como atividade predominante a pesca. E também se enquadram dentro da definição de tradicionais, pois possuem como base econômica, atividades pautadas no conhecimento e no uso de recursos naturais renováveis, fazendo com que estes possam ser considerados como comunidades tradicionais de acordo com Diegues (2000).

Dentre outras comunidades distribuídas no território pantaneiro, existem as localizadas as margens do Rio Paraguai, no trecho que corta a borda Oeste do Pantanal, estas possuem cerca de 400 ribeirinhos (Siqueira, 2015). Estes em sua maioria têm como principais atividades econômicas a pesca profissional artesanal e a coleta e comercialização de iscas vivas, porém algumas famílias também utilizam a criação de animais, produção de horta, e o extrativismo para complementar a renda familiar ou para consumo próprio (Almeida e Silva, 2011; Amâncio, et al. 2008).

2. Objetivo

Esse trabalho tem por finalidade identificar as interferências ocasionadas pelo pulso de inundação, nas atividades econômicas da comunidade ribeirinha Barra do São Lourenço.

3. Material e Métodos

A Comunidade Barra do São Lourenço está localizada nas coordenadas 17°54'38" S e 57°27'32" W, à margem esquerda do Rio Paraguai (**Figura 1**). A comunidade está inserida dentro da sub-região pantaneira denominada de Paraguai. Próximo a comunidade tem-se a presença da confluência dos rios Cuiabá e Paraguai, a Serra do Amolar, além das Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) Acurizal e Penha (Siqueira, 2015). Segundo Almeida e Silva (2011), no ano de 2011 habitavam na comunidade 19 famílias e cerca de 77 pessoas, sendo em

sua maioria adultos com faixa etária de 22 a 60 anos. A principal atividade econômica é a coleta de iscas vivas, seguida pela pesca e pela agricultura em pequena escala, além do extrativismo (Almeida e Silva, 2011).

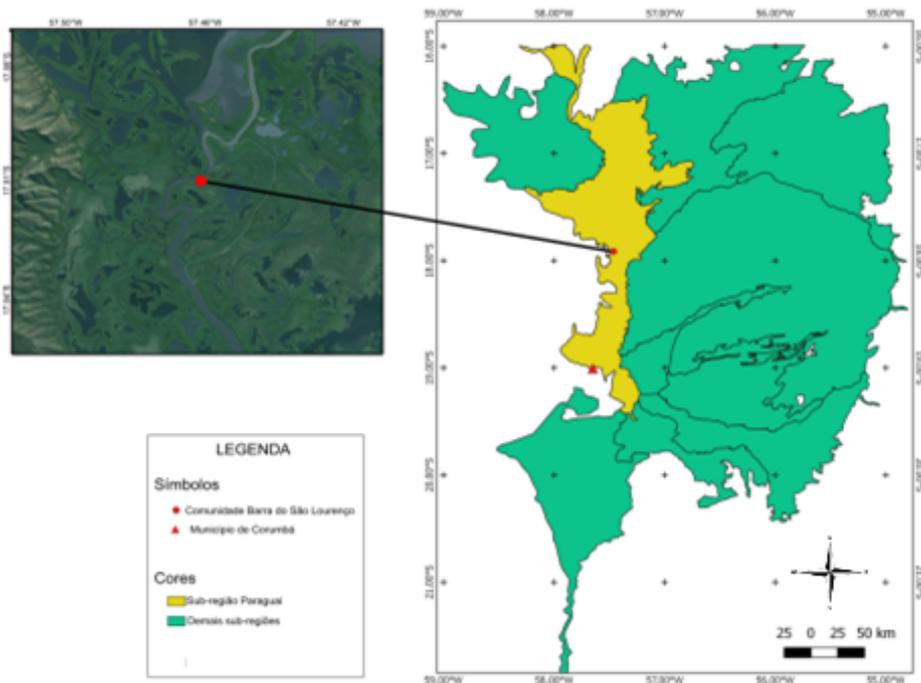


Figura 1 – Localização da comunidade ribeirinha Barra do São Lourenço.

A área de estudo foi definida a partir das regiões utilizadas pelos ribeirinhos para suas atividades econômicas durante os trabalhos de campo. A identificação dos locais utilizados pela comunidade foi realizada pelos próprios moradores. Para isto, foi disponibilizado a estes imagens impressas onde os mesmos puderam especificar as áreas usadas pela comunidade em suas atividades (**Figura 2**).



Figura 2 – Ribeirinhos da comunidade Barra do São Lourenço, identificando em imagens impressas, pontos de realização das suas atividades econômicas.

Processamento de Dados

A seleção dos anos analisados foi feita a partir de pesquisas bibliográficas e consulta aos dados do Serviço de Sinalização Náutica Do Oeste (ssn6).

Devido ao grande acervo de imagens disponíveis gratuitamente, os dados de sensoriamento remoto utilizados são do satélite Landsat-5, órbita 227, ponto 072. Utilizando-se de fontes bibliográficas, dados de altura pluviométrica do Rio Paraguai e qualidade das imagens, foram selecionados os anos de 1988 e 1989 como os mais representativos para cheia e os anos de 2005 e 2007 os mais representativos para seca. Posteriormente, através de uma segunda análise realizada sobre as imagens ficaram definidos os anos de 1988 e 2005 para o desenvolvimento da pesquisa. As imagens foram adquiridas por meio do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), sendo datadas respectivamente de 15/05/1988 e 03/09/2005.

Após a definição dos anos, as imagens foram baixadas para serem trabalhadas em programas de Sistema de Informação Geográfica (SIG).

O processamento dos dados foi realizado em softwares livres de Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo usados o Qgis versão 2.10 e Spring versão 5.2. No Qgis foi realizado todo o pré-processamento da imagem, que consiste em fazer as composições coloridas das bandas e georreferenciar as imagens. No Spring foi realizada a classificação das imagens pelo método de classificação supervisionada.

O processo de classificação do Spring conta uma pré etapa de segmentação. A segmentação foi feita utilizando o método de Crescimento de Regiões, com as configurações de 5 de similaridade e 5 de área (pixel). Com as imagens devidamente segmentadas iniciou-se o processo de treinamento, que consiste em coletar áreas amostrais para cada alvo que pretende-se analisar, para cada classe foram coletadas em média 30 amostras, podendo variar de acordo com a abundância das classes na imagem. Na classificação adotou-se o método Bhattacharya, tendo 99% como limiar de aceitação, a escolha deste classificador se deu, devido a existência de trabalhos já comprovando sua eficácia na classificação supervisionada (Abrão et al., 2015).

4. Resultados e Discussão

A comunidade da Barra do São Lourenço está localizada à margem esquerda do Rio Paraguai e, por isso, está sujeita as consequências do ciclo de cheias do Pantanal. Como pode ser visto na **Figura 03** a diferença do nível de água em períodos de seca e cheia registrada em trabalhos de campo na região da pesquisa.



Figura 03- Apresenta como a cheia pode interferir nas atividades da comunidade, na foto A foi no período de seca (setembro de 2015), foto B julho de 2014.

Durante a realização do trabalho com a comunidade, foram apontados 10 pontos, sendo que 4 são regiões onde é realizado o extrativismo de arroz selvagem (*Oryza latifolia*), e os demais pontos é realizada a coleta de isca viva (**Figura 4**).

Como pode ser visto os pontos de cultivo de arroz estão localizados todos ao Sul da comunidade sendo o mais distante cerca de 11 km e o mais próximo a aproximadamente 3km

da comunidade. Essa distância entre os pontos e a comunidade pode apresentar-se como um empecilho, já que segundo Santana (2013) uma das principais dificuldades da comunidade é a locomoção a longas distâncias, devido a falta de condução adequada na comunidade. Deste modo, esta distância pode se tornar um fator limitante, para suas atividades econômicas.

Observando-se apenas os pontos de extrativismo de arroz, pode-se notar que todos os pontos estão localizados em campos inundáveis sazonalmente (**Figura 5**). Análises fenológica realizada por Bertazzoni e Damasceno (2010), mostraram que a espécie encontrada na região (*Oryza latifolia*) é resistente as inundações, estas variações no nível da água influenciam na formação de sua sinflorescência, sendo ainda um dispersor secundário para espécie, tornando, esta característica importante para manutenção da espécie na região.

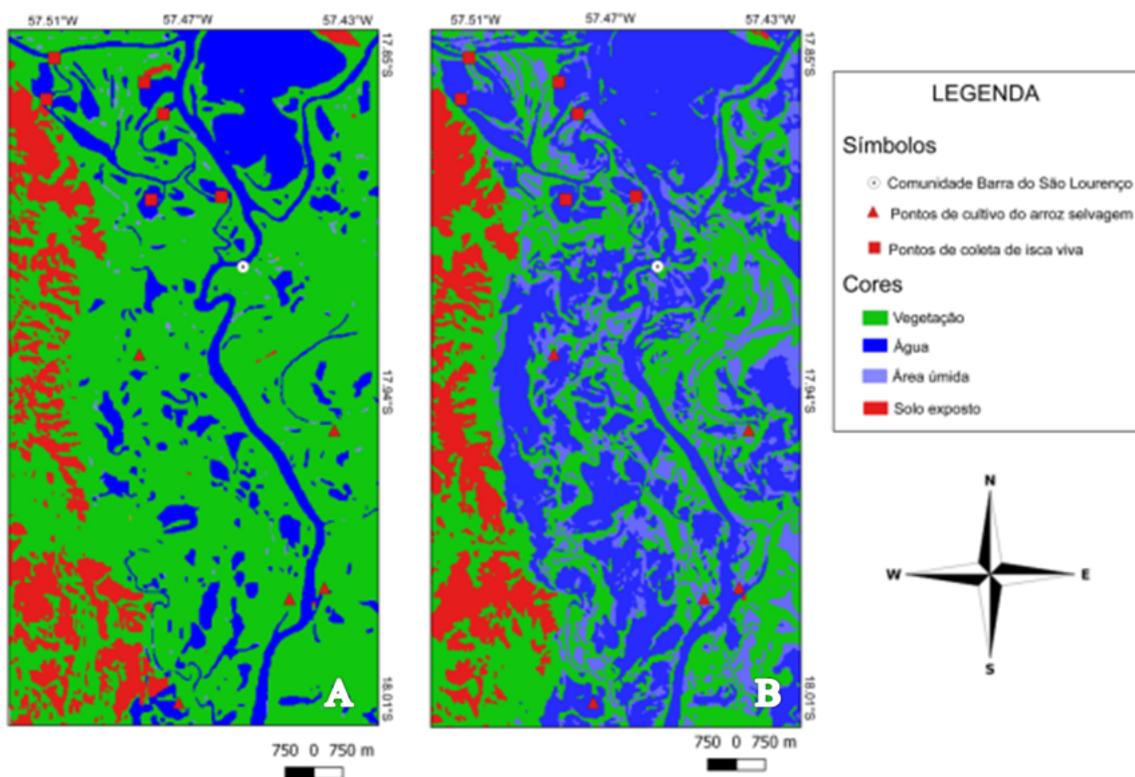


Figura 4 – Pontos onde são realizadas atividades econômicas de ribeirinhos da comunidade Barra do São Lourenço. A - ano de 2005, região na época da seca. B – ano 1988, região na estação da cheia.

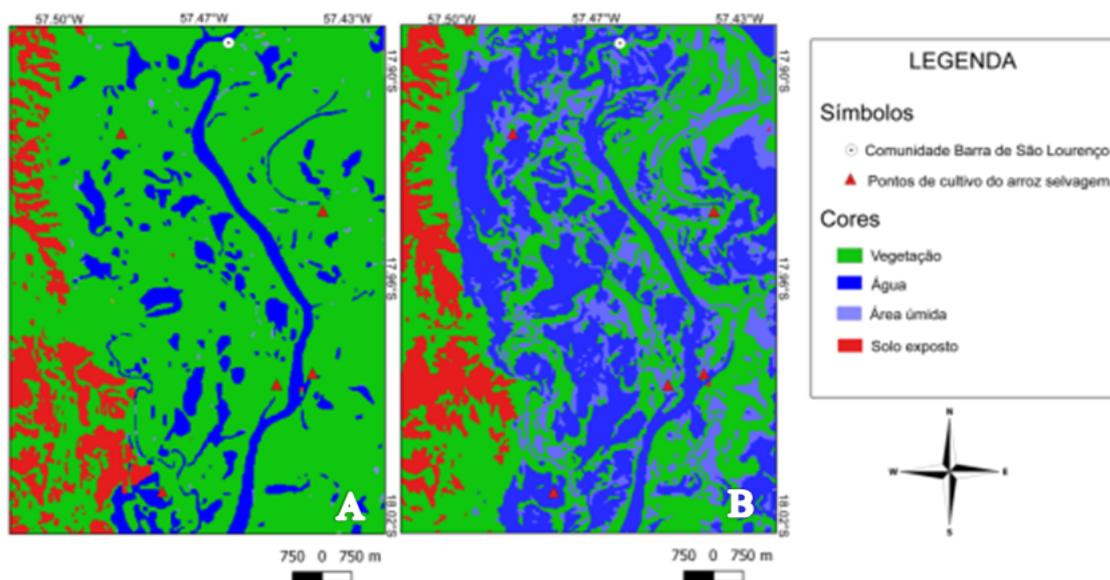


Figura 5 – Pontos de extrativismo de arroz da comunidade da Barra do São Lourenço. A – ano 2005, região na época da seca. B – ano 1988, região na época da cheia.

Desta forma, cheias pouco intensas, onde não haveria a inundação destes campos, podem reduzir a quantidade de áreas inundáveis, perturbando a reprodução e dispersão da espécie, podendo acarretar em uma menor produção do arroz selvagem e menores áreas de possível extração do mesmo, afetando de modo direto os ribeirinhos que trabalham com o extrativismo do arroz.

Os pontos de captura de iscas estão localizados todos ao Norte da comunidade, o mais distante é aproximadamente 7 km (**Figura 6**). Por estarem localizados em “braços” do Rio Paraguai, ao contrário dos pontos de cultivo de arroz, estes permanecem inundados durante todo o ano, porém com uma redução em suas áreas alagadas na época da seca.

  tuvira   uma das iscas mais capturadas e comercializadas na região pantaneira (Catella, et al., 2009). Estes animais possuem como habitat ambientes lênticos, coberto por plantas aquáticas que ret m matéria orgânica proveniente do processo de inundação (Rezende et al., 2006). Segundo Moraes e Espinoza (2001) a melhor época de captura é entre agosto e outubro, na vazante, pois nesta época a água volta a calha do rio, diminuindo seu nível nos corixos, braços e outros corpos d’água, aumentando assim a probabilidade de captura destes peixes.

Deste modo as áreas utilizadas pelos moradores são ideais para a realização da coleta de tuvira. Pois estes ambientes sofrem uma expansão da área inundada na época da cheia, aumentando a disponibilidade de habitats dos animais. E uma redução na época da seca, porém não secam completamente, pois recebem água dos rios, aumentando a probabilidade de captura, sem extinguir o habitat. Assim como o arroz a redução desses “pulsos de inundações” pode afetar a coleta de iscas, pois iria causar uma redução no habitat desses animais, nas áreas de coleta utilizadas por eles.

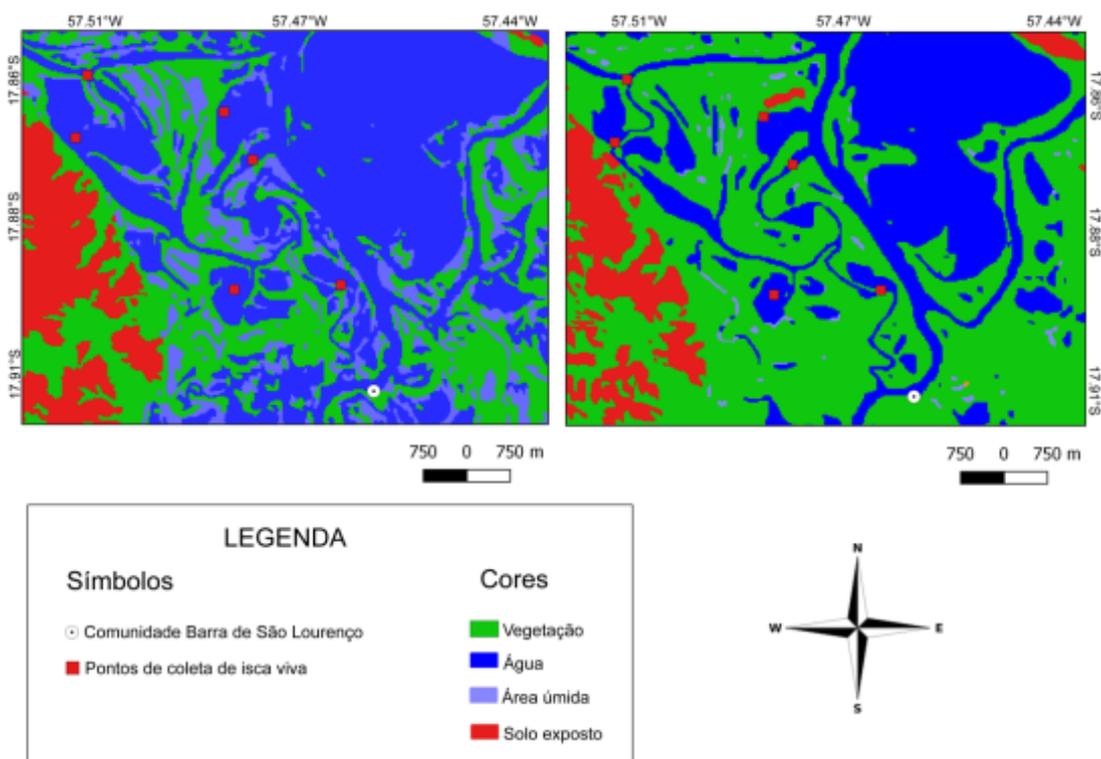


Figura 6 - Pontos de coleta de isca viva dos moradores da Comunidade Barra do São Lourenço. A – ano 1988, região na época da cheia. B – ano 2005, região na época da seca.

5. Conclusões

O uso de ferramentas como o geoprocessamento é importante para o estudo e planejamento de grandes áreas e também de difícil acesso como é o caso do Pantanal. Assim como apresenta-se útil para estudos de eventos sazonais como o pulso de inundação e estudos com grande intervalo de tempo.

Apesar das inundações gerarem alguns transtornos a comunidade, o pulso de inundação é de extrema importância para as principais atividades econômicas da comunidade pois por meio desse sistema que vai se renovando as populações de peixes, e beneficia a coleta de iscas.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte institucional da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - Câmpus do Pantanal. À Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT: projeto 083/2016, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (processos 447402/2014-5 e 448923/2014-9) e também pela bolsa de pesquisador (PQ2) para Aguinaldo Silva (312.386/2014-1).

7. Referências

Abrão, C. M. R.; Cunha, E. R.; Gregório, E. C.; Bacani, V. M. Avaliação de classificadores supervisionados e não supervisionados para mapeamento de uso e cobertura da terra a partir de dados Landsat-8/OLI. IN: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015, João Pessoa. *Anais...* INPE, 2015. p. 5439 – 5446.

Almeida, M. A.; Silva, C. J. As comunidades tradicionais pantaneiras Barra de São Lourenço e Amolar, pantanal, brasil. *História e Biodiversidade*, v. 1, n. 1, 19 p., 2011.

Amâncio, C. O. G.; Amâncio, R.; Toniazzo, R. C.; Botelho, D.; Pellegrin, L. A. Caracterização Socioeconômica

das Comunidades Chalé/Bonfim, Sub-região do Paraguai, Corumbá, MS. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2008. 9 p. (Embrapa Pantanal. Circular Técnica, 82). Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=CT82>. Acesso em: 10mar. 2016.

Bertazzoni, E. C.; Damasceno, G. A. J. Aspectos da biologia e fenologia de *Oryza latifolia* Desv. (Poaceae) no Pantanal sul-mato-grossense. **Acta Botanica Brasilica**, v.25, p. 476-486, 2011.

Catella, A. C.; Silva, J. M. V.; Jesus, V. M. F. Comércio de iscas vivas no Pantanal de Mato Grosso do Sul, SCPESCA/MS. Corumbá: Embrapa Pantanal; Campo Grande: SEMAC/IMASUL, 2009. 42p. (Embrapa Pantanal - recurso eletrônico 90). Disponível em: http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/download.php?arq_pdf=BP90. Acessado em: 15mar. 2016.

Diegues Santana, A. C. **O mito moderno da natureza intocada**. São Paulo: NUPAUB-USP, 3ª ed., 2000, p. 161.

Junk, W. J.; Cunha, C. N.; Wantzen, K. M.; Petermann, P.; Strüssmann, C.; Marques, M. I.; Adis, J. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Aquatic Sciences**, v. 68, p. 278-309, 2006.

Moraes, A. S.; Espinoza, L. W. Captura e comercialização de iscas vivas em Corumbá, MS. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2001. 37p. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa, 21).

Moraes, E. C.; Pereira, G.; Cardozo, F. S. Evaluation of Reduction of Pantanal wetlands in 2012. **Geografia**, v. 38, Numero especial, p. 81-93, 2013.

Santana, L. L. T. **Análise da Importância das “Freteiras” para as Comunidades Ribeirinhas no rio Paraguai na Fronteira Brasil/Bolívia**. Corumbá - MS. 2013. 57 p. Dissertação mestrado (Mestrado em Estudos Fronteiriços) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus do Pantanal, Corumbá, 2013.

Silva, C. J.; Silva, J. A. F. **No ritmo das águas do pantanal**. São Paulo: NUPAUB-USP, 1995, p. 210.

Siqueira, A. L. **Conflitos socioambientais em comunidades tradicionais da fronteira Brasil-Bolívia e a experiência de implantação do turismo de base sustentável como alternativa de renda na comunidade da Barra do São Lourenço**. 2015. 98 p. Dissertação mestrado (Mestrado em Estudos Fronteiriços) - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus do Pantanal, Corumbá, 2015.

Resende, E. K.; Pereira, R. A. C.; Sório, V. F.; Galvão, E. M. Biologia da Tuvira, *Gymnotus cf. carapo* (Pisces, Gymnotidae) no Baixo Rio Negro, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2006. 42p. (Embrapa Pantanal - boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 67). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/812542/1/BP67.pdf>. Acessado em: 07mai. 2016.



Análise temporal da dinâmica de paisagem das áreas não inundáveis do Pantanal de Cáceres/MT

Alexander Webber Perlandim Ramos ¹
Miriam Raquel da Silva Miranda ³
Géssica de Jesus Oliveira Silva ¹
Sandra Mara Alves da Silva Neves ¹
Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin²
Ronaldo José Neves (In memoriam)¹

1 Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/ Campus Cáceres - Laboratório de Geotecnologias Unemat.
Av. Santos Dumont, S/n. B: Santos Dumont
78200-000 Cáceres - MT, Brasil
webberge@outlook.com; gessica.unemat@gmail.com; {ssneves, rjneves}@unemat.br

2 Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/ Campus Barra do Bugres - Laboratório de Geomática - Unemat.
Rua A, s/n. B. Cohab São Raimundo
78390-000 Barra do Bugres – MT, Brasil
galvaninbbg@unemat.br

3 Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/ Campus Tangará da Serra - Laboratório de Geotecnologias Unemat. Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola.
Rod. MT 358 - Km 07. Caixa Postal 287 – MT, Brasil
miriamraquel18@gmail.com

Resumo. Objetivou-se neste estudo analisar a dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra para identificação de mudanças na paisagem nas áreas não inundáveis do Pantanal de Cáceres/MT, visando à geração de subsídios para a conservação ambiental. Neste estudo foram utilizadas imagens dos satélites Landsat-5, referente ao ano de 2005, obtidas no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e Landsat-8 de 2015, obtidas no sítio do Sistema Geológico Americano, nas quais foram aplicadas técnicas de processamento digital de imagens nos *softwares* SPRING e elaboração de mapas temáticos no *ArcGis*. Os resultados apontaram que os índices de cobertura vegetal são maiores do que os usos antrópicos, contudo esses usos sofreram mudanças durante o período de dez anos. Concluiu-se que as atividades econômicas de cunho rural contribuíram para que ocorressem mudanças no uso e cobertura vegetal das unidades de paisagem das áreas não inundáveis e também aumento da temperatura superficial do Pantanal de Cáceres/MT nas áreas onde ocorreram os maiores índices de transformações antrópicas, evidenciando a diminuição das áreas recobertas com as formações de Savanas e o aumento das áreas de pastagem.

Palavras-chave: cobertura vegetal, mudanças na paisagem, conservação ambiental.

Abstract. The objective of this study to analyze the dynamics of vegetation cover and land use to identify changes in the landscape in the flood areas in the Pantanal of Cáceres/MT, aiming at the generation of subsidies for environmental conservation. In this study we used images from Landsat-5 satellite, of 2005, obtained on the site of the National Institute for Space Research and Landsat-8 of 2015, obtained on the site of the American Geological system, were applied digital image processing techniques in the SPRING and preparation of thematic maps in ArcGis. The results showed that the indexes of plant cover are bigger than the anthropic use, however these uses have suffered changes during the past ten years. It was concluded that the economic activities of rural nature contributed to occur changes in the land use and vegetation cover of the landscape units of flood areas and also increase the surface temperature of the Pantanal of Cáceres/MT, showing the decrease of the areas covered with Savanna and the increase in pasture areas.

Keywords: vegetation cover, changes in the landscape, environmental conservation.

1. Introdução

O termo paisagem pode denotar diversas interpretações, uma vez que se refere ao ambiente natural ou antropizado, em que houve modificações realizadas pela sociedade. Segundo Bertrand (1968) o termo paisagem é resultado da combinação dinâmica entre elementos físicos, biológicos e antrópicos em um determinado espaço. Nessa linha de raciocínio, a cobertura vegetal e os usos da terra serão analisados no presente trabalho considerando uma perspectiva espaço-temporal.

Para analisar a paisagem e suas alterações as geotecnologias, como o sensoriamento remoto e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), são ferramentas indispensáveis, visto que agregam informações espaciais multivariadas, que podem ser ponderadas sob uma ótica dinâmica.

Nessa perspectiva, a “modificação dos componentes da paisagem causa diversos impactos ao ambiente, pois a cobertura vegetal natural é o primeiro elemento a ser alterado, quando não suprimido por completo, constituindo um importante indicador das condições ambientais de uma região” (Neves et al., 2014). Sendo que essa redução ocasiona a fragmentação, cuja vegetação natural é interrompida por barreiras antrópicas as quais impactam diretamente na redução do fluxo de processos naturais, comprometendo funções básicas dos ecossistemas (Cemin et al., 2005).

2. Objetivo

Objetivou-se neste estudo analisar a dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra para identificação de mudanças na paisagem nas áreas não inundáveis do Pantanal de Cáceres/MT, visando à geração de subsídios para a conservação ambiental.

3. Material e Métodos

3.1 Área de estudo

Silva e Abdon (1998) delimitaram como Pantanal no Brasil toda área contínua inserida na Bacia do Alto Paraguai, sujeita a inundações periódicas inter e intra-anual. A área úmida na Bacia do Alto Paraguai é denominada de Pantanal mato-grossense, correspondendo a uma área territorial de 138.183 km², dos quais 48.865 km² estão situados no estado de Mato Grosso.

A sub-região do Pantanal de Cáceres (**Figura 1**) localiza-se na região sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso (Mato Grosso, 2012), totalizando uma área territorial de 13.927,02 km², sendo que destas 3.729,88 Km² correspondem a área não-alagável (Neves, 2006; Neves et al., 2008; Neves et al., 2009).

2. Objetivo

Objetivou-se neste estudo analisar a dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra para identificação de mudanças na paisagem nas áreas não inundáveis do Pantanal de Cáceres/MT, visan-

do à geração de subsídios para a conservação ambiental.

3. Material e Métodos

3.1 Área de estudo

Silva e Abdon (1998) delimitaram como Pantanal no Brasil toda área contínua inserida na Bacia do Alto Paraguai, sujeita a inundações periódicas inter e intra-anual. A área úmida na Bacia do Alto Paraguai é denominada de Pantanal mato-grossense, correspondendo a uma área territorial de 138.183 km², dos quais 48.865 km² estão situados no estado de Mato Grosso.

A sub-região do Pantanal de Cáceres (Figura 1) localiza-se na região sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso (Mato Grosso, 2012), totalizando uma área territorial de 13.927,02 km², sendo que destas 3.729,88 Km² correspondem a área não-alagável (Neves, 2006; Neves et al., 2008; Neves et al., 2009).

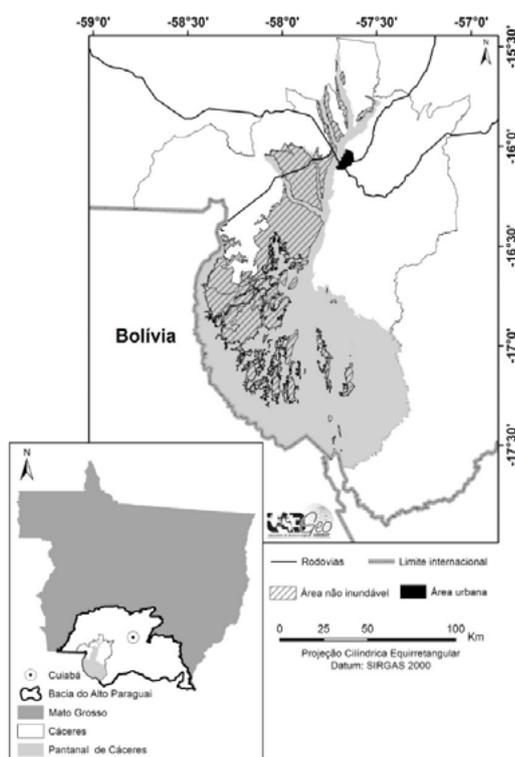


Figura 1: Áreas não-inundáveis do Pantanal de Cáceres/MT, contido na Bacia do Alto Paraguai.

3.2 Procedimentos metodológicos

Utilizou-se imagens do satélite Landsat-5 *Thematic Mapper* (TM) dos anos de 2005, e do satélite Landsat-8, sensor *Operational Land Imager* (OLI) do ano de 2015, referente as órbitas/pontos 227/71, 227/72, 228/71 e 228/72 do mês de outubro, período úmido (outubro a março) para melhor delimitação das áreas não inundáveis, obtidas no sítio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE e no sítio do *United States Geological Survey* (USGS, 2013).

As imagens do satélite Landsat-5 do ano de 2005 foram georreferenciadas, recortadas, segmentadas e classificadas no Spring, versão 5.3 (Câmara et al., 1996). Sendo que nestas para a segmentação foi utilizado a similaridade de 10 e área de 10 (pixel com semelhanças) e os limiares 100/100 enquanto aplicou-se 20 e área de 20 (pixel com semelhanças) e os limiares

100/100 para as imagens do ano de 2015. A segmentação foi pautada na utilização do método de crescimento de regiões e o interpolador Bhattacharya.

Para a definição das classes temáticas de cobertura vegetal e uso da terra foram adotadas as utilizadas no Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO (Brasil, 2004) e as sugeridas no Manual técnico da vegetação brasileira (IBGE, 2013). Os arquivos vetoriais da classificação foram exportados para edição e quantificação no ArcGis, versão 10.4.1 (Esri, 2016).

Para a elaboração e a geração dos mapas do Índice de Transformação Antrópica (ITA) foram calculados a partir dos valores de área (%) dos mapas de cobertura vegetal e uso da terra. O ITA (Fórmula 1) foi desenvolvido por Lèmechev e aplicado por Mateo (1984), Vicens (1997) e Teixeira (2003), em estudos geoecológicos, cujo objetivo é quantificar a pressão antrópica sobre algum componente do meio ambiente, como em áreas de proteção ambiental, bacias hidrográficas ou parques nacionais (Rocha e Cruz, 2009).

$$\text{ITA: } \sum (\% \text{ USO} * \text{PESO})/100 \quad (1)$$

Onde: uso = área em valores percentuais da classe de uso e cobertura vegetal; e peso = peso dado aos diferentes tipos de uso e cobertura quanto ao grau de alterações antrópicas.

O peso varia de 1 a 10, em que 10 indica as maiores pressões. Cruz et al. (1998) classificaram o ITA em: pouco degradada (0 - 2,5), regular (2,5 - 5), degradada (5 - 7,5) e muito degradada (7,5 - 10). A **tabela 1** apresenta os pesos do ITA de acordo com as classes de uso da terra encontrados. Por meio do método Delphi, foram atribuídos pesos de acordo com as classes de uso (Nogueira et al., 2001).

Para a geração dos mapas temais foi utilizado o software ArcGis 10.4.1 (Esri, 2016) onde foram empregadas as ferramentas *Extract by mask* e *Raster Calculator*. Aplicando-se nas bandas 10 (infravermelho termal) do Landsat-8 e as bandas 6 (infravermelho termal) do Landsat-5 de cada imagem das mesmas órbitas/pontos utilizados para a geração dos mapas de usos e cobertura vegetal. Os procedimentos de recorte e conversão dos níveis de cinza para radiância foi por meio da fórmula 2.

$$L\lambda = ML * Q_{cal} + AL \quad (2)$$

onde:

$L\lambda$ = Radiância Espectral do sensor de abertura em Watts/(m² sr μm);

ML = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04;

AL = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000;

Q_{cal} = Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10.

A obtenção dos valores de radiâncias foi através da aplicação da fórmula 3 para a aquisição dos diferentes níveis de temperatura das imagens.

$$T = K2 / (\ln(K1/L\lambda + 1)) \quad (3)$$

Sendo:

T: Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K);

K2: Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K);

K1: Constante de calibração 1 = 774.89 (K);

$L\lambda$: Radiância espectral em Watts/ ($W m^{-2} sr^{-1}$).

Após a conclusão das etapas citadas os valores de temperatura em Kelvin foram convertidos em graus Celsius ($^{\circ}C$) a partir da fórmula 4.

$$T_c = T_k - 273,15 \quad (4)$$

onde:

T_c : Temperatura em Celsius

T_k : Temperatura em Kelvin.

Para o estabelecimento das análises e discussão os resultados obtidos foram confrontados com a literatura referente ao tema, conforme proposto por Marconi e Lakatos (2007).

4. Resultados e Discussão

A interpretação das imagens orbitais permitiu classificar a área de estudo em dezoito classes temáticas, sendo que quatorze pertence às formações vegetais, três aos usos antrópicos e uma a água (**Tabela 1**).

Tabela 1. Cobertura vegetal e usos da terra do Pantanal de Cáceres, nos anos de 2005 e 2015.

	Formação	Legenda	2005		2015	
			km ²	%	km ²	%
Formações vegetais	Floresta Estacional Semi-Decidual Aluvial	Fa	138,49	3,71	132,18	3,54
	Floresta Estacional Semi-Decidual Terras Baixas	Fb+Vs	4,74	0,13	0,84	0,02
	Área de Tensão Ecológica Floresta Estacional Semi-Decidual/Formação Pioneiras	NPt	0,23	0,01	0,06	0,00
	Vegetação com Influência Fluvial e/ou Lacustre	Pa	0,45	0,01	0,43	0,01
	Savana Arborizada com Presença de Savana Florestada	Sa+Sd	1,83	0,05	-	-
	Savana Arborizada com Presença de Savana, Gramíneo-lenhosa	Sa+Sg	180,09	4,83	165,02	4,42
	Savana Arborizada sem Floresta-de-Galeria	Sas	1.705,17	45,72	1.232,51	33,04
	Savana Florestada	Sd	185,78	4,98	172,00	4,61
	Savana Florestada com Presença de Savana Arborizada	Sd+Sa	245,41	6,58	237,41	6,37
	Savana Gramíneo-Lenhosa com Presença de Savana Arborizada	Sg+Sa	92,75	2,49	181,06	4,85
	Savana Gramíneo-Lenhosa com Presença de Savana Florestada	Sg+Sd	2,50	0,07	1,77	0,05
	Savana Gramíneo-Lenhosa sem Floresta-de-Galeria	Sgs	125,29	3,36	109,32	2,93
	Savana/Floresta Estacional Decidual	SNt	26,19	0,70	-	-
	Savana/Savana Estépica Arborizada	STt	508,46	13,63	480,80	12,89
	Usos Antrópicos	Influência Urbana	Iu	0,05	0,00	0,10
Pastagem Plantada na Região de Floresta Estacional Semi-Decidual Aluvial		Ap+Fa	0,51	0,01	0,39	0,01
Pastagem Plantada com Presença de Vegetação Secundária		Ap+Vs	462,90	12,41	1.003,32	26,90
Água	Massas d'água (lagos)	Água	49,02	1,31	12,68	0,34
	Área total das classes		3.729,88	100	3.729,88	100

A avaliação da cobertura vegetal e dos usos da terra na área de estudo relativas aos anos de 2005 e 2015 (**Figura 2**) possibilitaram o entendimento das mudanças ocorridas na paisagem relativas ao desmatamento da vegetação nativa da área de estudo, e os impactos causados por essa ação permitindo sua comparação.

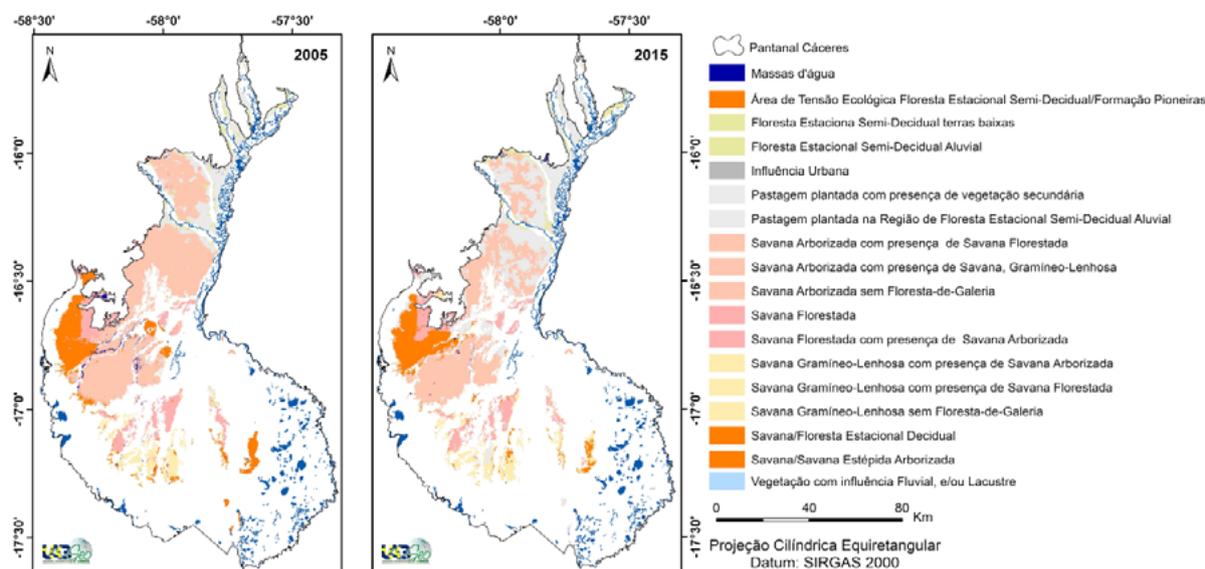


Figura 2: Cobertura vegetal e usos das terras nas áreas não inundáveis do Pantanal de Cáceres/MT, nos anos de 2005 e 2015. Fonte: LABGEO UNEMAT, 2016.

As classes Floresta Estacional Semi-Decidual Aluvial e Vegetação com influência Fluvial e/ou Lacustre, são caracterizadas como formações florestais ribeirinhas que ocupam as acumulações fluviais, com decidualidade parcial nas espécies arbóreas mais altas, embora a sua maioria apresente folhagem sempre verde (IBGE, 2013). A Vegetação com influência Fluvial e/ou Lacustre apresentou em 2015 redução de 4,45% em comparação ao ano de 2005 enquanto a Floresta Estacional Semi-Decidual Aluvial, que está distribuída ao longo de córregos e dos rios Paraguai, Cabaçal, Jauru e Sepotuba, decresceu 4,53% no ano de 2015, fato que pode ser atribuído ao crescimento da pecuária, pois resultados semelhantes foram descritos por Miranda et al. (2013), que verificou uma redução da Floresta Aluvial devido o desenvolvimento da pecuária e agricultura na região sudoeste mato-grossense.

A classe Floresta Estacional Semi-Decidual Terras Baixas que possui vegetação com características semelhantes à Floresta Estacional Semi-Decidual Aluvial e a Vegetação com Influência Fluvial e/ou Lacustre na classificação supervisionada apresentou comportamento espectral próximo às mesmas, apresentando redução de 82,29%.

Os Ecótonos representam o contato entre duas ou mais regiões fitoecológicas e que se manifestam na forma de interpenetrações de espécies numa mesma área (Veloso et al., 1991). Na área investigada são de três tipos: Área de Tensão Ecológica Floresta Estacional Semi-Decidual/Formação Pioneiras, Savana/Floresta Estacional Decidual e Savana/Savana Estépica Arborizada, ocupando locais onde ocorrem interpenetração de formações de diferentes regiões fitoecológicas. Foi baixo o decréscimo dessas formações no período de pesquisa, pois por estarem localizadas próximas às de maior declive os Ecótonos não tem suas áreas utilizadas para desenvolvimento de atividades antrópicas. Silva et al. (2010) verificaram, assim como nesse estudo, que áreas de contatos florísticos no estado de Mato Grosso no ano de 2004 sofreram pouca alteração.

As Savanas caracterizam-se pela dominância compartilhada das sinúsias arbórea e herbácea, constituída por árvores de porte médio ou baixo (de 3 a 10 m), em geral espaçadas e com copas amplas, de esgalhamento baixo e a sinússia herbácea é praticamente contínua, formando um tapete entre as árvores e arbustos (IBGE, 2013). Essas características favorecem o desmate para a atividade econômica mais significativa na região, a agropecuária e no Pantanal para a pecuária.

Houve a extinção da classe Savana Arborizada com Presença de Savana Florestada devido ao mapeamento, recorte e classificação da área de estudo que desconsiderou formações vegetais de áreas menores de dois algarismos pós-vírgula, e o decréscimo nas classes Savana Arborizada com presença de Savana, Gramíneo-Lenhosa (8,37%), Savana Arborizada sem Floresta-de-Galeria (27,72%), Savana Florestada (7,42%), Savana Florestada com presença de Savana Arborizada (3,26%), Savana Gramíneo-Lenhosa com Presença de Savana Florestada (29,27%) e Savana Gramíneo-Lenhosa sem Floresta-de-Galeria (12,75%).

Enquanto que a classe Savana Gramíneo-Lenhosa com Presença de Savana Arborizada mostrou crescimento de 95,21% ocupando áreas de outras formações de Savana que foram desmatadas para a atividade agropecuária.

Dentre as classes de vegetação e uso antrópico dessa pesquisa, as relativas aos usos antrópicos foram as que mais cresceram na área não inundável do Pantanal de Cáceres, sendo as responsáveis pelas maiores transformações na paisagem no período investigado. As classes de uso são: Pastagem plantada na Região de Floresta Estacional Semi-Decidual Aluvial (porção norte) e Pastagem Plantada com Presença de Vegetação Secundária (porção norte e central). Mostrando que o desenvolvimento da pecuária que representou 13,5% de todo PIB setorial do estado Mato Grosso (Mato Grosso, 2012) o que causou considerável redução na cobertura vegetal nativa da região.

A classe de influência urbana apresentou crescimento de 100,10% de 2005 para 2015, mostrando a expansão urbana do município de Cáceres na área de estudo nos últimos anos conforme constatado também por Cochev et al. (2009).

Os corpos d'água mapeados apresentaram decréscimo de 0,97% do total de área que pode ser atribuído a diminuição das chuvas e o aumento na temperatura constatados na **Figura 3** provocadas pelo fenômeno *El Niño* que estava em curso durante a aquisição de dados da pesquisa, que reduziram as massas das lagoas perenes.

Conforme analisado na **Tabela 2** os resultados do ITA apresentaram uma correspondência mostrando que as áreas de maior índice de transformações antrópicas formaram as de uso antrópico: Influência Urbana, Pastagem Plantada na Região de Floresta Estacional Semi-Decidual Aluvial e Pastagem Plantada com Presença de Vegetação Secundária. Apesar de todas as classes serem classificadas como pouco degradadas segundo a classificação de níveis adotadas por Cruz et al. (1998), elas mostram que se os impactos das atividades realizadas se mantiverem em níveis médios de crescimento anual tendem a se tornar degradadas em aproximadamente 37 anos.

Tabela 2: Resultados do ITA para cobertura vegetal e usos da terra do Pantanal de Cáceres, nos anos de 2005 e 2015.

	Formação	Legenda	Peso	2005		2015	
				Área (%)	ITA	Área (%)	ITA
Formações vegetais	Floresta Estacional Semi-Decidual Aluvial	Fa	1	3,71	0,037	3,54	0,035
	Floresta Estaciona Semi-Decidual Terras Baixas	Fb+Vs	1	0,13	0,001	0,02	0,000
	Área de Tensão Ecológica Floresta Estacional Semi-Decidual/Formação Pioneiras	NPt	1	0,01	0,000	0,00	0,000
	Vegetação com Influência Fluvial e/ ou Lacustre	Pa	2	0,01	0,000	0,01	0,000
	Savana Arborizada com Presença de Savana Florestada	Sa+Sd	1	0,05	0,000	-	0,000
	Savana Arborizada com Presença de Savana, Gramíneo-lenhosa	Sa+Sg	1	4,83	0,048	4,42	0,044
	Savana Arborizada sem Floresta-de-Galeria	Sas	1	45,72	0,457	33,04	0,330
	Savana Florestada	Sd	1	4,98	0,050	4,61	0,046
	Savana Florestada com Presença de Savana Arborizada	Sd+Sa	1	6,58	0,066	6,37	0,064
	Savana Gramíneo-Lenhosa com Presença de Savana Arborizada	Sg+Sa	1	2,49	0,025	4,85	0,049
	Savana Gramíneo-Lenhosa com Presença de Savana Florestada	Sg+Sd	1	0,07	0,001	0,05	0,000
	Savana Gramíneo-Lenhosa sem Floresta-de-Galeria	Sgs	1	3,36	0,034	2,93	0,029
	Savana/Floresta Estacional Decidual	SNt	1	0,70	0,007	-	0,000
	Savana/Savana Estépica Arborizada	STt	1	13,63	0,136	12,89	0,129
	Usos Antrópicos	Influência Urbana	Iu	9.7	0,00	0,000	0,00
Pastagem Plantada na Região de Floresta Estacional Semi-Decidual Aluvial		Ap+Fa	2	0,01	0,000	0,01	0,000
Pastagem Plantada com Presença de Vegetação Secundária		Ap+Vs	6	12,41	0,745	26,90	1,614
Água	Massas d'água (lagos)	Água	2	1,31	0,026	0,34	0,007
Resultado do ITA				100%	1,634	100%	2,349

Em decorrência de tais alterações constatou-se um aumento de 0,99°C na temperatura máxima em 2015, em relação a 2005 (**Figura 3**), e um aumento de 0,58°C na temperatura mínima. Sendo que os focos de maior aumento de temperatura são coincidentes com as áreas de maiores Índices de Transformação Antrópica (ITA) nas classes, que além de serem atribuídos a esses fatos podem ter ligações com o fenômeno *El Niño*.

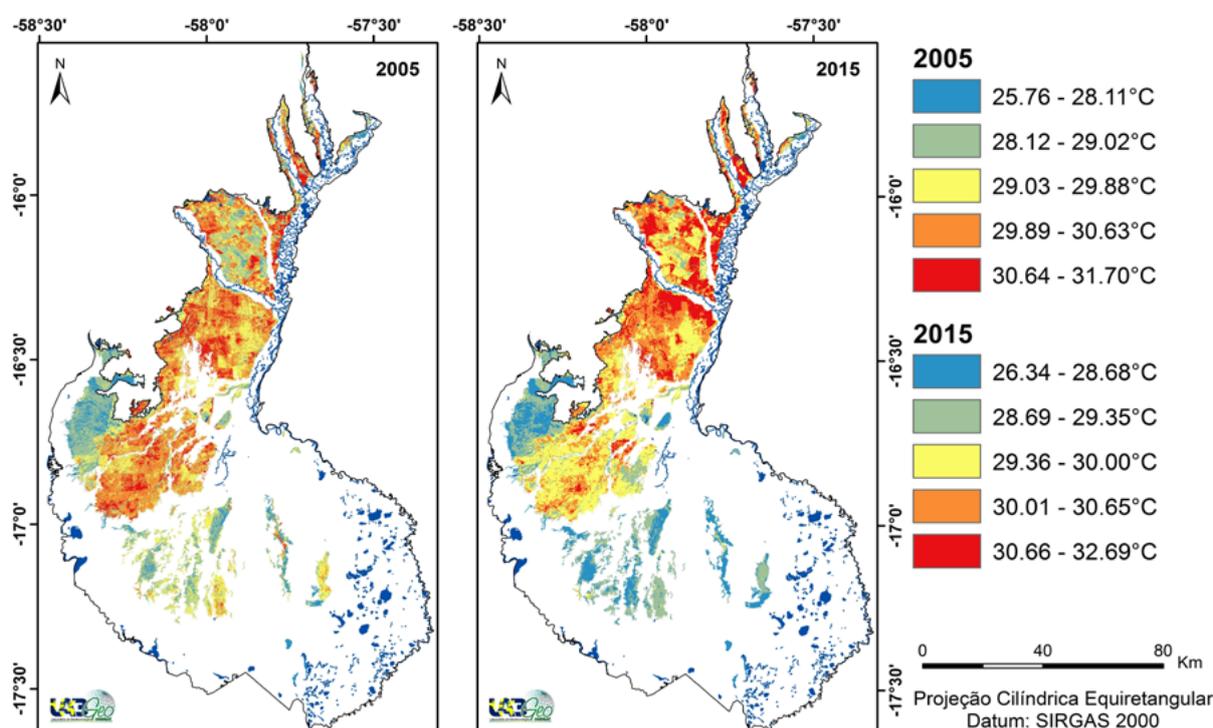


Figura 3: Comportamento da temperatura superficial nas áreas não inundáveis do Pantanal de Cáceres/MT, nos anos de 2005 e 2015. Fonte: LABGEO UNEMAT, 2016.

Nessa perspectiva, o aumento de temperatura por redução e/ou supressão da cobertura vegetal pode ser justificado, considerando o exposto por Santos (2011) de que as quantidades de radiação solar que chegam à superfície abaixo da copa são reduzidas, uma vez que parte da radiação incidente é absorvida pelas folhas e outra fração é refletida para atmosfera. Assim pode-se afirmar que o desmate na área de estudo pode ser um dos fatores decisivos causando aumentos na temperatura superficial.

Nesse viés, Malcom e Markham (2000) demonstraram em seus estudos que altas taxas de aquecimento podem gerar perda de ambientes favoráveis para os ecossistemas, além da extinção de espécies e declínio da biodiversidade, visto que muitas espécies poderiam não se adaptar o suficiente para enfrentar o aquecimento. E que algumas espécies que vivem em ambientes fragmentados ou aquelas que moram próximos ou rodeados de corpos d'água, cidades e agricultura são as que podem enfrentar maior risco.

5. Conclusões

Concluiu-se que a supressão da vegetação nativa para uso das áreas no desenvolvimento de atividades econômicas, principalmente a pecuária, implicam em diversos tipos de impactos, sendo um deles o aumento da temperatura superficial, que pode ocasionar desequilíbrios à biodiversidade do Pantanal de Cáceres.

6. Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico- CNPq pela bolsa de Iniciação Científica-PIBIC.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pela concessão da bolsa de mestrado da segunda autora deste trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso pela bolsa de Iniciação ao Extencionismo.

Ao projeto de pesquisa "Análise temporal do uso da terra para definição de cenários de

mudanças da paisagem natural por investigações da natureza humana no Pantanal de Cáceres/MT”, financiado pelo Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso-FAPEMAT.

7. Referências

Bertrand, G. Paysageetgeographie Physique Globale: esquisse méthodologique. **Revue Géographique des Pyrénées Du Sud-Ouest**, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto Probio**. Avaliação e ações para a conservação da biodiversidade nos biomas Cerrado e Pantanal, 1999. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/Sumario%20Cerrado-Pantanal.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2016.

Cemin, G.; Périco, E.; Rempel, C. Uso de Sistemas de Informação Geográfica para análise da estrutura da paisagem do município de Arvorezinha, RS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XII, 2005, Goiânia. **Anais...** São José dos Campos/SP: INPE, 2005, p. 2113-2120. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://mar.te.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.19.21.06/doc/2113.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2005.

Câmara, G.; Souza, Freitas, R. C. M.; Garrido U. M. J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object oriented data modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

Cruz, C. B. M.; Teixeira, A. J. A.; Barros, R. S.; Argento, M. S. F.; Mayr, L. M.; Menezes, P. M. L. Carga Antrópica da Bacia Hidrográfica da Baía de Guanabara. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9., Santos/SP. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1998. p. 99-109. Disponível na biblioteca digital URLib:<http://mar.te.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.11.15/doc/4_48p.pdf>. Acesso em: 18 set. 1998.

Cochev, J. S., Neves, S. M. A. S., Neves, R. J., Casarin, R., Campos, J. M. Análise espaço-temporal do uso do solo de Cáceres, MT, através de imagens de sensoriamento remoto e SIG. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2., 2009, Corumbá/MS **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 765-775. Disponível na biblioteca digital URLib: <<https://www.geopantanal.cnpia.embrapa.br/2009/cd/p66.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2009.

Esri. **ArcGis 10.4.1** Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA. 2016.

Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013. p. 9- 49.

Mato Grosso (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Plano de Longo Prazo de Mato Grosso: macro-objetivos, metas globais, eixos estratégicos e linhas estruturantes. In: Prado, J. G. B.; Bertchiel, R.; Oliveira, L. G. (Orgs). **Plano de Longo Prazo de Mato Grosso**. Cuiabá/MT: Central de Texto, 2012. 108p. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://www.seplan.mt.gov.br/mt20/mt20.htm>>. Acesso em: 22 fev. 2014.

Marconi, M. A.; Lakatos, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007. 315p

Rodrigues, M. J. **Apuntes de Geografía de Los Paisajes**. La Habana: Universitaria, 1984. 194p.

Miranda, M. R. S.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J. Análise subsidiada nas tecnologias, do uso da terra e da cobertura vegetal na região sudoeste mato-grossense, contida na Bacia Amazônica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz do Iguaçu/PR. **Anais...** São José dos Campos/SP: INPE, 2013, p. 7571-7577. Disponível na biblioteca digital URLib: <www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0462.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2013.

Malcolm, J.; Markham, A. **Global Warming and Terrestrial Biodiversity Decline**. Local: WWF, 2000. 56p.

Neves, L. F. S.; Neves, S. M. A. S.; Canale, G. R. Análise da fragmentação de cerrado na bacia hidrográfica do rio Aguapéi, Porto Esperidião (MT): um estudo de caso a partir das geotecnologias e métricas da paisagem. **Ateliê Geográfico**, v. 8, n. 2, p. 130-149, 2014.

Neves, S. M. A. S.; Cruz, C. B. M.; Neves, R. J. Operacionalização de propostas de zoneamento turístico do Pantanal de Cáceres/MT, com suporte nas geotecnologias. **Revista Ciência Geográfica**, Bauru/SP, v. 18, n.1, p. 76-86, 2008.

Nogueira, C. R., Cruz, M. B. C, Agarez, V. F., Vicens, S. R. Classificação de bacias hidrográficas em tabuleiros costeiros através de indicadores provenientes de sensoriamento remoto – estudo de caso em Linhares e Sooretama, ES. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos/SP: INPE, 2001. p. 955-958. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.12.50/doc/0955.958.189.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2001.

Rocha, S. P.; Cruz, C. B. M. Aplicação do ITA na análise espaço-temporal do entorno da BR-101 nos municípios de Angra dos Reis e Parati. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Foz do Iguaçu/SP. **Anais...** São José dos Campos/SP: INPE, 2009, p. 1505-1512. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.11.11.39/doc/1505-1512.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2009.

Silva, J. S. V.; Abdon, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária brasileira, Brasília**, v. 33, Número Especial, p. 1703-1711, 1998.

Silva, A. M.; Silva, J. S. V.; Luciano, A. C. S. Distribuição dos contatos florísticos e refúgios vegetacionais no Pantanal brasileiro. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Cáceres, MT, 16-20, 2010, Cáceres. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2010. p. 352-362. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/23276/1/p273.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2010

Santos, T. O. **Identificação de ilhas de calor em Recife-PE por meio de sensoriamento remoto e dados meteorológicos de superfície**. 2011. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

Teixeira, A. J. A. **Classificação de bacias de drenagem com o suporte do Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento** – O caso da Baía de Guanabara. 2003. 156f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

Usgs. **United States Geological Survey**, 2016. Disponível em: <<http://landsat.usgs.gov>>. Acessado em: 07 jul. 2013.

Vincens, R. S. **O transporte de sedimentos em suspensão como parte da análise ambiental da bacia hidrográfica do rio Mazomba**. 1997. 117f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p.



Influência do processo de inundação do Rio Paraguai na região da Barra do São Lourenço, Pantanal

Tayrine Pinho de Lima Fonseca ¹

Aguinaldo Silva ²

Beatriz Lima de Paula Silva ²

Luciana Escalante Pereira ³

Edson Rodrigo dos Santos da Silva ⁴

Maxwell da Rosa Oliveira ⁵

¹ Mestranda em Estudos Fronteiriços, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS-CPAN, Corumbá, MS, Brasil
tayrine.fonseca@hotmail.com

² Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS-CPAN
Corumbá, MS, Brasil
{beatrizlpaula, aguinald_silva} @yahoo.com.br

³ Laboratório de Geoprocessamento, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS-CPAN, Corumbá, MS, Brasil
l.escalante.pereira@gmail.com

⁴ Graduação em Geografia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS-CPAN
Corumbá, MS, Brasil
edson_r_silva@yahoo.com

⁵ Graduação em Biologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS-CPAN, Corumbá, MS, Brasil
max.oliveira2102@gmail.com

Resumo. O ciclo de chuvas condiciona o pulso anual de inundação. As inundações periódicas anuais são ocasionadas com a baixa declividade associada às chuvas periódicas na cabeceira do rio dificultando o escoamento das águas. O elemento primordial que retarda o escoamento das águas superficiais é a geomorfologia local na região do Amolar. Nas proximidades da região do Amolar instalou-se a Comunidade da Barra do São Lourenço, onde residem aproximadamente 23 famílias na região tendo seu modo de vida regido pelo ir e vir das águas do rio Paraguai como: cheia e seca. Por tal motivo, o objetivo do trabalho é avaliar como o processo de inundação influencia na região da Barra São Lourenço, no Pantanal a partir do uso da geotecnologia e verificação á campo. O estudo utilizou-se da imagem de satélite LandSat-8 adquirida no site U.S. Geological Survey (USGS) no período de junho e outubro de 2014. As imagens LandSat-8 foram processadas com técnicas de sensoriamento remoto no software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) SPRING versão 5.3. As classes analisadas foram: água, vegetação, gramínea, área úmida. A partir da interpretação dos mapas temáticos e de visitas a campo nota-se que em período de cheias, a comunidade encontra-se em estado de vulnerabilidade socioambiental devido a diminuição de terra firme nas redondezas das moradias, escassez de alimento decorrente à falta de terra para o cultivo de subsistência, diminuição do terreno para os animais domésticos e também ficam expostos à animais peçonhentos.

Palavras-chave: geotecnologia, inundação, vulnerabilidade socioambiental, Pantanal.

Abstract. The cycle of rainfall modulates the annual flood pulse. Annual periodic flooding is caused by low slope associated with periodic rains in the headwaters hindering the flow of water. The primary feature that slows the flow of surface water is the local geomorphology in Amolar region. Near the Amolar region, the community of Barra do São Lourenço was settled and has approximately 23 families today living a way of life governed by the coming and going of the waters of the Paraguay River: flood and drought. The objective of this study is to assess the influence of floods in the region of Barra do São Lourenço, in the Pantanal based on geotechnology and verification in the field. The study used the Landsat-8 satellite image acquired on the US Geological Survey (USGS) website between June and October 2014. The Landsat-8 images were processed with remote sensing techniques in SPRING version 5.3. The analyzed classes were water, vegetation, grass, and wetland. The interpretation of thematic maps and field visits showed that during floods, the community is in a social and environmental state of vulnerability due to reduction of land in the vicinity of housing, food shortages due to lack of land for subsistence farming, reduction of land for domestic animals, and exposure to venomous animals.

Key-words: Geotechnology, flood, environmental vulnerability, Pantanal.

1. Introdução

O Pantanal localizado no centro da América do Sul abrangendo os países Bolívia e Paraguai é considerado um ambiente de constantes transformações, refletindo um cenário controlado pelo regime de chuvas. Conforme, Silva (1998) o Pantanal é considerado a maior planície contínua de alagamento de águas interiores ocupando aproximadamente 138,138 km², compreendendo 16 municípios brasileiros, distribuídos no Estado de Mato Grosso 48,865 km² e 89,318 km² no Estado de Mato Grosso do Sul.

O ciclo de chuvas em toda a Bacia do Alto Paraguai (BAP) condiciona o pulso anual de inundação, principalmente durante os meses de setembro-janeiro no norte do Pantanal e novembro-março na porção sul (Mourão, 2002). De acordo com Resende (2004) pulso de inundação “é uma forma científica de se falar do processo anual de enchente e seca que ocorre a cada ano no Pantanal” visto que, periodicamente as planícies são acopladas e desacopladas do rio principal (Junk & Wantzen, 2004).

As inundações periódicas anuais são ocasionadas com a baixa declividade associada às chuvas periódicas na cabeceira do rio, interligada com a litologias sedimentares recentes, dificultando o escoamento das águas (Mourão, 2002). Entretanto, o elemento primordial que retarda o escoamento das águas superficiais é a geomorfologia local, formando o controle geológico da região do Amolar (Resende, 2004). Conforme, a autora citada anteriormente, a região do Amolar:

“tem grande concentração de lagoas e/ou “baías” no anteparo formado pelo alinhamento serra do Amolar que funciona como uma barragem natural ao escoamento das águas de superfície, formando-se no local uma das zonas mais alagadas do Pantanal, constituindo uma das áreas mais piscosas da região”.

Com a variedade piscosas na região tornou-se atrativo para população ribeirinha que instalou nas proximidades da região do Amolar denominando como Comunidade da Barra do São Lourenço. A denominação da comunidade ribeirinha tem o nome de um afluente do rio Cuiabá, entretanto, sua localização é a margem esquerda do rio Paraguai, logo abaixo da confluência com rio Cuiabá (Siqueiar, 2015).

Segundo, Zanatta (2010) a comunidade originou-se em uma propriedade particular denominada Acurizal, contudo, em 1996 a propriedade foi vendida a Fundação de Apoio à Vida nos Trópicos – ECOTRÓPICA, tornando Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) com legado de conservação e preservação dos recursos naturais dos ecossistemas tropicais brasileiro. Diante da circunstância, houve a solicitação de retirada do povoado da propriedade particular e posteriormente o povoado apropriaram-se do espaço na margem esquerda do Rio Paraguai.

2. Objetivo

Analisar as consequências da inundação na região da Barra do São Lourenço, no Pantanal, com o auxílio de imagens de satélite e fotografias aéreas oblíquas dos períodos de cheias.

3. Material e Métodos

A extensa área da planície pantaneira possui períodos de inundações diferenciados devido às características do relevo, solo e vegetação, de acordo com Silva (1998), as variações de inundações do pantanal subdividem em 11 subregiões. A área de estudo encontra-se na subregião do Pantanal do Paraguai, na margem esquerda do rio Paraguai abaixo da confluência com o Rio Cuiabá (**Figura 1**). Conforme, Siqueira (2015) residem aproximadamente 23 famílias na área de estudo tendo seu modo de vida regido pelo o ir e vir das águas do rio Paraguai.

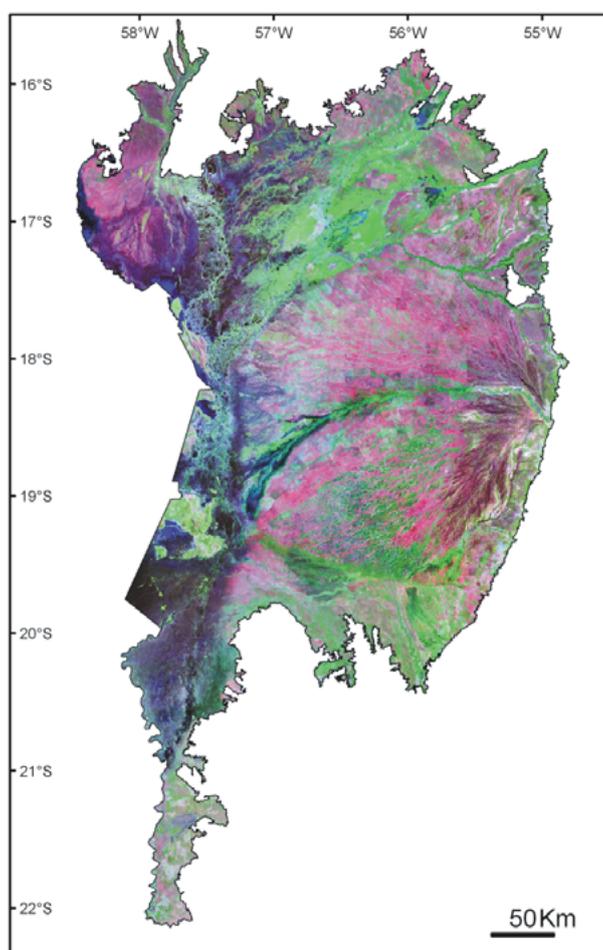


Figura 1 – Imagem de satélite do Pantanal Mato-Grossense, com destaque na imagem a comunidade da Barra do São Lourenço (amarelo) (composição falsa cor RGB 742 com pixel reamostrado para 15m a partir da fusão com a banda 8; fonte: mosaico NASA Geocover Sirgas 2000).

A subregião do Pantanal do Paraguai, onde esta localizada a comunidade da Barra do São Lourenço, corresponde a 5,9% da planície, em uma área de 8.147 km², a Oeste é fronteira Brasil/Bolívia e as morrarias Castelo e Amolar (Silva, 1998). A limitação da Serra do Amolar na planície pantaneira forma o gargalo Paraguai – Amolar, isto é, barreiras naturais que controlam o fluxo das águas norte – sul, moldando o atraso do pulso de inundação (ASSINE et al., 2015) esse controle natural, favorece para que a área onde esta localizada a comunidade permaneça inundada durante um longo período.

O estudo utilizou-se da imagem de satélite LandSat-8 adquirida no site U.S. Geological Survey (USGS) no período de junho e outubro de 2014. A determinação do período é resultante

do pico da cheia do Rio Paraguai em junho de 2014. Visando compreender as vulnerabilidades e a adaptação dos moradores em período de cheia.

O banco de dados geográficos foi criado no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), datum WGS-84, Órbita 227, Ponto 072. As imagens LandSat-8 foram processadas com técnicas de sensoriamento remoto no software de Sistema de Informação Geográfica (SIG) SPRING versão 5.3.

Para a determinação das classes temáticas das imagens. Primeiramente foi realizada a composição coloridas das bandas (B4, G5, R6) e posteriormente a segmentação que de acordo com a definição do INPE encontrada na literatura do SPRING consiste na “divisão da imagem em regiões que devem corresponder às áreas de interesse. Regiões é o conjunto de “pixels” contíguos, que se espalham bidirecionalmente e que apresentam uniformidade”. O procedimento da segmentação constou os valores de 20 de similaridade e 50 área (pixels). Ao concluir o procedimento de segmentação foi efetuada a classificação das imagens, de forma supervisionada, com o classificador Bhattacharya. As classes determinadas são: água, vegetação, gramínea, área úmida, na imagem foi acrescida a classe temática “nuvem” devido, a única imagem Landsat-8 disponível desse período conter a presença de algumas nuvens, mas não houve interferência no resultado do estudo.

Também realizou-se trabalho de campo durante o período úmido e seco para levantamento de informações complementares.

4. Resultados e Discussão

Nas coordenadas geográficas, latitude 17°54'38" e longitude 57°27'32" à margem esquerda do Rio Paraguai encontra-se a comunidade da Barra de São Lourenço assentada em um dique marginal. Os diques marginais são pequenas elevações que se estende paralelamente às margens dos rios proporcionam espaço para acomodação de pessoas, devido a facilidade de adquirir alimento para subsistência a partir da pesca artesanal e da abundância de nutrientes do solo ocasionada pelo ciclo de cheia e seca. Tornando uma área atrativa para formação do povoamento ribeirinho. Segundo Pinheiro (2012, p. 3), conceitua ribeirinho como:

“como caboclos que vivem às margens dos rios do qual tiram o seu principal sustento por meio da pesca artesanal. Cultivando pequenas roças, como a mandioca, a banana e as leguminosas para o consumo próprio e, não raramente, extraem vegetais da selva como o palmito”.

Como, o modo de vida das comunidades ribeirinhas é movido ao ir e vir das águas do rio Paraguai, proporciona costumes e saberes adaptados a localidade. Entretanto, mesmo adaptados ao ciclo sazonal da cheia e seca no Pantanal, os ribeirinhos vêm sofrendo impactos negativos das cheias.

De acordo Ramos (2005, pg. 71) “as cheias são fenômenos hidrológicos extremos devidos à dinâmica fluvial, isto é, existe uma cheia sempre que o rio transborda em relação ao seu leito ordinário”.

Ao longo do rio Paraguai e Cuiabá, existem diversas réguas para o monitoramento hidrológico e desta forma, prevenir o impacto da cheia. À norte da área de estudo localiza a régua de Bela Vista do Norte, que é utilizada pela comunidade para monitoramento da cheia. (**Figura 2**).

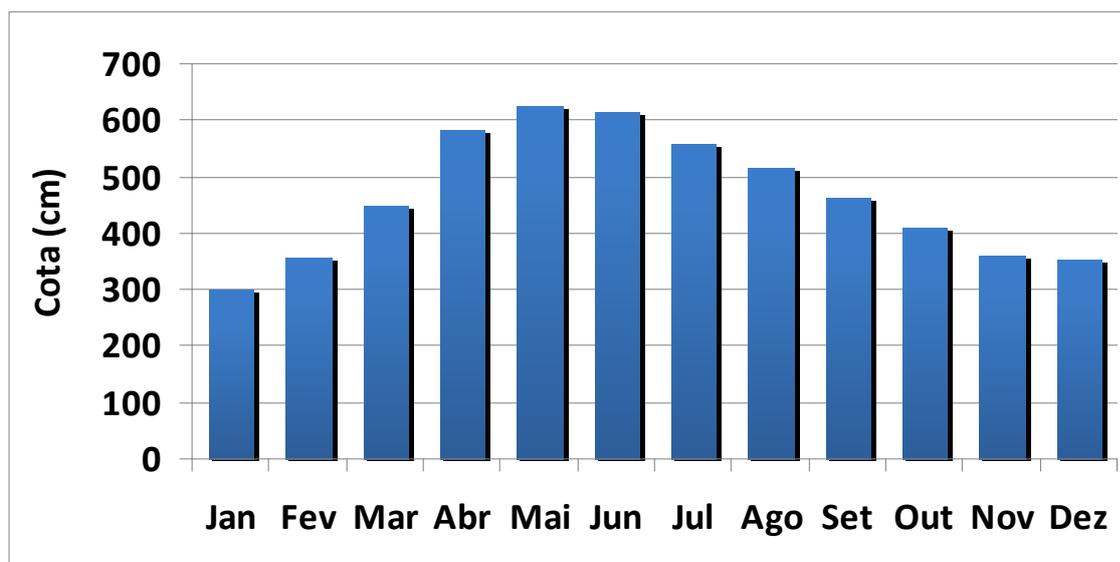


Figura 2 – Vazão Média Diária do Rio Paraguai registrada na estação de Bela Vista do Norte localizada a norte da área de estudo (Fonte: Serviço de Sinalização Náutica do Oeste)

Conforme, análise da Figura 2 nota-se que o pico da cheia na região ocorre após a estação chuvosa, fato resultante da chegada das águas da cabeceira do Rio Paraguai e afluentes. O ano de 2014 foi considerado um período de grande cheia na região, pelo gráfico é possível observar que o rio Paraguai atingiu uma cota máxima de 630 cm no mês de maio, permanecendo com a cota acima de 600 cm no mês de junho. Vale destacar que entre o mês de julho e agosto, o rio Paraguai manteve cota de 590 cm e 500 cm respectivamente, o que contribuiu para a vulnerabilidade da comunidade. Na figura 3 é possível observar parte da comunidade durante o período úmido e seco em 2014.

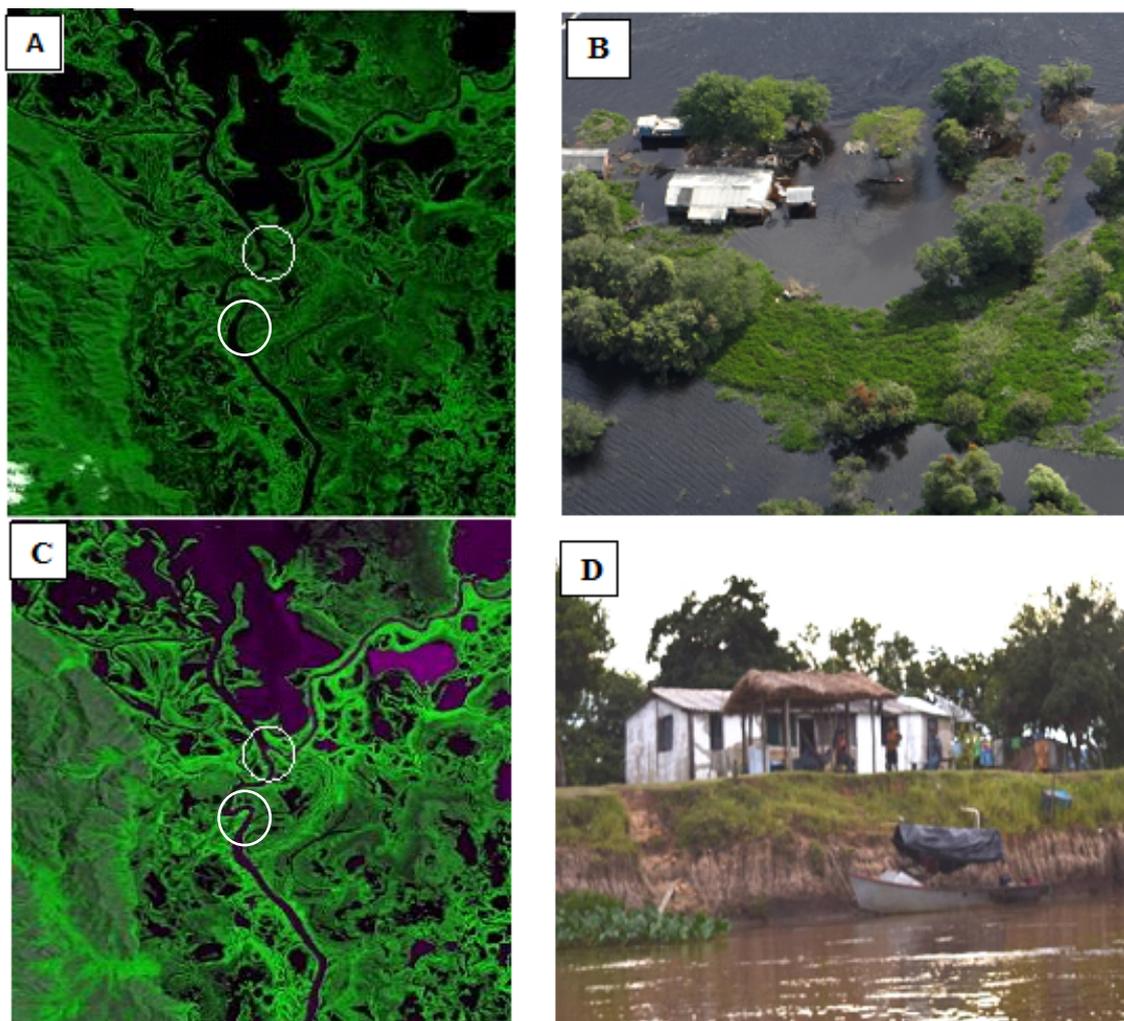


Figura 3 – (A) imagem do período úmido com destaque (circulo branco) da localização da comunidade (composição R6, G5, B4 de 24.06.14) e (B) parte da comunidade da Barra do São Lourenço durante período úmido registrada em 11/07/14. Na figura (C) imagem do período seco (composição R6, G5, B4 de 14/10/14) e (D) parte da comunidade durante o período seco registrada em 14/12/14.

Na **Figura 3** é possível observar o contraste na região entre o período úmido e seco. No período da imagem de satélite (A) e o registro feito durante o trabalho de campo (B) o rio Paraguai apresentava na régua de Bela Vista do Norte uma cota de 608 cm e 572 cm respectivamente. Em relação ao período seco (C) é possível observar que a região apresenta uma grande área úmida, apesar disso a comunidade por estar localizada em dique marginal não é afetada como verificado no trabalho de campo (D). De acordo com registros de Bela Vista de Norte, o rio Paraguai apresentava cota de 411 cm (C) e 350 cm (D).

Não foi possível obter imagem do mês de dezembro de 2014 da comunidade em decorrência da grande cobertura de nuvem, desta forma foi utilizada a imagem do mês 10/2014 período de estiagem na região.

Durante o sobrevoo na região da Serra do Amolar realizado no dia 11/07/14 foi possível registrar o impacto da cheia na comunidade da Barra do São Lourenço (**Figura 4**).



Figura 4 – Na figura em destaque (vermelho) a comunidade da Barra do São Lourenço durante a cheia de 2014. Registro efetuado em 11/07/14.

Na **Figura 4** é possível observar que apesar da comunidade estar localizada em um dique marginal. A comunidade é atingida pela cheia do rio Paraguai e também pelas águas do rio Cuiabá que atinge a parte de trás da comunidade, isolando os moradores dentro de suas moradias. Além dos impactos ocasionados pela inundação, a comunidade também tem seu território atingido pela erosão marginal o que vem colocando em risco as moradias e a escola da Barra do São Lourenço.

Durante o período de inundação algumas famílias buscam refúgios em áreas mais altas ou até mesmo abandonam suas moradias e se deslocam para Corumbá. Apesar de a comunidade estar perto da serra do Amolar, muitas áreas não podem ser ocupadas durante a cheia por serem Reservas Particulares do Patrimônio Natural – RPPN.

A partir da imagem de satélite do mês 06/2014 utilizada foi possível gerar mapa temático da região da comunidade da Barra do São Lourenço (**Figura 5**). Na figura apesar de ter uma grande área com cobertura vegetal, essas áreas encontram-se inundadas o que impossibilita a ocupação. As outras áreas conforme informado são áreas de preservação que não podem ser acessadas pela comunidade.

Como a cheia do ano de 2014 é considerada atípica com nível do rio além do normal, interferiu na vida ribeirinha e suas atividades como a coleta de isca, caranguejo, cultivo de arroz. Em relação ao bem estar, a comunidade também fica sujeita à perda de animais de estimação, gado, e às vezes, perda de materiais, e até mesmo de parte, das moradias, pois a maioria delas não é de palafitas.

O impacto da cheia no cotidiano dos ribeirinhos provoca à escassez de alimento devido à falta de terra para o cultivo de subsistência. A cheia também afeta a qualidade da água do rio devido à ocorrência da dequada e também por afetar a principal atividade econômica da comunidade que é a pesca.

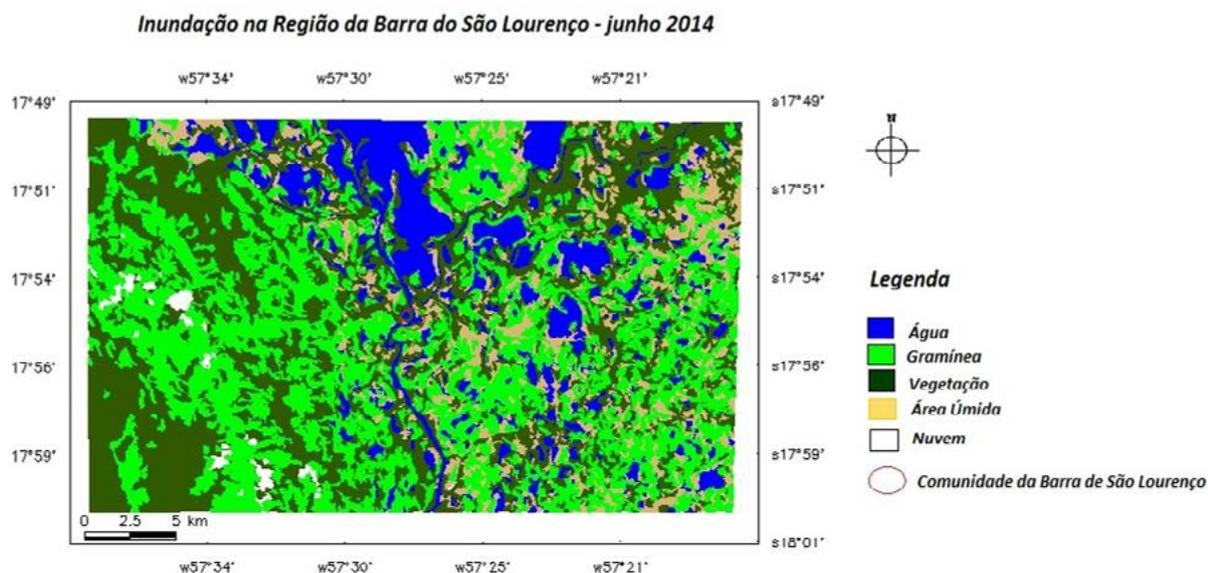


Figura 5 - Mapa temático da região da Serra do Amolar. Em destaque (círculo preto) a comunidade da Barra do São Lourenço.

5. Conclusões

A utilização de geoprocessamento é ideal para o mapeamento nas regiões de difícil acesso no Pantanal, contribuindo com informações para a gestão pública. Com essas ferramentas, é possível que o gestor público consiga monitorar por meio de cotas das réguas instaladas e simular e mapear até onde a cheia possa atingir. Dessa forma, auxilia, por exemplo, que a Defesa Civil do município apropria-se de algumas informações e possa atuar com a redução dos riscos e consequências que a cheia ocasiona nas comunidades ribeirinhas.

Com o auxílio das geotecnologias, é possível entender a dinâmica do rio Paraguai, podendo ser criado um sistema de alerta para minimizar os impactos negativos para as comunidades ribeirinhas e também para as fazendas e cidades localizadas nas proximidades de rios, por isso, a confirmação com os trabalhos de campo é de fundamental importância.

A Comunidade da Barra de São Lourenço é atingida com o ciclo das cheias, pois perdem parte de seus pertences, animais domésticos, hortaliças e alimentos produzidos por eles. Muitas vezes, a comunidade tem que se deslocar para áreas mais altas para se refugiar da cheias, isso causa alguns conflitos, pois a comunidade está localizada em regiões com área de Reservas de Particulares.

Seria interessante que o poder público, com o uso das geotecnologias e também a fiscalização nos locais, criasse um sistema de alerta com o monitoramento do ciclo das cheias a partir da régua localizada em Bela Vista Norte e também instalar novas réguas no rio Cuiabá. Além disso, o gestor do município poderia investir em construção de casas de palafitas para minimizar os custos com o atendimento e assistência quando a cheia atinge a comunidade da Barra do São Lourenço.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem o suporte institucional da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul - Câmpus do Pantanal, à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT (processo 083/2016), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (processos 447402/2014-5 e 448923/2014-9) e também pela bolsa de pesquisador (PQ2) para AS p (312.386/2014-1). Os autores também agradecem ao Comando do 6º Distrito Naval □ Marinha do Brasil e a Ecoa pelo apoio nos trabalhos de campo.

7. Referências Bibliográficas

- Assine, M.L.; MACEDO, H.A.; STEVAUX, J.C.; BERGIER, I.; PADOVANI, C.R.; SILVA, A. **Avulsive Rivers in the Hydrology of the Pantanal Wetland**. In: BERGIER, Ivan. ASSINE, Mario L. (Orgs.) Dynamics of Pantanal wetland in South America. New York: Springer, 2015, p.83-110.
- Ecoa. **Plano, Mitigação e Adaptação a Impactos de Eventos Climáticos Extremos no Pantanal**. Convenio MJ/SDE/FDD nº0084/2011. Flipsnack, 2014.
- Junk, W. J & WANTZEN, K.M 2004. **The flood pulse concept: New aspects approaches and applications – an update**. In: Proceeding of the Second Internacional Symposium on the Management of Large Rivers for Fisheries, Food and Agriculture Organizat, v. 2, p. 65-77.
- Mourão, Guilherme, et al. **“O Pantanal mato-grossense.”** Os sites e o Programa Brasileiro de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil (in Portuguese) (2002): 29-49.
- Pinheiro, T. T. **Um modo de produção no espaço do ribeirinho**: Um estudo do Distrito de Nazaré/RO. In: XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária. UFU, Uberlândia, MG: 2012.
- Ramos, Catarina. Programa de Hidrogeografia. **Linha de Investigação em Dinâmica Litoral e Fluvial - DILIF - 3** Centro de Estudos Geográficos Universidade de Lisboa – 2005.
- Rebello, F. **Riscos naturais e acção antrópica**. Coimbra: Imprensa da Universidade, 2003.
- Resende, Emiko Kawakami de. **OS CONTROLES GEOLÓGICOS E OS PULSOS DE INUNDAÇÃO NO PANTANAL**. ADM – Artigo de Divulgação na Mídia, Embrapa Pantanal, Corumbá-MS, n. 63, p.1-2. mai. 2004
- Silva, J. S. V. & ABDON, M. M. **Delimitação do Pantanal brasileiro e suas subregiões**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n. Especial, p. 1703-1711, 1998.
- Siqueira, André Luiz. **Conflitos socioambientais em comunidades tradicionais de fronteira: o caso da comunidade da Barra do São Lourenço no Pantanal sul**. Dissertação do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Estudos Fronteiriços da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - Campus do Pantanal. Corumbá, 2015.
- Spring. **Manual do SPRING: Tutorial de Geoprocessamento - Segmentação de Imagens**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/segmentacao.html>. Acesso em: 12 agosto 2016.
- Zanatta, Silvia Cristina Santana. **Comunidade ribeirinha Barra de São Lourenço: um estudo heurístico sobre desenvolvimento local como projeto endógeno e comunitário**. Dissertação: mestrado em desenvolvimento local – Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, 2010.



Geotecnologias na análise de vazão de interceptor de esgoto.

Pedro Ernesto Barbosa Zamboni¹
Vinícius de Oliveira Ribeiro¹
José Renato Doreto Hernando¹

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS
Rodovia Dourados-Itaum KM 12 – Bairro Aeroporto - Caixa Postal 351
79804-970 - Dourados - MS, Brasil
jrdoreto@gmail.com
viniciusoribeiro@yahoo.com.br
pedroernestrobz@hotmail.com

Resumo. No Brasil, devido ao crescimento populacional, aliado ao aumento do uso e ocupação desordenados do solo em áreas urbanas, o saneamento básico tem se encontrado em situação precária na maioria das regiões do país, afetando o adequado escoamento das tubulações de esgoto, acarretando em transbordamentos, gerando riscos à saúde e ao meio ambiente. O presente estudo baseou-se na investigação da área de contribuição e verificação da capacidade de escoamento de um interceptor de esgoto da cidade de Dourados/MS, com auxílio do QGIS. Como resultado obteve-se uma delimitação de bacia que foi representativa da vazão observada na seção de análise, demonstrando a eficácia da metodologia empregada na caracterização de vazão de interceptores e coletores de esgoto sanitário. Foi possível também prever futuros problemas de escoamento devido à deterioração natural da tubulação.

Palavras-chave: geotecnologias, esgoto doméstico, transbordamento.

Abstract. In Brazil, due to population growth, along with increased use and disorderly occupation of land in urban areas, sanitation has been found in a precarious situation in most parts of the country, affecting the proper disposal of sewage pipes, resulting in overflows, creating risks to health and the environment. This study was based on flow investigation and outflow capacity verification of a sewer interceptor from the city of Dourados / MS, using the SIG QGIS as geospatial tool. As a result, was obtained a delimitation of basin which was representative of the observed flow rate in the analysis section, demonstrating the effectiveness of the methodology employed in the characterization of flow rate of interceptors and sewage collectors. Could be predicted future flow problems due to natural deterioration of the pipe.

Key-words: Geotechnology, domestic sewage, overflow.

1. Introdução

A população brasileira, nos anos 2000, aumentou em pouco mais de 21 milhões de habitantes, alcançando 191 milhões em sua totalidade (IBGE, 2010). Este crescimento tem desequilibrado ainda mais o saneamento básico no Brasil, onde o uso e ocupação desordenados do espaço urbano acabam prejudicam na implantação de um adequado sistema de esgotamento sanitário.

No Brasil, majoritariamente adota-se o sistema separador absoluto pelas vantagens como menor custo e tamanho das tubulações (Netto, 1998). Este compreende dois sistemas distintos de tubulações, um exclusivo para esgoto sanitário e outro destinado para águas pluviais. Desta forma, o esgoto sanitário é composto por três componentes: águas residuais decorrentes de uso doméstico ou industrial, parcela das águas subterrâneas que infiltram na tubulação e a contribuição pluvial parasitária, como definido pela norma da ABNT NBR 9648/86.

A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada em 2008 pelo IBGE informa que 55,2% dos municípios são providos por serviço de esgotamento sanitário por rede coletora. Porém, este número além de precário, refere-se apenas à existência do serviço no município, não levando em consideração a extensão da rede, número de domicílios atendidos ou se o esgoto é despejado com ou sem tratamento. Assim, fatores como o aumento do adensamento populacional podem afetar a carga de efluentes gerada, podendo ultrapassar a capacidade de escoamento das tubulações mais antigas, obrigando empresas de saneamento a realizar obras de substituição (Ribeiro, 2013).

Além disso, MetCalf & Eddy (1991) citam problemas relacionados a idade das tubulações e componentes auxiliares, problemas estes que, acrescentados da falta de manutenção e método de construção, assim como o tipo de material, acarretam em vazamentos tanto por infiltração de água subterrânea na rede quanto por exfiltração da água residuária. Neste último caso, as águas pluviais possuem um impacto expressivo, usualmente acarretando em extravasamentos nos tampões da rede de esgoto, sendo considerada uma ameaça à saúde pública e ao meio ambiente.

Azevedo Netto (1979) comenta que além das imperfeições nas instalações, outros fatores como ligações clandestinas de canalizações pluviais prediais, galerias pluviais na rede de esgoto e ligações de redes abandonadas contribuem para a intromissão das águas pluviais parasitárias na rede. Por isso a presença de fiscalização é importante para impedir um descontrole dessas contribuições indevidas na rede de esgoto.

Sobrinho & Tsutiya (1999) definem que, para projetos de dimensionamento de sistemas de esgoto sanitário, a determinação da carga de efluente é definida pela população das bacias contribuintes e a vazão de infiltração que ocorre no decurso da rede coletora, com um acréscimo da contribuição pluvial parasitária para dimensionamento, principalmente, de emissários e coletores troncos.

Concomitantemente, um problema encontrado em projetos de saneamento, como mencionado por Azevedo Netto (1998), está em admitir um nível de tolerância adequado de contribuição pluvial na rede, a má ponderação desta pode chegar a promover as complicações

citadas ou também quadros de superdimensionamento, onde a velocidade de escoamento é insuficiente para remover os detritos da tubulação.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm sido utilizados como ferramenta de gestão de cidades, principalmente em grandes aglomerações urbanas onde os problemas de saneamento são frequentemente observados, uma vez que os SIG são capazes de trabalhar com grandes volumes de dados de uma ampla variedade de fontes, como topografia da área, distribuição espacial de domicílios, mapa das tubulações, bacias hidrográficas, dentre outros (Camargo, 1997).

O sensoriamento remoto é a prática de se obter informações de maneira permanente sobre objetos na superfície do globo através das interações da radiação eletromagnética com os materiais terrestres (Menezes & Almeida et al., 2012), sendo imprescindível para projetos de análises espaciais. Ante o exposto, o presente trabalho teve por objetivo a utilização do sensoriamento remoto, com auxílio de software SIG, para elaboração e execução de metodologia aplicável à investigação e verificação de vazão de esgoto sanitário através de medição em campo.

2. Objetivo

Elaboração de metodologia aplicável à investigação e verificação de vazão de esgoto sanitário através de geotecnologias.

3. Material e Métodos

3.1 Área de Estudo

A pesquisa foi conduzida no município de Dourados (**Figura 1**), situado ao sul do Estado de Mato Grosso do Sul, região Centro-Oeste. Possui 4.086,237 km² de área e localiza-se dentro da Bacia do Rio Paraná, altitude de aproximadamente 410 m e o clima é do tipo Cwa, segundo a classificação de Koppen (Fietz & Fisch, 2008).

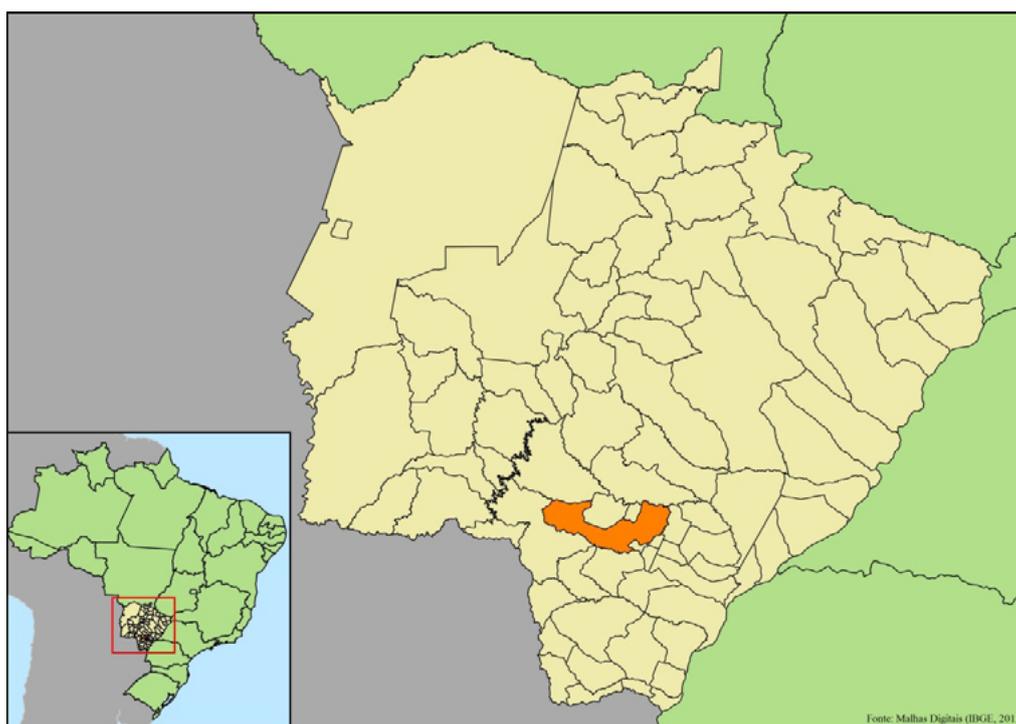


Figura 1. Mapa de localização do município de Dourados – MS.

O Sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário do município foi outorgado à Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul. Recentemente o sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário passou por melhorias e ampliações. O trecho selecionado para estudo remete-se parte do interceptor da margem esquerda do córrego Rego d'Água que tem sofrido problemas de transbordamento de esgoto sanitário, quando da ocorrência de eventos pluviométricos. O interceptor em questão foi implantado em dezembro de 2012, para substituição de um antigo coletor de manilha de barro vidrado (MBV), de DN 200, que estava em operação a mais de 30 anos (Sanesul, 2015).

3.2 Coleta de Dados

Selecionou-se os softwares QGIS 2.6 Brighton, software livre e gratuito sob licença GNU GPL (Licença Pública Geral), e AutoCAD 2015, software proprietário, porém possui uma versão gratuita de 30 dias utilizável para os trabalhos. As informações planialtimétricas (topografia, rede de esgoto, quadras, lotes, cotas de fundo dos poços de visita (PV), registro de economias), assim como os dados do trecho do interceptor (**Tabela 1**), foram adquiridas junto ao cadastro de obras da Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul – SANESUL, em formato *dwg*. Os dados a serem utilizados foram filtrados do levantamento de informações e exportados para o ambiente SIG.

Tabela 1. Levantamento de dados dos trechos analisados (SANESUL, 2015)

Trecho	I (m/m)	D (m)	Material
1-1	0,00843	0,25	PVC
1-2	0,05283	0,30	PVC
1-3	0,00300	0,30	PVC

Em seguida, efetuou-se coleta das coordenadas dos Poços de Visita - PVs em estudo, utilizando um GPS portátil Garmin GPSmap 76CSx, para verificação da acurácia do georreferenciamento dos dados. Em seguida, os dados foram convertidos para formato vetorial de forma a possibilitar o processamento no ambiente SIG.

3.3 Tratamento de dados

Para elaboração do Modelo Digital de Elevação (MDE) utilizou-se o levantamento topográfico do acervo da SANESUL, o transformado em *raster* pelo método de Interpolação Triangular (Triangulação de *Delaunay*), no qual cria-se uma superfície formada por triângulos a partir de pontos vizinhos mais próximos, gerando um arquivo GeoTiff da altimetria da região de estudo com uma resolução espacial de 5 m.

A partir do MDE gerado, foi realizada a delimitação da bacia de contribuição através do pacote de algoritmos do GRASS (OSGeo), instalados em QGIS, utilizando os procedimentos *watershed* e *water.outlet*, com ponto de exutório da bacia coincidindo com o último PV do trecho em análise.

Na seqüência, efetuaram-se visitas a campo para verificação da acuraria da área de delimitação obtida automaticamente pelo SIG, com verificação do sentido de escoamento dos coletores de esgoto sanitário ao longo do divisor. Subsequentemente foi feita a adequação do divisor quando necessário.

Com a bacia de contribuição ajustada, a partir do registro de economias, através do algoritmo *points in polygon*, pôde-se obter número de economias residentes na região estudada.

Para verificação da capacidade de escoamento do trecho em estudo, inicialmente efetuou-se

a medição das alturas da lâmina d'água nos PV por meio de medição analógica com régua de nível, sempre em torno das 12 horas, por três vezes durante o mês de julho, no qual apresentou 108,1 mm de chuva (Embrapa, 2015).

3.4.1 Estimativa de Vazão de Esgoto e Lâmina D'Água

Para a estimativa de vazão de esgoto proveniente da bacia de contribuição utilizou-se a equação de dimensionamento de vazões de esgoto (Equação 1) usualmente empregada em projetos de redes coletoras de esgoto (Tsujiya & Sobrinho, 2011).

$$Q_f = \frac{C \times P_f \times q_f \times K_1 \times K_2}{86400} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

Q_f = Vazão máxima de esgoto doméstico l/s;

C = Coeficiente de retorno de água para esgoto, 0,8;

P_f = População final, em número de habitantes;

q_f = Consumo de água efetivo per capita final, 180 l/hab. X dia;

K_1 = Coeficiente de máxima vazão diária, 1,2;

K_2 = Coeficiente de máxima vazão horária, 1,5.

A população final foi determinada utilizando o número de economias residentes na bacia de contribuição obtida com auxílio do SIG, multiplicado pela média de moradores por domicílio para área urbanizada de Dourados/MS (3,2 habitantes/domicílio) (IBGE, 2010).

Para determinar a vazão de esgoto total, foi utilizada a vazão de esgoto doméstico quantificada pela Equação 1, somada a contribuição linear por metro de rede oriunda da infiltração de água do subsolo na tubulação. O valor para esta taxa foi determinado pelo intervalo sugerido pela norma NBR 9649/1986 (0,05 a 1,0 l/s x km), sendo adotados 0,5 l/s x km, como determinado em função dos testes de infiltração do solo realizados durante a fase de elaboração do projeto executivo do interceptor por parte da SANESUL. A quantidade de rede na tubulação foi obtida através do cadastro de obras da SANESUL, com auxílio do SIG.

Determinou-se o fator hidráulico (FH) (Equação 2), em função da declividade, diâmetro e rugosidade dos trechos da tubulação existente, bem como a vazão de esgoto total calculada (Porto, 2006). O FH é usado para encontrar a altura da lâmina d'água em valores tabelados propostos por Netto (1998). Utilizando-se como preceitos nas análises e discussão dos dados, o limite máximo para a lâmina d'água aconselhável pela norma da ABNT NBR 9649/86 de 75% do diâmetro da tubulação.

$$FH = \frac{Q \times n}{D^3 \times I^2} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

FH = Fator Hidráulico;

Q = Vazão de esgoto total (m³/s);

n = Coeficiente de rugosidade de Manning (adotado $n=0,010$, de acordo com a ABNT 7367/88, para tubos de PVC novos);

D = Diâmetro da tubulação (m);

I = Declividade do trecho em estudo (m/m).

Desta forma, foram encontradas as respectivas alturas de lâmina d'água esperadas nos tre-

chos (Netto, 1998).

3.4.2 Verificação Hidráulica dos Condutores

Em seguida, realizou-se uma comparação entre as alturas de lâmina d'água medidas *in loco* e as definidas teoricamente, assim como a vazão total esperada (Q_e) e a vazão média medida (Q_m). A vazão medida de cada trecho (Q_{m_n}) foi obtida através da Equação 2, utilizando o valor de FH equivalente à lâmina d'água medida, e efetuando a média das vazões obtidas (Equação 3), obteve-se então a Q_m média.

$$Q_m = \frac{Q_{m_{1-1}} + Q_{m_{1-2}} + Q_{m_{1-3}}}{3} \quad (\text{Equação 3})$$

3.4.3 Simulação Hidráulica para Más Condições

Por fim, efetuou-se a simulação das condições de escoamento do coletor, quando este estiver em piores condições de conservação (coeficiente de Manning igual a 0,013). Determinou-se assim a lâmina d'água do trecho com menor declividade através da Equação 2 e utilizando a vazão medida em julho de 2015 (Q_m).

4. Resultados e Discussão

A bacia delimitada através do MDE gerado apresenta declividade em direção ao córrego Rego D'Água (**Figura 2**). Os valores de área e perímetro encontrados, após a retificação resultante do levantamento de campo, foram de 2,61 km² e 8,49 km, respectivamente.

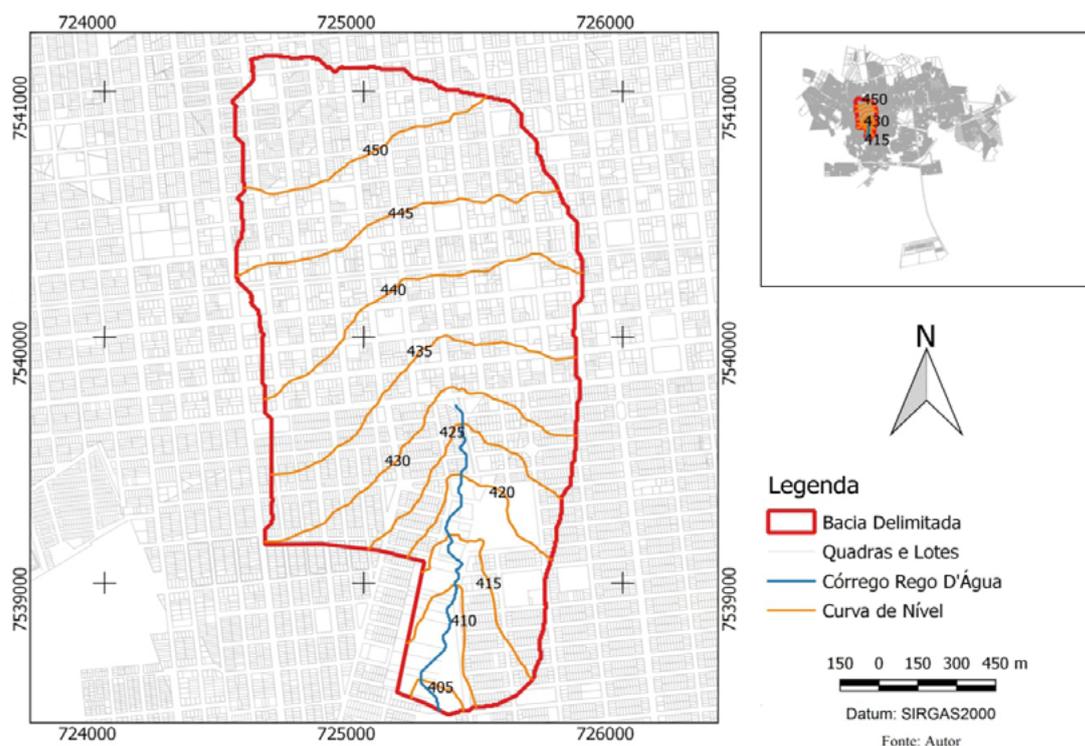


Figura 2. Mapa da bacia de contribuição delimitada.

A localização do trecho na bacia, assim como seu sentido de escoamento, está conforme a **Figura 3**.

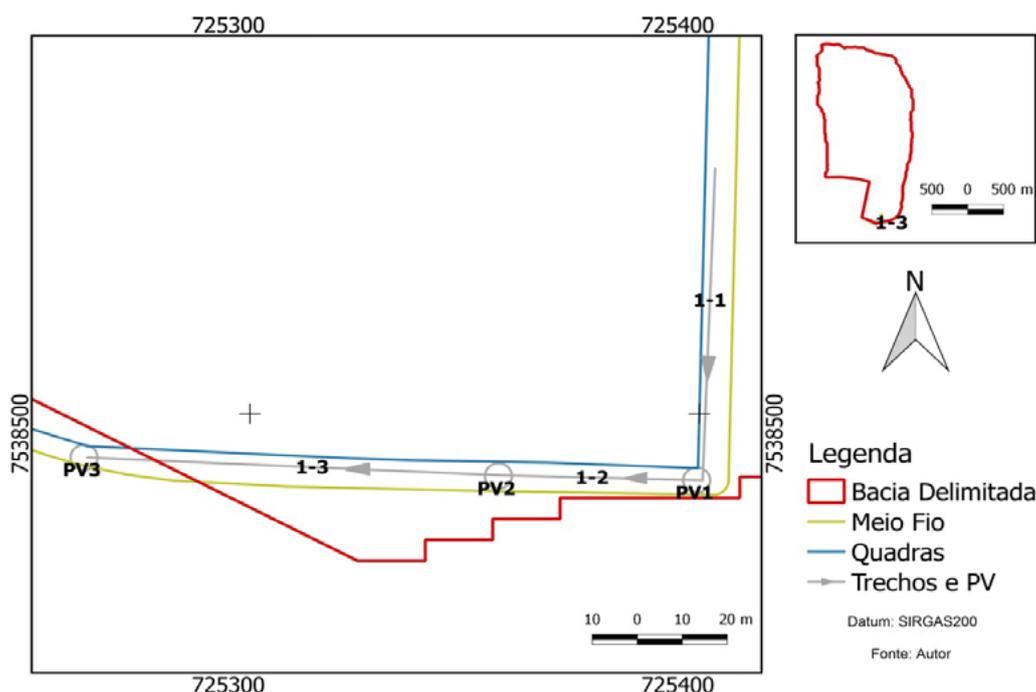


Figura 3. Mapa de localização do trecho em estudo.

Foram contabilizadas 2.988 economias localizadas dentro da bacia delimitada. A partir da média de moradores por domicílios para área urbanizada de Dourados/MS (3,2 habitantes/domicílio) (IBGE, 2010) encontra-se uma população de contribuição na ordem de 9.562 pessoas. Introduzindo os valores na Equação 1, tem-se uma vazão de contribuição domiciliar de 28,7 l/s.

Alguns dias antes da medição de vazão ocorreram eventos pluviométricos na região da bacia de contribuição. A extensão da rede de esgoto da bacia de contribuição calculada é de aproximadamente 60,6 km. Utilizando a taxa de infiltração adotada (0,5 l/s.km) obtêm-se uma vazão de 30,3 l/s. Valor equivalente a 105,6% da vazão domiciliar, este pode ser, dentro outros aspectos, devido ao fato de boa parte da rede coletora pertencente a bacia de contribuição ser de manilha de barro vidrado (MBV), material quebradiço, instalado na década de 80 (Sanesul, 2015). Contribuição pluvial parasitária domiciliar na rede coletora de esgoto também pode estar somada à vazão oriunda de infiltração.

Sendo então somada a vazão de contribuição domiciliar com a vazão de infiltração da água do subsolo na rede de esgoto, tem-se uma vazão total esperada (Q_e) de 59,0 l/s ou 0,0590m³/s de efluente percorrendo pelo trecho de tubulação.

A **Tabela 2** apresenta os dados de lâmina (Y/D) estimados e medidos (média das três medições), assim como a vazão total esperada (Q_e) e medida (Q_m).

Tabela 2. Valores de lâmina d'água e vazão esperados e medidos.

Trecho	Y/D Esperado	Y/D Medido (média)	Q_e (l/s)	Q_m (l/s)
1-1	0,69	0,68	59,0	59,1
1-2	0,30	0,31		
1-3	0,71	0,72		

Avaliando-se comparativamente os dados das lâminas d'água e vazões, nota-se uma diferença muito pequena entre o valor calculado com auxílio do SIG e o medido *in loco*. Devido à variação natural entre o teórico e o prático, pode-se dizer que o resultado obtido utilizando a metodologia proposta foi bastante satisfatório. Porém, o êxito na metodologia se deve aos testes efetuados pela SANESUL para determinação de uma adequada taxa de infiltração linear.

Dentre os analisados, o trecho 1-3 apresentou menor declividade (0,003 m/m) e maior lâmina (72%) nas condições estudadas com tubulação de PVC novo e em bom estado. Avaliando as condições hidráulicas de trecho do interceptor, para fim de plano, com a tubulação em más condições (coeficiente de Manning de 0,013), sem nenhum incremento de vazão, obtém-se um valor de FH na ordem de 0,3478. O valor máximo de FH é na ordem de 0,3116 para seção plena ($y/D = 1$), caracterizando assim a incapacidade de escoamento, ou seja, o extravasamento do interceptor. Caso o adensamento populacional aumente, o que é naturalmente esperado, o problema irá se agravar ainda mais.

Desta forma, conforme a deterioração que ocorre de forma natural na tubulação aumentar, a altura da lâmina d'água também se tornará maior com o passar dos anos, possivelmente acarretando em quadros de transbordamento neste trecho, que deve ter monitoramento sistemático.

Considerando que o referido coletor já se apresenta próximo ao limite de lâmina máxima (75%) recomendado por norma, tendendo a ter lâmina incrementada com o aumento da rugosidade da tubulação ao longo dos anos de uso, assim como o provável adensamento populacional, recomenda-se a não concessão de interligação de novas economias dentro da área da bacia delimitada, bem como o estudo de substituição futura do trecho em questão.

Nas visitas a campo, constatou-se que o PV2 encontra-se sem tampão, tendo apenas tábuas o fechando. Pelo fato de a rede possuir declividade elevada (0,05283 m/m), a água proveniente da chuva pode escoar para dentro do PV, causando extravasamento dos trechos à jusante, que como agravante, já possuem elevadas lâminas em função da baixa declividade.

Em 1979, Azevedo Netto já afirmava a problemática da existência dessas contribuições indevidas, podendo ser provenientes tanto do subsolo quanto das águas pluviais, o estudo em questão pôde confirmar que estas parcelas das águas parasitárias ainda são um problema atual no Brasil.

5. Conclusões e Sugestões

O trabalho apresentou a manipulação de informações espaciais utilizando softwares SIG. Somado ao banco de dados georreferenciado, o geoprocessamento para análise de esgoto sanitário se torna uma grande ferramenta para gestão de saneamento urbano considerando diversos critérios.

Pôde-se verificar o adequado dimensionamento do interceptor de esgoto em questão, descartando-se, assim, problemas com subdimensionamento. Com as vazões obtidas, pôde-se também confirmar uma paridade bastante satisfatória entre a vazão de projeto calculada e a vazão real obtida através de amostragem, além de uma elevada parcela de contribuição por águas de infiltração, correspondente a um acréscimo de 105,6% na vazão proveniente das economias.

A metodologia proposta, através de uso de SIG para determinação da Bacia de contribuição a montante do coletor, e por consequência a obtenção da vazão de esgoto, apresentou-se bom grau de precisão, podendo ser replicado em regiões que não dispuserem de cadastro de rede coletora confiável em seus acervos técnicos para tais análises de capacidade escoamento e concessão de interligação.

O software QGIS 2.6.1 Brighton apresentou-se estável em todas as funções demandadas, e por ser livre e gratuito, apresenta-se como uma alternativa de baixo custo para adoção de

soluções de geotecnologia para atividades de gestão no saneamento básico.

Sugere-se em futuros estudos o uso de imagens de satélite de alta resolução para avaliação do uso e ocupação do solo na bacia de contribuição, com vistas a identificação e mapeamento, dentre outros, da disposição dos pontos críticos de extravasamento na rede coletora de esgoto. Também se recomenda o monitoramento do referido trecho durante o período de pelo menos 12 (doze) meses, para determinação das lâminas em diferentes épocas do ano.

A metodologia elaborada neste trabalho é completamente aplicável à investigação e verificação de vazão de esgotamento sanitário na região do pantanal.

6. Referências

- Abnt, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9648 – **Estudo de Concepção de Sistema de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro. 1986.
- Abnt, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9649 – **Projeto de Redes Coletoras de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro. 1986.
- Abnt, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7367 – **Projeto e Assentamento de Tubulações de PVC Rígido para Sistemas de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro. 1988.
- Camargo, M. U. de C. **Os Sistemas de Informações Geográficas (S.I.G.) como Instrumento de Gestão em Saneamento**. Rio de Janeiro: ABES. 224p. 1997.
- Embrapa, Empresa Brasileira de Estatística Agropecuária. **Sistema de Monitoramento Agroclimático – Guia Clima**. Disponível em <<http://www.cpa0.embrapa.br/clima/>>. Acesso em 05 de Agosto de 2015.
- Ibge, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas Digitais**. Disponível em <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em 15 de julho de 2015.
- Ibge, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **XII Censo Demográfico**. Disponível em <<http://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em 10 de julho de 2015.
- Ibge, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2008**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/>>. Acesso em 15 de julho de 2015.
- Ibge, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **XII Censo Demográfico 2010**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/sinopse/sinopse_tab_uf_zip.shtm>. Acesso em 20 de Agosto de 2015.
- Fietz, C. R.; Fisch, G. F. **O Clima da Região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2008.
- Menezes, P. R.; Almeida, T.; et al. **Introdução ao Processamento de Imagens ao Sensoriamento Remoto**. Brasília: UnB. 2012.
- Metcalf & Eddy, Inc. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**. 3ª ed. New York, EUA: McGraw-Hill International Editions. 1991.
- Netto, J. M. de A. **Manual de Hidráulica**. 8ª ed. São Paulo, SP, Brasil: Edgard Blücher. 1998.
- Netto, J. M. de A. Contribuições Indevidas Para a Rede de Esgotos. **Revista DAE**, São Paulo, n. 120. p. 36-38. 1979.
- Porto, R. de M. **Hidráulica Básica**. 4ª ed. São Carlos, SP, Brasil: EEESC USP. 2006.
- Ribeiro, V. O. **Modelo de sistema de informação geográfica livre e gratuito aplicado à gestão no saneamento básico**. Tese de Doutorado em Tecnologias Ambientais. Campo Grande: UFMS. 2013.
- Sanesul, Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul. **Dourados, MS, Brasil**. 2015.
- Sobrinho, P. A.; Tsutiya, M. T. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 2ª ed. Editora PHD/EPUSP. 547p. 1999.
- Tsutiya, M. T.; Sobrinho, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: ABES. 2011.



O uso do geoprocessamento para análise do crescimento urbano nos municípios com a maior evolução da área de plantio da soja no estado do Mato Grosso, entre os anos de 1990 e 2010

Kelly Cristina de Moraes Camargo¹
Felipe Ferraz Vazquez²
Artur Hugo Ribeiro Corrêa de Araújo¹
Roberto Luiz do Carmo¹

¹Universidade Estadual de Campinas, IFCH.
R. Cora Coralina, 100 - Cidade Universitária,
Campinas - SP, 13083-896
{arthur10, kelly, roberto}@nepo.unicamp.br

²Universidade do Estado de Mato Grosso, FACISA
Av. dos Ingás, 3001 - Centro
Sinop - MT, 78550-000
felipe@unemat-net.br

Resumo: Atualmente o Mato Grosso é o principal estado produtor de soja no Brasil. O cultivo de soja chegou ao Mato Grosso com a fronteira agrícola na década de 1970, mas a sua produção só se tornou significativa no estado a partir dos anos 1990, através da expansão da infraestrutura urbana, da concessão de incentivos fiscais, e da realização de adaptações nos solos do Cerrado e nas sementes de soja. Nesse sentido, o presente artigo busca demonstrar, através do uso da cartografia digital - representado por mapas temáticos, que o Mato Grosso tem sido um dos locais em que mais aumentou a área utilizada com a lavoura temporária no Brasil e que a soja tem sido protagonista nessa dinâmica. Ainda se relaciona a variação da área destinada ao plantio de soja com a urbanização local, uma vez que a introdução da soja foi essencial para o estabelecimento da materialidade contemporânea no Mato Grosso. Contudo, indaga-se se como a expansão da área plantada dessa cultura tem consequências no tecido urbano municipal. As informações contidas no artigo foram obtidas através dos Censos Demográficos e da Pesquisa Agrícola Municipal, ambos de responsabilidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Para a confecção dos mapas temáticos foi utilizado o Software *ArcGis 10.2*.

Palavras-Chave: Soja, Fronteira Agrícola, Urbanização, Mato Grosso.

Abstract: Currently Mato Grosso is the main soybean producing state in Brazil. Soybean cultivation came to Mato Grosso with the agricultural frontier in the 1970s, but its production only became significant in the state from the 1990s through the expansion of urban infrastructure, tax incentives, and the realization of adaptations in the Cerrado soils and soybean seeds. This article aims to demonstrate using digital cartography (with thematic maps) that Mato Grosso has been one of the places where increased the area used with temporary tillage in Brazil, and that soy has been protagonist in this dynamic. It considers that the variation of the area for soybean planting is related with local urbanization, since the introduction of soybean was essential for the establishment of contemporary materiality in Mato Grosso. However, asks whether the expansion of the planted area of this culture has consequences in the organization of the municipal urban. The information in the article were obtained from the Censuses and Municipal Agricultural Research, both from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). For the thematic maps organization have been utilized the Software ArcGis 10.2.

Key words: Soy, Agricultural Frontier, Urbanization, Mato Grosso.

1. Introdução

Infere-se que a partir da década de 1980, o Brasil passou a vivenciar a reestruturação produtiva na economia. Para o agronegócio brasileiro, as mudanças se deram com a revolução tecnológica, havendo a incorporação de paradigmas da produção e do consumo globalizados, além das próprias transformações da sociedade (Elias; Pequeno, 2007). Consequentemente outros processos são afetados; Brandão (2012) defende que além de servir de frente de expansão para o capital e para a agroindústria, a produção agropecuária também forneceu um rápido e peculiar processo de urbanização de expansão da fronteira agrícola. Neste sentido, Denise Elias (2012) compreende que vários municípios brasileiros têm sua urbanização relacionada diretamente à consecução e à expansão do agronegócio globalizado.

Tendo a soja como principal *commodity* do agronegócio globalizado, buscou-se evidenciar os municípios brasileiros com maior aumento da área de plantio de soja no cenário nacional entre 1990 e 2010. Sendo o maior estado produtor de soja no Brasil, o estado de Mato Grosso possui 39 municípios com grande crescimento da área de plantio desta *commodity*. É importante salientar que se soma o fato de grande parte de seu território ter uma ocupação recente, com grande influência dos projetos de colonização pública e privada implantados a partir do final da década de 1970. Ademais, o estado é o único a contemplar em seu território três biomas: Amazônia (54,51%), Cerrado (38,29%) e Pantanal (7,2%) (Governo de Mato Grosso, 2016).

Nesse sentido, utiliza-se o mapeamento dos dados referentes à área de plantio de soja nos municípios do estado de Mato Grosso e da sua população; tendo em vista que a geração de mapas é fundamental para a compreensão dos fenômenos observados na superfície terrestre. Assim, através da utilização do software *ArcGis 10.2*, o presente artigo propõe uma análise a respeito da relação entre a expansão do agronegócio e a urbanização nos municípios mato-grossenses.

2. Objetivo

Este trabalho evidencia a relação do grau de urbanização nos Censos de 1991, 2000 e 2010 dos municípios com a maior variação da área plantio de soja por município no Mato Grosso no período destacado. A grande expansão da área de plantio reflete uma elevada produção, tanto em toneladas quanto o seu valor, por isso, tais municípios podem revelar aspectos do crescimento do grau de urbanização durante este período.

3. Material e métodos

A abordagem do conceito de agronegócio engloba operações que vão além da produção da agropecuária. Arruda (2007) identificou expressões para explicar o mesmo fenômeno, com destaque para: sistema agroindustrial ou *agribusiness commodity system, filière* (cadeia) ou cadeia

agroalimentar e complexo agroindustrial. Batalha (1997) aponta que a expressão foi utilizada pela primeira vez por John Davis e Ray Goldberg em 1957, ao publicarem *Concepts of Agribusiness*, sendo o termo *agribusiness* entendido como: “a soma total das operações associadas à produção e distribuição de consumos agrícolas, das operações de produção nas unidades agrícolas, do armazenamento, processamento e distribuição dos produtos agrícolas, e também dos itens derivados” (Davis; Goldberg, 1957, *apud* Batalha, 1997, p. 25). Os autores se utilizaram da teoria de produção neoclássica para definir a concepção de “sistema agroindustrial”, tendo destaque para as matrizes insumo-produto de Leontief, com a revelação das dependências intersetoriais. Por sua vez, Arruda (2007) aponta que Goldberg (1968) utilizou o termo “sistema agroindustrial” para estabelecer uma visão sistêmica de uma dada matéria-prima ou *commodity* que pode ser a base para vários produtos diferentes, havendo uma aproximação ao conceito da economia industrial de Estrutura-Condução-Desempenho. Através do termo *filière*, Arruda (2007) destaca o trabalho de Louis Malassis, que utiliza dois níveis de análise da transformação de uma *commodity* em produto final pronto para consumo: *filière de produit*; e *de production*. Por fim, Arruda (2007) afirma que autores brasileiros, tais como Guimarães (1979), Muller (1982), Delgado (1985), Graziano da Silva (1996) e Batalha (1997), utilizaram a expressão “complexo agroindustrial” para apresentar operações de produção que são comuns a várias cadeias de produção agroindustriais. Para esses, unidade básica de análise não é a firma, mas as operações definidoras das atividades em que a firma se insere. Todas essas concepções consolidam a noção de reestruturação produtiva, embasada por uma produção moderna marcada pela especialização da produção e do trabalho. Nesse sentido, a *commodity* compreende o elemento definidor.

As informações contidas no artigo foram obtidas através das pesquisas de responsabilidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): a Pesquisa Agrícola Municipal forneceu os dados de área plantada e quantidade produzida de soja, e através dos Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010 tem-se disponível os dados populacionais para a formulação da População Urbana, Crescimento Populacional e Grau de Urbanização.

Para a elaboração do material cartográfico foram utilizadas as bases cartográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Quanto a digitalização dos mapas e tratamento digital dos dados foi utilizado o Software *ArcGis 10.2*. Desse modo, analisou-se o período entre 1990 até 2010, considerando a relação entre o crescimento populacional e o cultivo da soja, tendo em vista que este último intensifica sua importância econômica no estado do Mato Grosso a partir da década de 1990.

Sobre a importância do geoprocessamento para a compreensão de fenômenos na superfície terrestre e o acesso à informação, de acordo com Rosa (2005):

O poder da informação é, sem dúvida, indiscutível. Porém, o que tem revolucionado os processos tradicionais de utilização da informação é a maneira como ela pode ser rapidamente processada e utilizada para diferentes objetivos pelo modo de sua apresentação, ou seja, georreferenciada ou mapeada.

Desse modo, as soluções de *software* que compõe o conjunto de geotecnologias, se mostraram fundamentais para a coleta, o processamento, a análise e divulgação do presente trabalho.

A respeito dos dados de área plantada para lavoura temporária é preciso levar em consideração que há a possibilidade de cultivos sucessivos ou simultâneos no mesmo ano e no mesmo local. Esta característica implica que em alguns casos a área informada de plantio pode até mesmo exceder a área geográfica do município.

O fato de alguns municípios selecionados pelo critério de expansão da área de plantio da

soja terem sido fundados e/ou emancipados após 1990, revela que tal processo ocorreu de modo acelerado. Apesar disto, optou-se em não utilizar a taxa de crescimento populacional por não terem sido recenseados em 1991.

4. Resultados e Discussão

O aumento da área plantada de soja no Brasil salta de 11.584.734ha no ano de 1990 para 23.339.094ha em 2010. Isto representa durante o período um aumento de 101,46%, enquanto que a área referente à soja no Mato Grosso cresceu 300,99% (**Figura 1**). Portanto, em 2010, o estado representava 26,68% da área de plantio de soja do país.

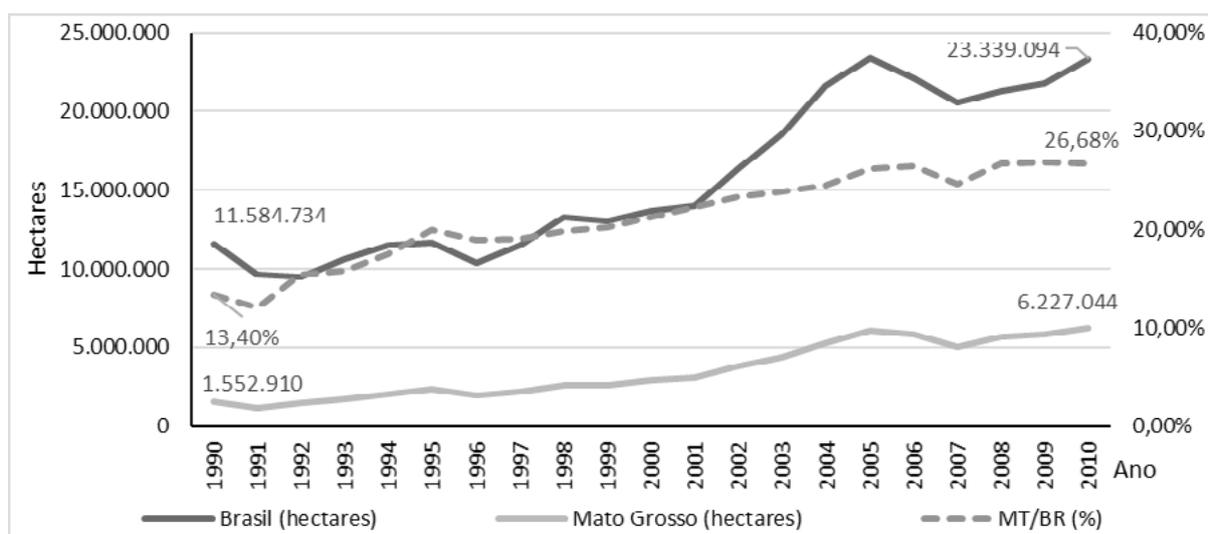


Figura 1. Total de área plantada de soja no Mato Grosso e Brasil, entre 1990 e 2010.
Fonte: IBGE, Pesquisa Agrícola Municipal, 1990 a 2010.

A expansão da área plantada de soja pode ser visualizada através de dados municipais. Calculou-se o percentual de área plantada de soja na lavoura temporária mato-grossense, por município, nos anos de 1991, 2000 e 2010. Nota-se a expansão da área de lavoura temporária no período apresentado para o Mato Grosso, com destaque para a intensidade do crescimento do percentual ocupado pela soja, uma vez que em 2010 a maior proporção relativa dos municípios do estado apresenta mais de 60% da lavoura temporária preenchido com essa cultura.

A expansão da área plantada de soja também pode ser visualizada na **Figura 2** com a variação da área plantada entre o período de 1990-2010. Cabe destacar a grande expansão concentrada ocorrida em algumas regiões de Goiás e da área geralmente denominada de MAPITOBA¹. Mas é o estado do Mato Grosso o qual apresenta a maior proporção relativa de área de plantio de soja com variação positiva superior a 25.001ha. Dessa forma, pode se estabelecer que num período de 20 anos no Mato Grosso há um cenário de consolidação da soja no estado (**Figura 3**).

1 O termo MAPITOBA ou MATOPIBA é um acrônimo para designar a região de encontro dos limites político-administrativos dos Estados de Maranhão, Piauí, Tocantins e Bahia.

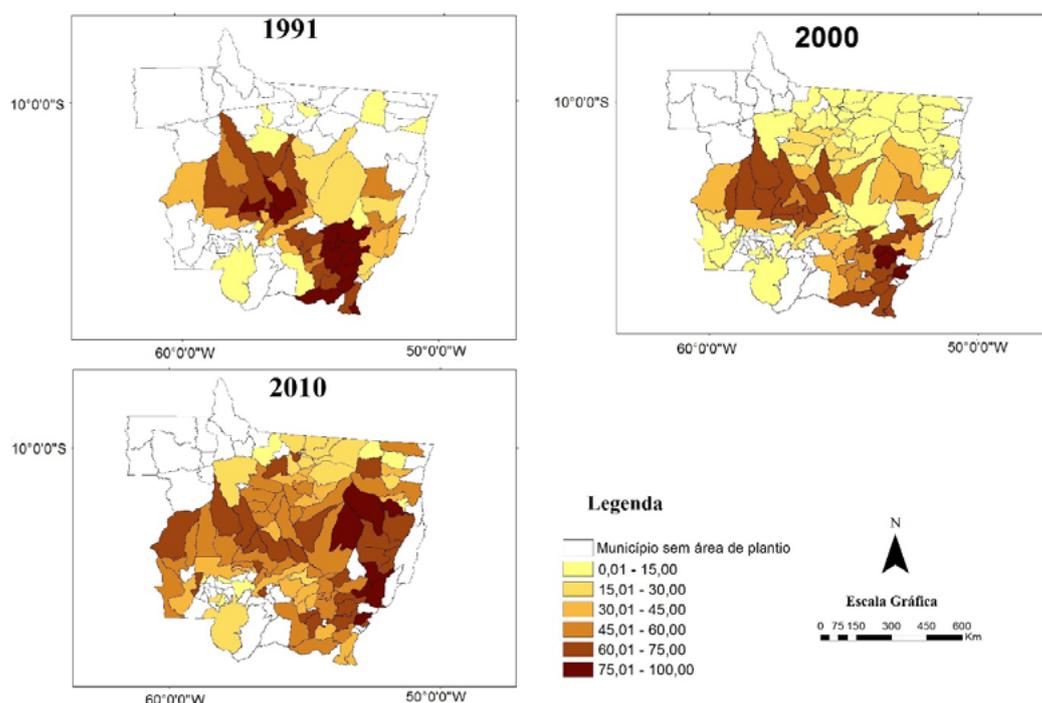


Figura 2. Percentual de área plantada de soja na lavoura temporária, por município, no Mato Grosso. Fonte: IBGE, Malhas Digitais 1990 a 2010. Pesquisa Agrícola Municipal 1990 a 2010.

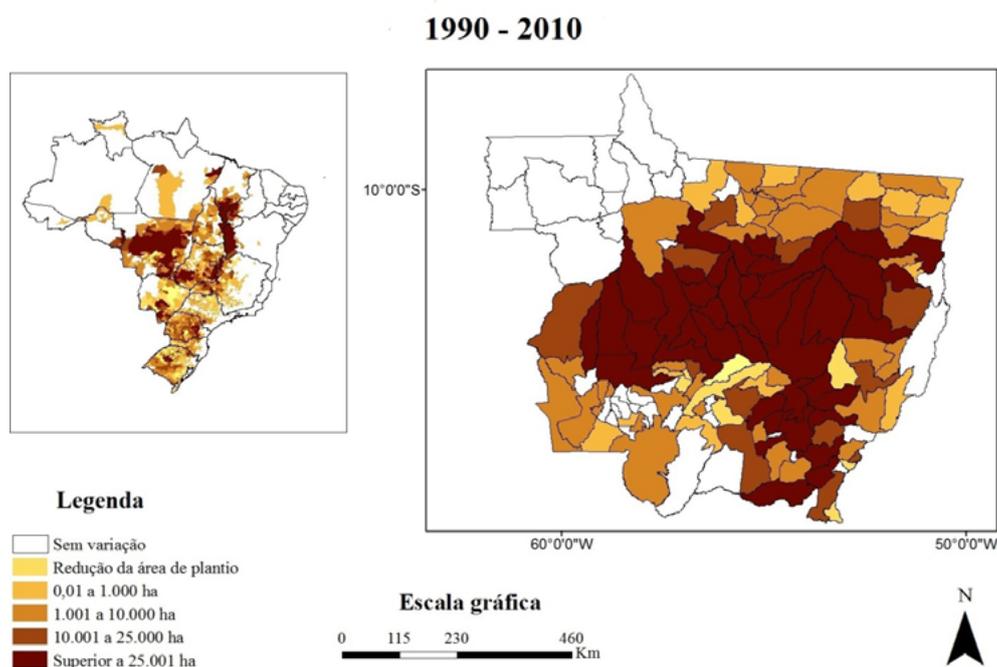


Figura 3. Variação acumulada da área plantada de soja Brasil e Mato Grosso de 1990 a 2010. Fonte: IBGE, Malhas Digitais 1990 a 2010. Pesquisa Agrícola Municipal 1990 a 2010.

Esse avanço fez com que no ano de 2010, a soja estivesse presente em 80,71% dos municípios do Mato Grosso, ou seja, 113 dos 141 (IBGE, Pesquisa Agrícola Municipal, 2010). O aumento da área de soja entre 1990 e 2010 no Mato Grosso trouxe consigo uma aceleração no processo de ocupação do estado e sua interiorização, havendo a criação de 43 municípios desde

1991.

Com o interesse de avaliar o impacto do crescimento da soja no processo de urbanização, foram selecionados os municípios que em 2010 obtiveram maior expansão da área de plantio de soja, tendo como o critério estabelecido neste trabalho o valor superior a 25mil hectares por município desde o ano de 1990. Através deste critério, tem-se no ano de 2010, 39 municípios para avaliação, mas este número se reduz para os anos de 2000 e 1991 devido à evolução político-administrativa do estado. Deste modo, tem-se os seguintes municípios e ano de criação: Diamantino (1818), Poxoréo (1938), Guiratinga (1943), Alto Garças (1953), Itiquira (1953), Dom Aquino (1958), General Carneiro (1963), Tangará da Serra (1969), Juscimeira (1979), São Félix do Araguaia (1979), Paranatinga (1979), Canarana (1979), Sinop(1979), São José do Rio Claro (1981), Novo São Joaquim (1986), Brasnorte (1986), Vera (1986), Sorriso (1986), Nova Ubiratã (1986), Cláudia (1988), Tapurah (1988), Lucas do Rio Verde (1988), Primavera do Leste (1986), Campo Verde (1988), Nova Mutum (1988), Campo Novo do Parecis (1988), Santo Antônio do Leste (1998), Tabaporã (1991), Santa Carmem (1991), Querência (1991), Nova Maringá (1991), Campos de Júlio (1994), Sapezal (1994), Gaúcha do Norte (1995), Feliz Natal (1995), Bom Jesus do Araguaia (1999), Santa Rita do Trivelato (1999), Itanhangá (2000), Ipiranga do Norte (2000).

Destes 39 municípios, aqueles com maiores áreas de plantio estão localizados no Cerrado, cujas condições naturais de temperatura, distribuição das chuvas, luminosidade e topografia favorecem a produção. Estas condições naturais foram reforçadas por políticas públicas voltadas para a integração técnica e financeira do agronegócio (Graziano da Silva, 1996, p. 169). Contudo, alerta-se que a soja está se expandindo em direção aos outros dois biomas. Com especial atenção para o município de Cáceres, localizado no Pantanal.

As políticas de modernização envolvem o crédito, pesquisa agropecuária e assistência técnica, preços mínimos e incentivos fiscais. Para Mueller e Martine (1997, p. 86), a nova tecnologia era adequada às extensas propriedades, de modo que as políticas estavam voltadas aos grandes produtores. Uma vez que a produção passa a ser guiada pela mecanização e processos produtivos pouco intensivos em mão de obra, estimula-se a concentração de terra e o espaço dos pequenos proprietários se reduz (Mueller; Martine, 1997, p. 86). Os autores apontam que a consequência dessa modernização da agropecuária para o cenário nacional foi à expulsão da mão de obra, de modo que o êxodo rural direcionou as pessoas ou rumo às cidades ou para a fronteira amazônica. O resultado para Mato Grosso foi o já citado aumento do número de novos municípios e um aumento populacional de 2,21% ao ano entre 1991 e 2010, elevando a população de 2.027.231 para 3.035.122 habitantes.

No que diz respeito ao meio urbano, Elias (2012) defende que a função principal destas cidades se associa às demandas produtivas dos setores voltados para a organização das redes agrícolas e agroindustriais. Ao analisar o conjunto dos 39 municípios selecionados, a taxa de crescimento populacional atinge para o mesmo período o valor de 4,59% ao ano, tendo um aumento populacional de 329.577 para 773.955 habitantes. O alto crescimento populacional relaciona-se com o aumento da área plantada, mas o modo como se deu reflete as características do agronegócio. A agricultura modernizada, caracterizada por grandes propriedades, impulsionou o crescimento urbano (5,76% a.a.) e não o rural (1,54% a.a.). A população urbana desta região salta de 213.104 habitantes para 618.206.

A **Figura 4** apresenta a área plantada com soja por município e a população urbana do estado de Mato Grosso nos Censos de 1991, 2000 e 2010. Os dados apontam para o predomínio dos municípios com até 10 mil habitantes em domicílio urbano, atingindo um total de 23 no Censo de 2010. Além disso, destacam-se cinco municípios que foram capazes de regionalmente concentrar a população urbana e ter alta expansão da área de plantio da soja: Sinop, Sorriso,

Tangará da Serra, Primavera do Leste e Lucas do Rio Verde, que juntos foram responsáveis pelo aumento de 229.043 habitantes entre os Censos de 1991 e de 2010.

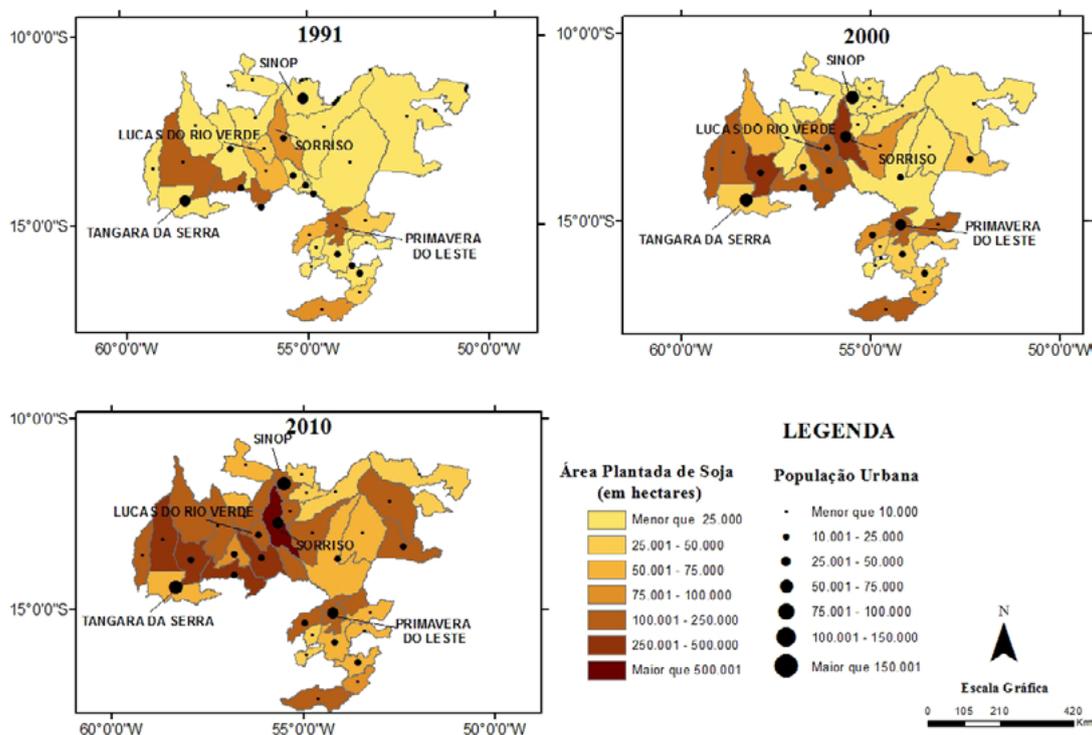


Figura 4. Mapa da População urbana e da expansão da soja nos municípios do Mato Grosso em 1991, 2000 e 2010.

Fonte: IBGE, Malhas Digitais 1990 a 2010. IBGE, Pesquisa Agrícola Municipal 1990 a 2010. IBGE, Censo Demográfico 1991, 2000 e 2010.

Os 39 municípios selecionados têm a sua economia diretamente relacionada à implantação e expansão da soja. Os mesmos podem ser inseridos no conceito de Elias e Pequeno (2007) de “cidades do agronegócio”, pois têm por função principal suprir às demandas produtivas dos setores associados à modernização da agricultura. Para que isso se configurasse foi necessária a organização do espaço urbano em razão da produção de grãos e da sua agroindústria, o que causou mudanças na organização espacial e nas funcionalidades desse urbano.

Então, segundo Elias e Pequeno (2007), essas mudanças envolvem transformações das relações sociais de produção, o desenvolvimento de uma extensa gama de novas relações campo-cidade com a diminuição da dicotomia entre estes dois subespaços, aumento da população (especialmente através da imigração) e incremento da urbanização. Dessa forma, a importância do urbano para os municípios mato-grossenses da soja contempla o fato do núcleo urbano ser o lugar por excelência onde acontece a regulação e a gestão das transformações que ocorrem no campo moderno (Elias; Pequeno, 2007).

A dinâmica econômica reflete nos espaços urbanos ao torná-los mais especializados para atender a demanda produtiva de modo que a entrada no circuito produtivo da soja aconteceu implantando e desenvolvendo a infraestrutura urbana. A maior inserção do município no agronegócio globalizado implica na diversificação de infraestrutura e serviços que refletirão no meio urbano. Tal reestruturação produtiva na agropecuária provocou a racionalização deste espaço e criou demandas até então inexistentes nas áreas de difusão do agronegócio tornando

necessária a oferta de aportes técnicos, financeiros, jurídicos, de mão-de-obra, e de atividades voltadas para a própria população residente e imigrante (Elias, 2012).

A **Figura 5** demonstra que o crescimento da população entre 1991 e 2010 maior do que 6,01% se referem aos municípios com a maior variação da área de plantio da soja, mas com algumas exceções. A mais notável é Campo Novo Parecis, pois esse também tem a variação do crescimento populacional superior a 6,01% possuindo variação da área plantada entre 50.001 e 75.000.

Ainda se destaca que a data de fundação e/ou emancipação é fator importante para os resultados apresentados no mapa abaixo, uma vez que municípios mais recentes tanto o crescimento populacional quanto a expansão da área de plantio acontecem de forma rápida e intensa.

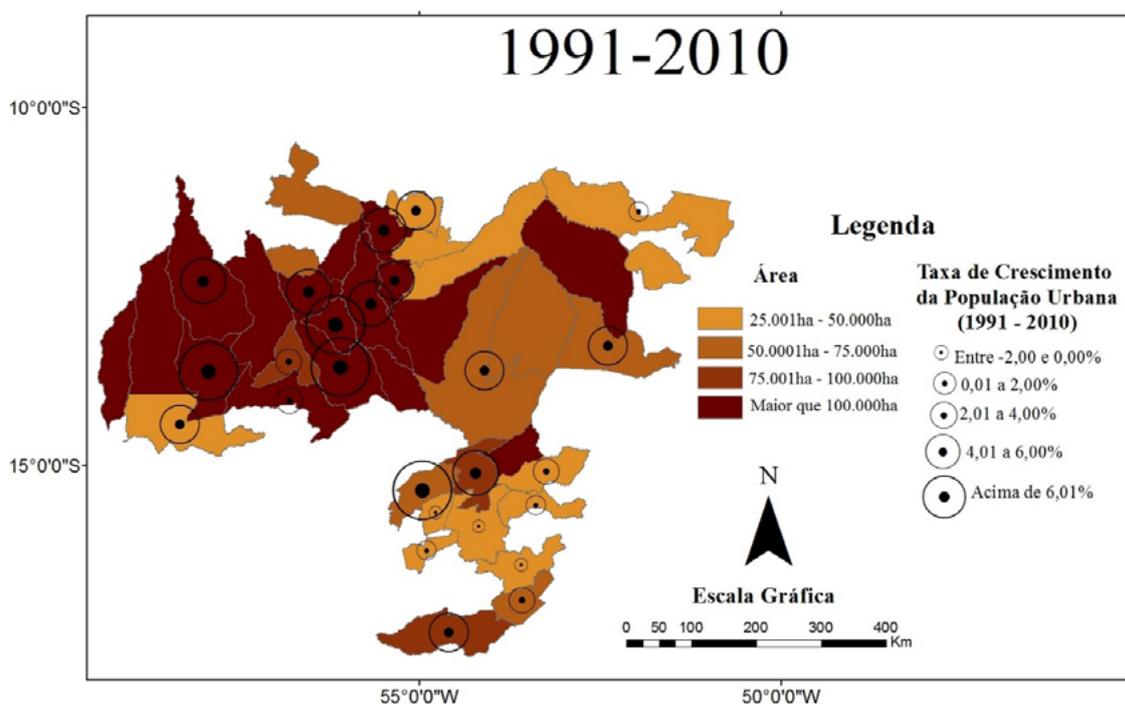


Figura 5. Mapa do Crescimento da População urbana e da expansão da soja nos municípios do Mato Grosso em 1991, 2000 e 2010.

Fonte: IBGE, Malhas Digitais 1990 a 2010. IBGE, Pesquisa Agrícola Municipal 1990 a 2010. IBGE, Censo Demográfico 1991, 2000 e 2010.

A modernidade pode ser expressa também na industrialização da produção agrícola. Segundo Corrêa (2011), sobre as características da urbanização brasileira em espaços não metropolitanos, a introdução de agroindústrias transforma a “rede urbana” na qual os municípios estão inseridos ou acaba criando uma nova rede ao alterar a forma de interação entre as cidades próximas ou distantes no que se refere à circulação de produtos, às demandas de produção e de consumo. Uma vez que há especialização da produção, alguns municípios podem se tornar locais de concentração de trabalhadores agrícolas, outros abrigam complexos agroindustriais, e ainda existem aquelas que viram centros financeiros. Não que um município não possa combinar várias dessas características econômicas, mas seu ponto forte se concentra em uma ou alguma delas.

Dessa forma, ao analisar o grau de urbanização (**Figura 6**), verificou-se que apenas 3 dos 39 municípios tiveram redução do grau de urbanização ao comparar os Censos de 1991 e 2010: Sinop, de 0,87 para 0,83; Guiratinga, de 0,83 para 0,82 e Poxoréo de 0,69 para 0,68. Em 1991,

Sinop possuía o maior índice entre estes municípios e apenas outros 7 municípios com índice acima de 0,75, elevando-se para 16 em 2000 e 19 no ano de 2010, cujo maior índice foi de Primavera do Leste (0,95), seguido por Lucas do Rio Verde (0,93) e Campo Novo do Parecis (0,93).

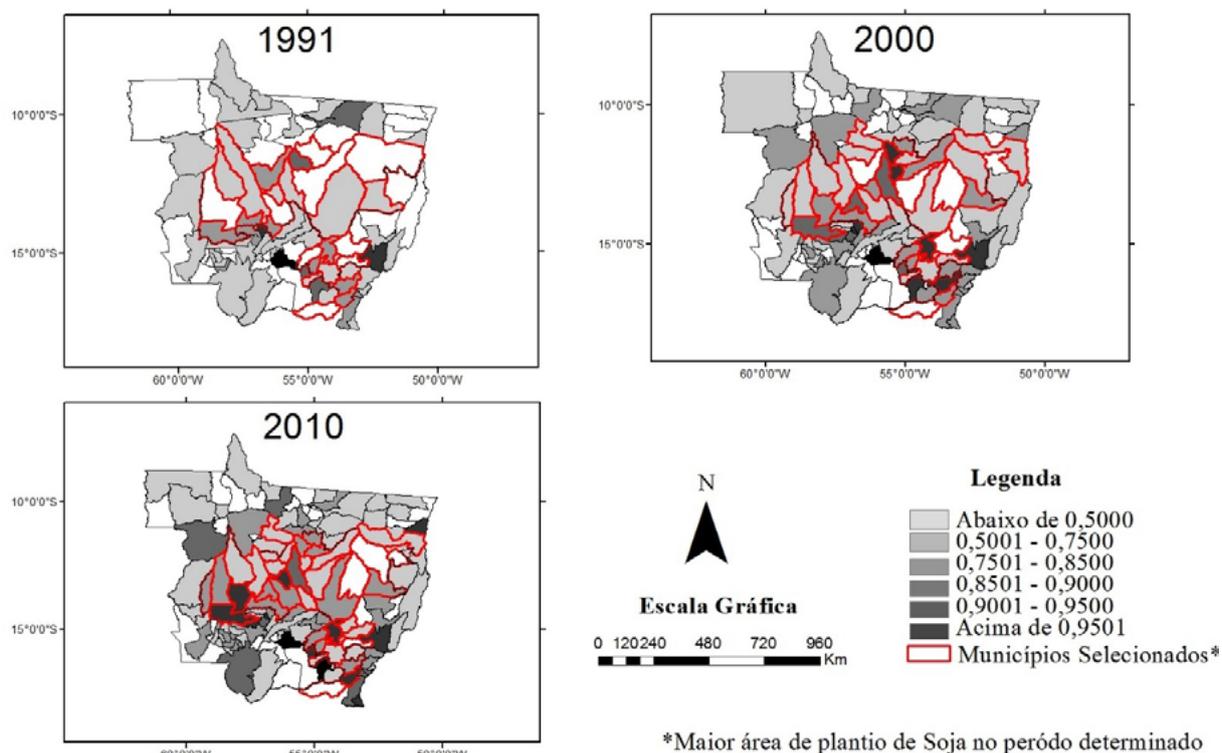


Figura 6. Grau de Urbanização do Mato Grosso, por município, em 1991, 2000 e 2010.
Fonte: IBGE, Malhas Digitais 1990 a 2010. IBGE, Censo Demográfico 1991, 2000 e 2010.

Nota-se que a urbanização não se distribuiu uniformemente por todo o Mato Grosso, e nem pelos 39 municípios que experimentaram a maior variação positiva no aumento de área plantada com soja. Demonstrando, assim, que a modernidade contemporânea é seletiva, e se concentra nos locais que possuem condições favoráveis à expansão capitalista. O que pode ser expresso no investimento maciço de capital público e privado na tecnificação. No estado isso pode ser observado, especialmente, através da implementação de indústrias que processam produtos da agropecuária, ou seja, da agroindústria. O município de Lucas do Rio Verde, por exemplo, em 2010 é considerado o segundo mais urbanizado dentre os 39 com maior variação positiva na expansão da área de plantio de soja, além de ser um dos 5 municípios que mais apresentaram crescimento populacional via migração nos últimos 20 anos, o que ajuda a explicar essa situação é o fato do município abrigar agroindústrias processadoras de óleo, farelo e ração de soja, como também em razão da instalação, na década de 2000, do Complexo Agroindustrial BRF, que integra os complexos grãos-carne e dinamiza a economia local.

5. Conclusões e Sugestões

O artigo buscou refletir sobre as mudanças que vêm se processando nos papéis desempenhados pelos espaços urbanos não metropolitanos associados à difusão do agronegócio, utilizando ferramentas do geoprocessamento para auxílio na compreensão dos fenômenos. Observa-se que a urbanização nos municípios do Mato Grosso aconteceu de forma rápida e intensa. As políticas

públicas com intuito colonizador iniciadas na década de 1970 e o fortalecimento do agronegócio globalizado, especialmente no que se refere à soja, permitiu o crescimento econômico e demográfico dos municípios, cabendo futuras análises a respeito da relação do ritmo de espacialização da soja com os outros biomas presentes no estado: o Pantanal e a Floresta Amazônica.

Todavia, existem outros fatores que corroboram resultados demográficos positivos mais persistentes em alguns dos 39 municípios, como acontece em Lucas do Rio Verde, onde esses condicionantes estão relacionados ao desenvolvimento da economia urbana, incluindo a expansão ou introdução de complexos agroindustriais que se tornam fatores de atração para a população migrante.

Ademais, se por um lado a expansão da soja favoreceu a criação de municípios e a urbanização, por outro, o modo de produção baseado na grande propriedade e mecanização também pode ser um fator que restrinja, em alguns casos, a manutenção da intensidade do crescimento urbano. A reestruturação do agronegócio no país e a agroindustrialização da produção transforma a rede urbana na qual esses municípios estão inseridos, a qual obedece a uma hierarquia baseada na especialização dos processos de produção. Conforme se estabelece uma rede bem estruturada, essa necessita de lugares centrais, atrativos à população, mas também locais de complementaridade regional e mesmo nacional, resultando no surgimento de uma complexa rede de relações.

6. Referências

- Arruda, Z. A. de. **Onde está o Agro deste negócio? Transformações socioespaciais em Mato Grosso decorrentes do agronegócio.** [s.l.] Universidade Estadual de Campinas, 2007.
- Batalha, M. O. **Gestão Agroindustrial.** São Carlos, SP: Atlas, 1997.
- Brandão, C. **Território e desenvolvimento: as múltiplas escalas entre o local e o global.** 2ª. ed. Campinas, SP: Unicamp, 2012.
- Elias, D. Relações campo-cidade, reestruturação urbana e regional no Brasil. **Colóquio Internacional de Geocrítica**, v. XII, 2012.
- Elias, D.; Pequeno, R. Desigualdades socioespaciais. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 9, n. 1, p. 25–39, 2007.
- Governo de Mato Grosso. **Mato Grosso: Geografia.** Disponível em: <<http://www.mt.gov.br/geografia>>. Acesso em: 7 ago. 2016.
- Graziano da Silva, J. **A nova dinâmica da agricultura brasileira.** Campinas, SP: Unicamp, 1996.
- Mueller, C. C.; Martine, G. Modernização da agropecuária, emprego agrícola e êxodo rural no Brasil - A década de 1980. **Revista de Economia Política**, v. 17, n. 3, p. 85–104, 1997.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo demográfico: Séries Temporais. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/cd/cd2010Serie.asp?o=2&i=P> . Acessado em: 20 junho 2016.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal Disponível em <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/acervo/acervo9.asp?e=c&p=PA&z=t&o=11> . Acessado em: 20 junho 2016.
- Mueller, C. C.; Martine, G. Modernização da agropecuária, emprego agrícola e êxodo rural no Brasil - A década de 1980. **Revista de Economia Política**, v. 17, n. 3, p. 85–104, 1997.
- Rosa, R. (2005). Geotechnologies on applied geography. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 16, p. 81-90



Mapeamento e análise multitemporal da paisagem nos assentamentos rurais de Cáceres/ MT, situados na fronteira Brasil-Bolívia

Poliana Roma Greve Nodari ¹
Sandra Mara Alves da Silva Neves ²
Larissa Espinosa de Freitas ¹
Miriam Raquel da Silva Miranda ¹
Douglas Ehle Nodari ³

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Rod. MT 358, Km 07, Jardim Aeroporto.
78.300-000 Tangará da Serra/MT, Brasil
polianaroma@unemat.br
larissa-efreitas@hotmail.com
miriamraquel18@gmail.com

² Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Av. Santos Dumont, s/n. Sala 09. Bairro: Santos Dumont
78.200-000 Cáceres/MT, Brasil
ssneves@unemat.br

³ Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Av. São João, s/n. Bairro: Cavahada I
78.200-000 Cáceres/MT, Brasil
douglasnodari@unemat.br

Resumo: A ocupação de áreas naturais é baseada na substituição da vegetação natural, por meio de desmatamento e alguns usos, como pastagens, agricultura e reflorestamento que colocam em risco as paisagens do domínio fito-geográfico do Cerrado. Este estudo objetiva avaliar, através das geotecnologias, a dinâmica da cobertura vegetal e uso da terra nos assentamentos de Cáceres situados na Fronteira Brasil-Bolívia. Para o levantamento dos tipos de cobertura vegetal e uso da terra foram utilizadas imagens que passaram por registro, recorte, segmentação e classificação supervisionada. Para o registro foi necessário a aquisição das imagens dos satélites Landsat 5 e 8, órbita/ponto 228/71 dos anos de 1993, 2003 e 2015, que foram processadas no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - Spring. Considerando a legislação ambiental nacional que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, e estabelece que, para região de Cerrado, no mínimo 35% da cobertura de vegetação original deverá ser destinada como Reserva Legal, constatou-se que dentre os assentamentos do estudo, o Nova Esperança (36,54%), o Corixo (59,92%), o Bom Sucesso (49,41%) e o Katira (49,52%) possuem área de cobertura vegetal maior que a exigida na legislação, situação inversa foi encontrada nos assentamentos Jatobá (34,8%), Rancho da Saudade (19,9%) e Sapicuá (16%). Concluiu-se que pela situação relativa a cobertura vegetal nos assentamentos Jatobá, Rancho da Saudade e Sapicuá há necessidade de estratégias para sua ampliação/recomposição e nos demais as estratégias devem ser voltadas para a manutenção e conservação da vegetação.

Palavras-chave: Dinâmica, Cerrado, Supressão, Ocupação, Cobertura.

Abstract: The occupation of natural areas is based on the replacement of natural vegetation, through deforestation and some uses, such as grazing, agriculture and reforestation that jeopardize the landscapes of phytogeographical domain Shrublands. This study aims to evaluate, through the geotechnology, the dynamics of vegetation cover and land use in the settlements of Cáceres located in the Brazil-Bolivia. To survey the types of vegetation and land use were used images that have undergone registration, cropping, segmentation and supervised classification. For the record it was necessary to the acquisition of images from Landsat satellites 5 and 8, orbit / point 228/71 the years 1993, 2003 and 2015 that were processed in the Georeferenced Information Processing System - Spring. Considering the national environmental legislation which provides for the protection of native vegetation, and provides that for Cerrado region, at least 35% of the original vegetation cover should be intended as legal reserve, it was found that among the settlements of the study, new Hope (36.54%), the Corixo (59.92%), Bom Sucesso (49.41%) and Katira (49.52%) have greater vegetation cover area that required by law, reverse situation it was found in the settlement Jatobá (34.8%) Rancho da Saudade (19.9%) and Sapicuá (16%). It was concluded that the situation on vegetation cover in Jatobá settlements, Rancho da Saudade and Sapicuá need strategies for expansion / recovery and other strategies should be geared to the maintenance and conservation of vegetation.

Keyword: Dynamic, Cerrado, Suppress, Occupation, Coverage.

1. Introdução

Segundo Neves et al. (2015), o entendimento das mudanças na paisagem depende do registro das alterações na cobertura da terra ocorridas no decorrer do tempo. Desse modo, as geotecnologias, como o sensoriamento remoto e o Sistema de Informação Geográfica, possibilitam acompanhar essas alterações.

O desenvolvimento das atividades antrópicas no Estado, principalmente a agropecuária, tem afetado os elementos constituintes das paisagens de suas bacias hidrográficas, as quais consistem em entidades hidrológicas naturais, que permitem o escoamento superficial das águas para os canais de drenagem específicos, como córregos ou rios (Chopra *et al.*, 2005).

Segundo Neves et al. (2011), a ocupação de áreas naturais está baseada na substituição da vegetação por meio do desmatamento e de alguns usos, como as pastagens, culturas agrícolas e reflorestamento, que colocam em risco o domínio fitogeográfico do Cerrado. A vegetação é um importante indicador das condições ambientais das paisagens, sendo relevante o seu monitoramento.

Bertrand (1971), considera que uma paisagem “é, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto, instável de elementos físicos, biológicos e antrópicos”. Ao se utilizar a categoria de análise espacial de paisagem, deve-se considerar a dinâmica do conjunto, expressa por meio de seu potencial ecológico (geologia, geomorfologia e clima), da exploração biológica (vegetação e solo) e da ação antrópica (usos dos solos).

2. Objetivo

O presente estudo tem como escopo avaliar, através das geotecnologias, a dinâmica da cobertura vegetal e o uso terra nos assentamentos rurais de Cáceres, situados na região de fronteira Brasil-Bolívia.

3. Material e métodos

3.1 Área de estudo

A microrregião geográfica Alto Pantanal no estado de Mato Grosso é formada pelos municípios de Barão do Melgaço, Cáceres, Curvelândia e Poconé, totalizando 53.590,469 km² e 134.262 habitantes (IBGE, 2016). Nesta, segundo Neves et al. (2015), há preponderância da pecuária,

desenvolvida desde o século XVIII, predominantemente de forma extensiva, em decorrência do pulso de inundação do Pantanal, que ocorre em 87% da Microrregião.

Dentre esses municípios pantaneiros este estudo foi realizado em Cáceres, no qual estão localizados os assentamentos rurais Jatobá, Nova Esperança, Rancho da Saudade, Sapicuí, Corixo, Bom Sucesso e Katira, situados na região fronteira com a Bolívia (**Figura 1**). Os assentamentos rurais Jatobá, Nova Esperança e Rancho da Saudade foram criados em 1997, com áreas de 906,88 ha, 1.695,28 ha e 2.407,46 ha, respectivamente; o Sapicuí em 1999, com área total de 1.249,77 ha; o Corixo no ano de 2001, área de 3.413,18 ha, o Bom Sucesso foi criado em 2002, área de 433,26 ha e o Katira em 2003, com área de 1.886,36 ha (Incrá, 2016).

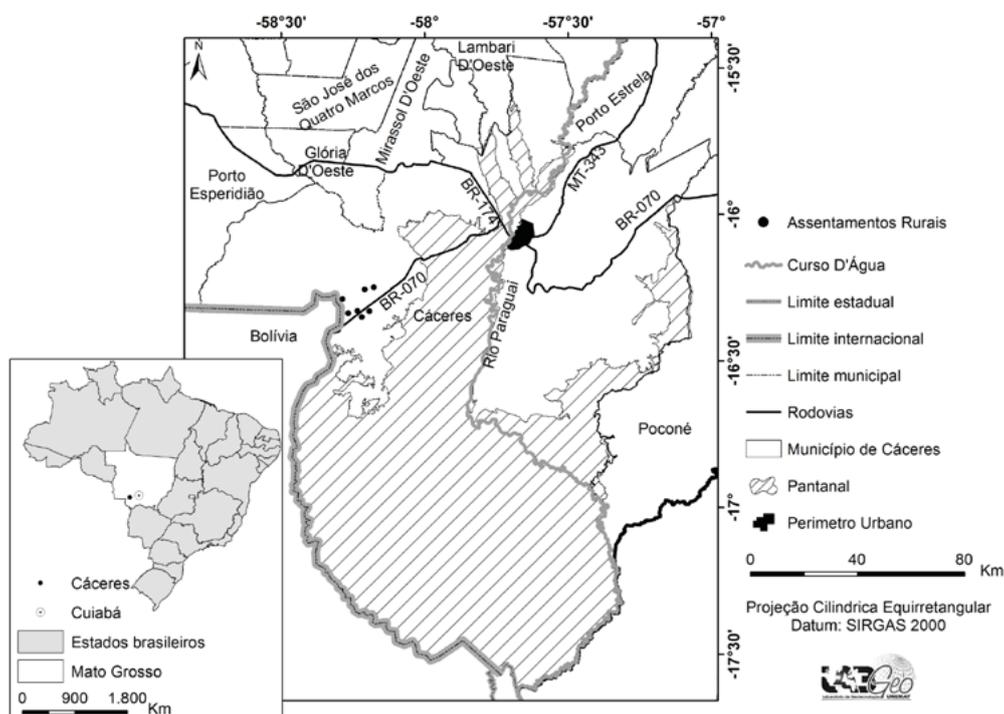


Figura 1. Assentamentos rurais de Cáceres situados na faixa de fronteira Brasil-Bolívia.
Fonte: LabGeo Unemat (2016).

O município de Cáceres, com extensão territorial é de 24.577,114 km², possui uma população de 87.942 habitantes (IBGE, 2016), cuja pecuária é a principal atividade econômica, possuindo um dos maiores rebanhos bovinos do Brasil. A atividade do turismo tem se desenvolvido nos últimos anos, com destaque para a pesca esportiva.

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Cáceres é de 0,708, sendo abaixo da média estadual, que é de 0,725. A longevidade é a que mais contribui para o IDH-M, com o índice de 0,813, seguida pela renda com 0,691 e pela educação com 0,633 (PNUD, 2015).

Segundo Neves et al. (2011), o clima do município é do tipo Tropical quente e úmido, com inverno seco (Awa). A precipitação anual média é de 1.335 mm, com concentração das chuvas no período de dezembro a março, sendo o mês de janeiro o de maior ocorrência de precipitação. O período de seca é de oito meses (abril a novembro), sendo mais intenso no período de junho a agosto, registrando em média apenas 4,9% do total pluviométrico anual. A temperatura média anual de Cáceres é de 26,24°C.

Na vegetação do município predomina o Cerrado e na proximidade dos canais fluviais a

Floresta Estacional (Brasil, 2012).

3.2 Procedimentos metodológicos

Para o levantamento da cobertura vegetal e uso da terra, o estudo foi desenvolvido através das seguintes etapas: registro de imagens, recorte, segmentação e classificação supervisionada.

Para o registro foi necessário a aquisição das imagens dos satélites Landsat 5 e 8, relativa a órbita/ponto 228/71 dos anos de 1993, 2003 e 2015. Estas foram processadas no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas – Spring (Câmara et al., 1996). Inicialmente, foi criado um Banco de Dados Geográficos. E na sequência procedeu-se o registro das imagens, que consistiu na obtenção de 16 pontos de controle por imagem, considerando a distribuição dos pontos em toda a sua superfície. Vale ressaltar que as imagens Landsat 8 não passaram pelo registro por serem georreferenciadas.

Na sequência foram realizados os recortes utilizando como máscara as bases cartográficas digitais dos assentamentos rurais em estudo. Para segmentação utilizou-se o método de crescimento de regiões, onde definiu-se o valor de similaridade e área em 8x10 para as imagens Landsat 5 e 15x20 para as Landsat 8, devido possuírem resolução radiométricas distintas.

Na classificação foram adotadas 3 classes: Água, Uso antrópico e Vegetação. Por fim, a classificação foi exportada no formato *shapefile* e no ArcGis 10.4.1 (Esri, 2016) foi realizada a pós-classificação, a quantificação das classes temáticas e elaborados os layouts dos mapas.

4. Resultados e discussão

O estado de Mato Grosso, região Centro-Oeste brasileira, passou nas duas últimas décadas por grandes modificações na sua paisagem natural, oriundas do modelo de desenvolvimento do País, cujas bases consistiram na incorporação de novas terras e mudança nos tipos de uso, visando impulsionar a produção vinculada ao agronegócio (Luciano et al., 2014).

Nos assentamentos rurais em estudo ocorre a fitofisionomia vegetal de Savana florestada, que segundo o IBGE (2012), trata-se de um subgrupo de formação com fisionomia típica e característica restrita a áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, sob clima tropical eminentemente estacional. Apresenta sinúrias lenhosas de micro e nanofanerófitos, tortuosos com ramificação irregular, providos de macrófitos esclerófitos perenes ou semidecíduos, ritidoma esfoliado corticoso rígido ou córtex maciamente suberoso, com órgãos de reserva subterrâneos ou xilopódios, cujas alturas variam de 6 a 8 m.

Na área onde foi demarcado o assentamento rural Jatobá no ano de 1993, a vegetação era de 91%, em 2003, após a criação do assentamento, houve a diminuição para 68,78%, e em 2015, reduziu para 34,80%, demonstrando a ocorrência de mudanças expressivas na dinâmica da cobertura da terra nessa área.

No local onde foi implantado o assentamento Nova Esperança em 1993, a vegetação era de 73%, no ano 2003, diminuiu para 56,87%, e em 2015, a vegetação foi reduzida para 36,54%. Evidenciando a ocorrência de mudanças expressivas na dinâmica de cobertura, uma vez que este assentamento foi criado no ano de 1997.

Na área destinada ao assentamento Rancho da Saudade em 1993, a vegetação era de 78,23%, em 2003 decresceu para 50,43% e no ano de 2015 para 19,90%.

No assentamento Sapicuá no ano de 1993 a vegetação estava presente em 55,94% de sua extensão territorial, em 2003 foi reduzida para 38,67% e no ano de 2015 restava 16%. Demonstrando mudanças expressivas, uma vez que este assentamento foi criado no ano de 1999.

Quanto ao assentamento Corixo, em 1993 a vegetação ocupava 88,33%, em 2003 diminuiu para 80,29% e no ano de 2015 cobria 59,92% da área. Cabe salientar que este assentamento foi

criado em 2001.

No espaço onde foi implantado o assentamento Bom Sucesso em 1993, a vegetação estava intacta, em 2003 recobria 93,45% em 2015 diminuiu para 49,41%, vale salientar que este foi criado no ano de 2002.

Nos limites do assentamento Katira em 1993, a vegetação era de 98%, em 2003 decresceu para 91,77% e no ano de 2015 correspondia a 49,52%, enquanto o uso aumentou para 50,48%. Este assentamento foi criado no ano de 2003.

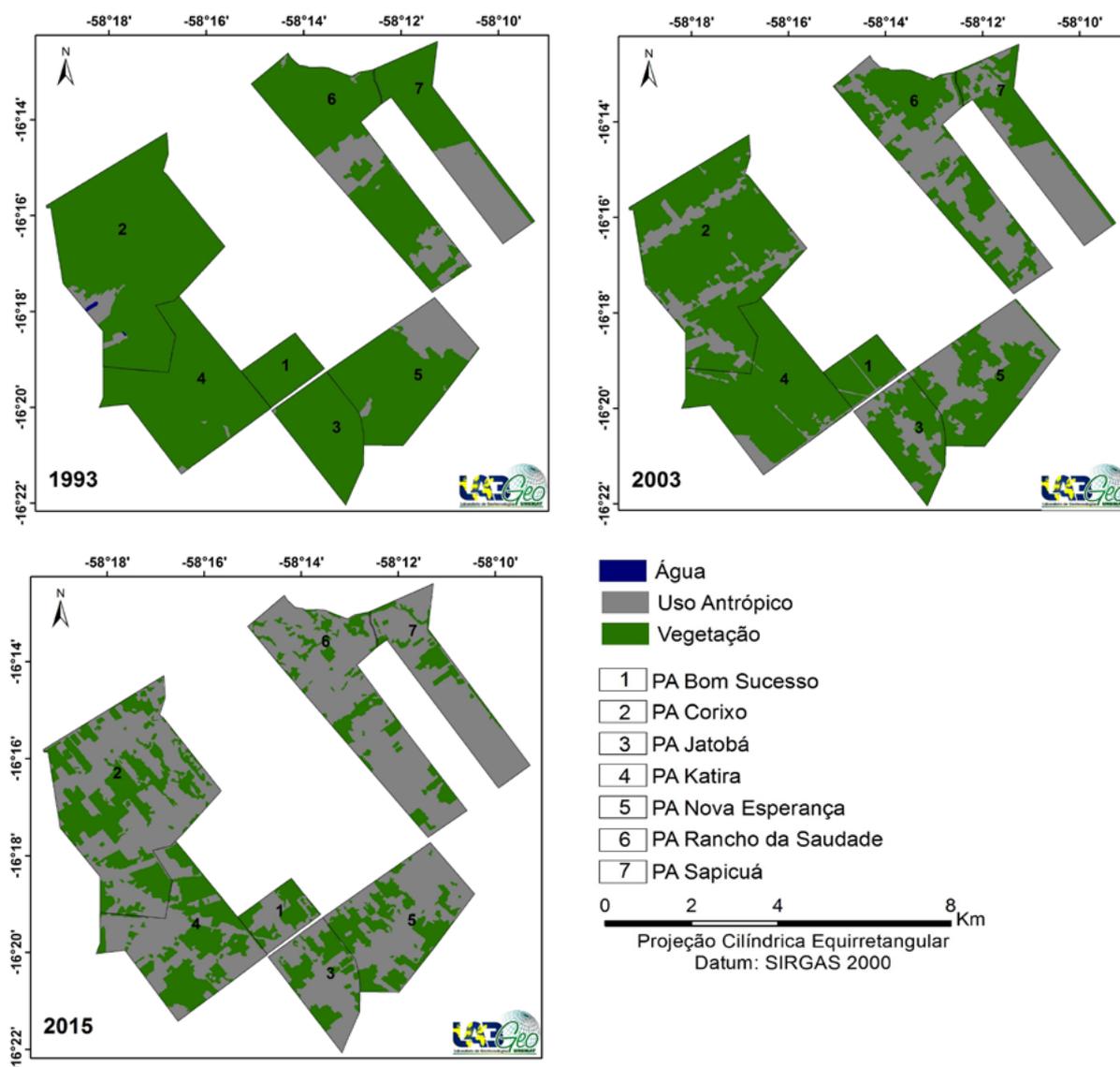


Figura 2. Mudanças na cobertura vegetal e uso da terra das paisagens nos assentamentos rurais Jatobá, Nova Esperança, Rancho da Saudade, Sapicuá, Corixo, Bom Sucesso e Katira.

Fonte: os autores (2016).

Em todos os assentamentos em estudo é nítida a diminuição da vegetação e o aumento do uso da terra, voltado principalmente para a pecuária (**Tabela 1**), principalmente quando se compara o ano de 1993, anterior à criação dos mesmos e o ano de 2015, posterior a criação.

Este cenário é resultado necessidade do homem, pois os assentados buscaram obter o sustento da família por meio do trabalho com a terra, que neste caso foi através da implantação de pastagem para desenvolver a pecuária leiteira, a fim de ampliar a renda.

O mesmo resultado foi encontrado no estudo de Silva et al. (2012) e Oliveira et al. (2013), ao

investigarem todos os assentamentos rurais de Cáceres/MT e verificaram situação semelhante, pois a pecuária leiteira constitui a principal atividade geradora de renda. Silva et al. (2012) afirmaram que em média 70% das áreas dos assentamentos estão ocupadas com pastagens e apenas 30% com atividades agrícolas.

Considerando a legislação ambiental nacional que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa (Lei nº. 12.651, de 25 de maio de 2012), que estabelece que, para região de Cerrado, vegetação predominante nos assentamentos pesquisado, no mínimo 35% da cobertura vegetal original deverá ser destinada a Reserva Legal foi verificado que dentre os assentamentos contemplados neste estudo, o Nova Esperança (36,54%), o Corixo (59,92%), o Bom Sucesso (49,41%) e o Katira (49,52%) possuem área com cobertura de vegetação superior a exigida na legislação, contudo situação inversa foi encontrada nos assentamentos Jatobá (34,8%), Rancho da Saudade (19,9%) e Sapicuá (16%) (**Tabela 1**).

Em todos os assentamentos estudados a classe Uso, representada primordialmente pela diminuição da vegetação para a implantação da atividade agropecuária, esteve em constante crescimento no período analisado. Em 2015, o percentual de 65,2% da área total do assentamento Jatobá, 63,46% do Nova Esperança, 80,1% do Rancho da Saudade, 84% do Sapicuá, 100% do Corixo, 49,41% do Bom Sucesso e 50,48% do Katira apresentavam algum tipo de uso antrópico, indicando a retirada de cobertura vegetal.

Após a implementação dos assentamentos, por meio de políticas públicas de reforma agrária, houve uma melhor distribuição de terras entre um número maior de famílias, mas consequentemente essa ocupação também contribuiu na supressão da vegetação, para implantação de atividades geradoras de renda.

Tabela 1. Mudanças espaço temporal da paisagem nos assentamentos Jatobá, Nova Esperança, Rancho da Saudade, Sapicuá, Corixo, Bom Sucesso e Katira.

Assentamentos	Classes	Área						Dinâmica %
		1993		2003		2015		
		Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	
Jatobá	Vegetação	8,33	91	6,26	68,78	3,17	34,80	-61,97
	Uso	0,78	9	2,84	31,22	5,94	65,20	86,92
Total		9,10	100	9,10	100	9,10	100	----
Nova Esperança	Vegetação	12,31	73	9,57	56,87	6,15	36,54	-50,04
	Uso	4,53	27	7,26	43,13	10,68	63,46	57,62
Total		16,83	100	16,83	100	16,83	100	----
Rancho da Saudade	Vegetação	18,58	78,23	11,98	50,43	4,73	19,90	-74,57
	Uso	5,17	21,77	11,78	49,57	19,02	80,10	72,82
Total		23,75	100	23,75	100	23,75	100	----
Sapicuá	Vegetação	7,24	55,94	5,00	38,67	2,07	16,00	-71,40
	Uso	5,70	44,06	7,93	61,33	10,86	84,00	90,61
Total		12,93	100	12,93	100	12,93	100	----
Corixo	Vegetação	29,19	88,33	26,53	80,29	13,24	59,92	-54,63
	Uso	3,77	11,40	6,49	19,65	19,80	100,00	78,97
	Água	0,09	0,26	0,02	0,05	0,00	----	----
Total		33,04	100	33,04	100	33,04	100	----
Bom Sucesso	Vegetação	4,34	100	4,06	93,45	2,20	49,41	-49,45
	Uso	0	----	0,28	6,55	2,14	49,41	100,00
Total		4,34	100	4,34	100	4,34	100	----
Katira	Vegetação	18,60	98	17,46	91,77	9,42	49,52	-49,36
	Uso	0,42	2	1,57	8,23	9,60	50,48	99,16
Total		19,02	100	19,02	100	19,02	100	----

Fonte: Elaborada pelos autores (2016).

A expansão da pecuária nos assentamentos teve o desenvolvimento favorecido pela adaptabilidade das pastagens às condições edafoclimáticas de Mato Grosso, em particular na porção sudoeste (Fietz et al., 2008; Ribeiro et al., 2015).

Conforme Freitas et al. (2014), todos os assentamentos rurais no município de Cáceres têm o uso da terra voltado para fins pecuários, mas a agricultura tem apresentado crescimento no município, o que refletirá com o tempo na mudança do uso da terra nos assentamentos, contribuindo para implantação e consolidação de um modelo sustentável de agricultura, demandando cuidado no manejo do solo, reduzindo os impactos ao meio ambiente.

Por meio das visitas à campo, pode-se observar a degradação da paisagem devido ao uso inadequado dos solos, situação que demanda estratégias de trabalho em conjunto e a organização dos processos produtivos, visando alcançar o equilíbrio entre a produtividade e a redução dos impactos à natureza, assim como o acesso a políticas públicas que ofertem condições adequadas de trabalhos aos assentados da reforma agrária.

Para que as explorações agrícolas possam ser conduzidas sob bases conservacionistas, sem descuidar dos interesses financeiros dos agricultores familiares e da conservação dos elementos naturais, é necessário o planejamento do uso da terra, tendo em vista o conjunto de suas principais características físicas, ecológicas e econômicas (Paz et al., 2009).

A classe de menor expressão nos assentamentos foi a Água, haviam dois corpos de água no assentamento Corixo no ano de 1993 (**Figura 2**), ou seja, não se manteve nos anos subsequentes. Por ser a água de acordo com Merten e Minella (2002), um recurso finito, e que sem a mesma não é possível o desenvolvimento das atividades produtivas realizadas nos assentamentos, a situação de equilíbrio apresentada mostra-se insatisfatória. O que levou os assentados a perfurarem represas e/ou poços particulares, uma vez que, o poço coletivo não abastece, satisfatoriamente, esta população para fins domésticos e agrícolas.

Haviam dois corpos de água no assentamento Corixo no ano de 1993 (**Figura 2**), porém nos anos subsequentes estes corpos d'água desapareceram. A água transcende a relevância de uso, ao ser indispensável para a vida humana e animal, devendo conforme os princípios agroecológicos ser conservada. O que no caso demanda a utilização de práticas conservacionistas, como: a redução do escoamento superficial, a redução do uso de agroquímicos, o manejo dos efluentes produzidos pela criação de animais e a recuperação das matas ciliares, visando à conservação da qualidade dos recursos hídricos (Merten e Minella, 2002; Kreitlow et al., 2013).

5. Conclusões

Constatou-se aumento das atividades agropecuárias em detrimento à cobertura vegetal, devido à necessidade de obtenção de sustento dos assentados por meio do uso da terra.

A dinâmica de uso e cobertura nos assentamentos Jatobá, Rancho da Saudade e Sapicuá, evidenciado pelo estado da componente vegetação da paisagem demandam estratégias de atuação para recuperação da vegetação, e nos demais assentamentos em estudo, estratégias para a manutenção e conservação da vegetação ainda existente.

6. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT pela concessão da bolsa de estudos de mestrado.

Ao projeto de pesquisa “Modelagem de indicadores ambientais para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas da região sudoeste de Mato Grosso/MT” financiado no âmbito do Edital MCT/ CNPq/ FNDCT/ FAPs/ MEC/ CAPES/ PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010 e ao Projeto de Extensão “Núcleo de Extensão em Desenvolvimento Territorial da Grande Cáceres: uma estratégia de desenvolvimento sustentável por meio de ações que fortaleçam a produção agroecológica, agroindustrialização, comercialização e a atuação das mulheres” financiado no âmbito do Edital CNPq/ MDA/ SPM-PR Nº 11/2014.

7. Referências

- Batistella, M.; Brondizio, E. S. Uma estratégia integrada de monitoramento e análise de impacto ambiental de assentamentos rurais na Amazônia. In: Romeiro, A.R. (Org.) **Avaliação e contabilização de impactos ambientais**. Campinas/SP: Unicamp, 2004. p. 74-86.
- Bertrand, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, n. 13, p. 1-27, 1971.
- Chopra, R.; Dhiman, R. D.; Sharma, P. K. Morphometric analysis of sub-watersheds in Gurdaspur district, Punjab using remote sensing and GIS techniques. **Journal of the Indian Society of Remote Sensing**, v. 33, n. 4, p. 531-539, 2005.
- Fietz, C. R.; Comunello, E.; Cremon, C.; Dallacort, R. **Estimativa da precipitação provável para o Estado de Mato Grosso**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 239 p.
- Freitas, L. E.; Neves, S. M. A.S.; Neves, R. J.; Carvalho, K. S. A.; Kreitlow, J. P.; Dassoller, T. F. Avaliação do uso dos solos nos assentamentos do município de Cáceres/MT. **Cadernos de Agroecologia**, Dourados, v. 9, n. 4, p. 1-12, 2014.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510682&search=mato-grosso|caceres>>. Acesso em: 13 fev. 2016.
- Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 271p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Microrregiões**. Disponível em: <http://www.ngb.ibge.gov.br/Default.aspx?pagina=micro>>. Acesso em: 13 jun. 2016.
- Kreitlow, J. P.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R.J.; Silva, J. S.V.; Nespoli, A. Análise do uso da terra no assentamento Laranjeira I em Cáceres-MT: subsídios para a conservação água. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2013.
- Luciano, A. C. S.; Silva, J. S. V.; Neves, S. M. A. S. **Revista GeoPantanal**, Corumbá/MS, n. 16, p. 57-75, jan./jun. 2014.
- Merten, G. H.; Minella, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v. 3, n. 4, p. 33-38, 2002.
- Neves, S. M. A. S.; Miranda, M. R. S.; Scheuer, J. M. Mudanças espaço temporal da paisagem dos assentamentos Providência III e Tupã, no contexto das transformações socioterritoriais do município de Curvelândia-MT. In: ALMEIDA, R. A.; SILVA, T. P. (Org.) **Repercussões territoriais do desenvolvimento desigual combinado e contraditório em Mato Grosso**. Campo Grande: UFMS, 2015. p. 217-239.
- Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; Mercante, M. A. Dinâmica da paisagem na região nordeste de Cáceres-MT, com suporte nas geotecnologias. In: ROGRIGUES, S. C. (Org.) **Paisagens do Pantanal e do Cerrado: fragilidades e potencialidades**. Uberlândia: EDUFU, 2011. P. 153-178.
- Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; Galvanin, E. A. S.; Kreitlow, J. P.; Mendes, M. F.; Costa, E. A. Dinâmica da cobertura vegetal e do uso da terra no assentamento Roseli Nunes, região sudoeste de planejamento de Mato Grosso. **Cadernos de Agroecologia**, Dourados, v. 9, n. 4, p. 1-12, 2014.
- Neves, S. M. A. S.; Nunes, M. C. M.; Neves, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT - Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 55-68, 2011.
- Oliveira, R. K. P.; Neves, S. M. A. S.; Seabra Junior, S.; Silva, T. P.; Neves, R. J. Agricultura familiar em assentamentos rurais no município de Cáceres/MT: uma leitura socioeconômica. **Cadernos de Agroecologia**, Dourados, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2013.
- Paz, M. R.; França, F. A.; Loch, C. A importância da adoção de técnicas de geoprocessamento no planejamento agroecológico de propriedades rurais familiares. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 985-988, 2009.
- Pnud. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. (2015). **Desenvolvimento Humano e IDH**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/Ranking-IDHM-Municipios-2010.aspx>>. Acesso em: 12 fev.

2016.

Ribeiro, R. C.; Dallacort, R.; Barbieri, J. D.; Santi, A.; Ramos, H. C. Zoneamento do saldo hídrico anual da cana-de-açúcar para o estado de Mato Grosso. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p 1958-1970, 2015.

Silva, T. P.; Almeida, R. A.; Kudlavicz, M. Os assentamentos rurais em Cáceres/MT: espaço de vida e luta camponesa. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas/MS, v. 8, n. 15, p. 62-82, 2012.



Uso do modelo digital de elevação para planejamento ambiental em nível de micro bacia contribuinte do Pantanal

Valéria Shirley Orth de Jesus ¹
Jepherson Sales ²
Cleberon Ribeiro de Jesus ³
Eliana Beatriz Nunes Rondon Lima ⁴

^{1,2,3,4}Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT
Av. Fernando Correa da Costa nº2367
78060-900 - Cuiabá - MT, Brasil
vsorth@yahoo.com.br
Jepherson.sales@gmail.com
cleberufmt@hotmail.com
elianar@ufmt.br

Resumo. A taxa populacional e as características físicas de uma bacia influenciam ambientalmente um curso de água. Essas influências dependendo do local da inserção de uma bacia, afetam diretamente as planícies alagadas. Assim, o bioma do Pantanal possui seu ecossistema diretamente afetados pelos planaltos, pois é neste local que se encontram suas nascentes. Justifica-se a escolha da área de estudo baseada na grande influência que esta possui por ser uma bacia urbanizada. O objetivo deste trabalho é aplicar o uso de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento para demonstrar as características da área de estudo e quantificar os efluentes líquidos sem tratamento despejados na Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado (BHCB) que são encaminhados para o Pantanal. Conclui-se que as características da bacia como altitude e declividade influenciam e favorecem a urbanização nas proximidades do canal para despejo de efluentes, sendo este demonstrado pelos setores censitários mais populosos próximos ao curso de água.

Palavra-chave: efluentes de esgoto; contaminação ambiental; geoprocessamento

Abstrat. Population rates and physical characteristics of a bowl environmental influence a watercourse. These influences depending on the location that is inserted into a basin directly affect the floodplains. Thus, the biome of the Pantanal has its ecosystem directly affected by plateaus, it is here that are its sources. Justified the choice of the study area based on the great influence that this has to be an urbanized basin. The objective of this work is to apply the use of Remote Sensing and GIS to demonstrate the study area characteristics and quantify the wastewater untreated dumped in Basin Barbado Stream (BHCB) that are referred to the Pantanal. It is concluded that the basin characteristics such as altitude and slope influence and promote urbanization near the canal for discharge of effluents, which is shown by the census tracts most populous close to the watercourse.

Key-words: sewage effluents; environmental contamination; geoprocessing

1. Introdução

A taxa de crescimento populacional mundial e nacional vem apresentando uma ligeira queda conforme dados apresentados pelo IBGE (2013). Em 1960, a taxa de crescimento populacional mundial era de 1,84, enquanto que o Brasil apresentava uma taxa de 2,99, muito superior ao crescimento mundial. Já em 2010, verifica-se uma ligeira queda em comparação entre a taxa de crescimento populacional mundial e a nacional. A taxa mundial ficou em 1,20, enquanto que a taxa no Brasil foi para 1,17. Apesar desta diminuição, verifica-se que o desenvolvimento econômico aumentou o uso e ocupação do terra nas áreas urbanas, ocasionando a degradação de Bacia Hidrográficas inseridas neste ambiente.

De acordo com Tucci (2008), o aumento populacional ocasiona os seguintes problemas de infraestrutura relacionados à água: falta de tratamento de esgoto; falta de rede de drenagem; inundações ocasionadas pelo aumento das áreas impermeabilizadas e canalização dos rios; ocupação das áreas ribeirinhas ao leito do rio; e deterioração da qualidade de água por falta de tratamento de efluentes.

Tais problemas, podem ser diretamente evidenciados no bioma do Pantanal em decorrência do uso e ocupação da terra de forma desordenada. A Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado (BHCB), é um exemplo de micro bacia urbanizada que faz parte da Bacia Hidrográfica do Paraguai onde está inserido o Pantanal conforme disposto pela Agência Nacional de Águas (ANA).

Galvão e Menezes (2005), demonstram que a partir de 2002, a ANA, ficou responsável pela rede Hidrométrica Nacional. De acordo com a ANA (2006), iniciou-se a construção da codificação das Bacias Hidrográficas pelo processo de Otto Pfafstetter. Posteriormente foi estipulado que a Bacia Hidrográfica do Paraguai seria codificada como P₄.

O Pantanal, é um ecossistema considerado Reserva da Biosfera e Patrimônio Natural da Humanidade pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciências e Cultura (Ministério Do Meio Ambiente, 2000), pois sua área de abrangência se encontra distribuída por mais três países além do Brasil: Argentina, Bolívia e Paraguai. O Brasil, apresenta a maior área de abrangência da Bacia do Paraguai, possui cerca de 33% da área. (ANA, 2016)

A Bacia do Alto Paraguai possui as nascentes localizadas principalmente no planalto nos biomas Amazônico e Cerrado o qual circundam a planície do Pantanal conforme WWF-BRASIL (2009). Assim, os empreendimentos como: crescimento urbano, instalações de usinas hidroelétricas, expansão da agropecuária, implementação de indústrias instaladas nas regiões de planalto, afetam diretamente as áreas de planícies do Pantanal, sendo esse um dos quesitos também abordado por WWF-Brasil (2009) e Andrade (2013).

Tucci (1997), aborda que o uso e ocupação da terra é responsável pelas mudanças antrópi-

cas que ocorrem em uma bacia urbana. Estas mudanças resultam na maior impermeabilização de áreas, obstruções de canais, realizações de pontes, mudanças de leito com processos de canalizações.

Mucelin e Berllini (2008), relatam que o aumento populacional ocasionado pela expansão territorial, causam impactos como: o aumento da produção de sedimentos pelas alterações ambientais das superfícies e produção de resíduos sólidos; deterioração da qualidade da água pelo uso nas atividades cotidianas; lançamento de lixo, esgoto e águas pluviais nos corpos receptores. Assim, o cenário urbano acaba sendo um dos principais contribuintes para o agravamento ambiental em função do aumento de esgoto lançado nos corpos hídricos.

De acordo com Ramos et al., (2014), o geoprocessamento é uma ferramenta indispensável para propor formas de soluções aos problemas nas políticas públicas urbanas contribuindo na preparação de base de dados que ajudam e melhoram o planejamento urbano. Esta ferramenta torna-se indispensável para a realização do gerenciamento e planejamento ambiental de bacias, tomando como exemplo a realização desta metodologia em micro bacias que compõem o ecossistema do Pantanal.

2. Objetivo

Justifica-se a escolha da área de estudo em razão da inserção desta na Bacia Hidrográfica que compõem o bioma Pantanal. De acordo com Boaventura; Freitas; Machado (2014), a BHCB é uma bacia urbanizada pois possui cerca de 57,4% de sua área impermeabilizada e se encontra totalmente inserida na área urbana do município de Cuiabá-MT. Apresenta uma grande contribuição de despejos de efluentes em seu leito em razão da inexistência de tratamento de esgoto neste município.

Os objetivos deste trabalho são: aplicar o uso de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento para demonstrar as características da área de estudo e quantificar os efluentes líquidos sem tratamento despejados na Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado (BHCB) o qual são encaminhados ao bioma do Pantanal.

3. Material e método

A área de estudo, de acordo com Ventura (2011), possui uma extensão de 8,95 km e uma área de 13,89 Km² com divisa geográfica com as seguintes bacias: sub-bacia do Rio Coxipó, do Ribeirão do Lipa, do Córrego da Prainha e a sub-bacia do Córrego Gambá e está localizada na porção centro leste da cidade de Cuiabá-MT.

Sua nascente está localizada na latitude 15°33'55.3108"S e na longitude 56°4'0.2491"W enquanto que sua foz desagua no Rio Cuiabá estando localizada na latitude 15°38'1.8230"S e longitude 56°4'50.897"W conforme demonstrado na **Figura 1**.

Os dados de Modelo Numérico do Terreno (MNT) foram obtidos por meio da missão *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) disponíveis no site do *United States Geological Survey* (USGS), são arquivos matriciais com resolução de 30 metros. A missão foi iniciada no ano 2000 de uma ação conjunta da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), com a NIMA (*National Imagery and Mapping Agency*), a DLR (Agência Espacial Alemã) e a ASI (Agência Espacial Italiana).

Câmara, Monteiro e Medeiros (2004), definem que o MNT, são representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre dentro de uma região da superfície terrestre.

Utilizou-se também imagens LANDSAT 5TM, obtidas em 2010 para compor a caracterização das áreas de estudo e demais referência com o sistema Datum SIGLAS 2000.

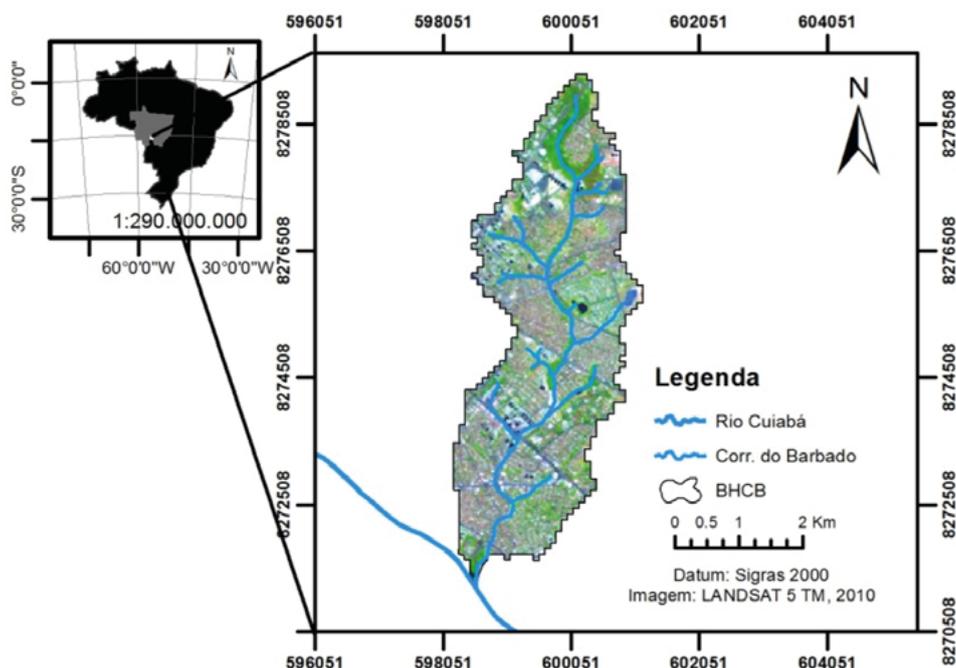


Figura 1. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado

O mapeamento da rede de drenagem e delimitação da BHCB foi realizada por meio da ferramenta ArcHidro 9.3 do Software Arcgis 9.3 (ESRI). Essa extensão realiza cálculos com a entrada de um modelo numérico do terreno dos fluxos de acumulação e direção, área de contribuição das bacias hidrográficas e segmentação dos cursos d'água de forma automática (JENSON; DOMINGUE, 1988). Após obtenção da rede de drenagem foi realizado a correção dos cursos d'água por meio de interpretação visual e vetorização.

As classes hipsométricas foram obtidas com a função “*simbology*” do software ArcGIS 9.3 onde foi possível realizar o fatiamento da altimetria da BHCB obtendo 04 classes de altitude compatíveis para a realização do conhecimento do comportamento do relevo no quesito de altitude. Após confecção do mapa foi realizado conversão do arquivo *raster* (matricial) para *shapefile* (vetorial) polígonos para realização do cálculo das classes hipsométricas.

O cálculo da declividade do terreno foi extraído pela função “*slope*” do software ArcGIS 9.3, sendo obtida também quatro classes de declividade da bacia hidrográfica e realizado-se a conversão de arquivo *raster* (matricial) para *shapefile* (vetorial) polígono para realização do cálculo das classes de declividade.

A segunda etapa é a quantificação total de efluente liberados diariamente na BHCB, bem como a espacialização dos dados por meio de geoprocessamento da população residente, senso demográfico, IGBE (2010), da população flutuante de dois shoppings na área de pesquisa, (Corpo de Bombeiros de Mato Grosso, 2013) e da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT, 2013), também localizada na BHCB.

A estimativa de população, para o caso de shopping, pode ser realizada dividindo-se a área total dos estabelecimentos por 4m², assim obtendo a obtendo a população flutuante. Essa metodologia de obtenção da estimativa de população é utilizada pelo Corpo de Bombeiros do Estado de Mato Grosso (2013). A população da UFMT foi extraída a partir de dados do anuário estatístico que apresenta informações referentes ao ano de 2010 (UFMT, 2013).

De acordo com Abreu e Sá (2014), a estimativa do cálculo de efluente é resultado da multiplicação da população pela taxa de esgoto per capita, disponível na NBR 7229 (ABNT,1993).

De acordo com ABNT (1993), a contribuição de esgoto gerada por habitante/ dia para residências de classe média é de 130 l/dia e para estabelecimentos comerciais ou público é de 50 l/dia.

A realização desta metodologia proporciona o dimensionamento de estimativas que poderão ser utilizadas em toda a bacia do Pantanal de forma a prever os locais que necessitam de um planejamento ambiental mais intensivo e voltado para o tratamento de efluentes que propiciarão políticas de atuação em pontos específicos de forma mitigadora.

4. Resultados e discussão

A **Figura 2**, demonstra o resultado obtido pelo uso da extensão ArcHidro 9.3 do Software Arcgis 9.3 para realização da delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado (BHCB).

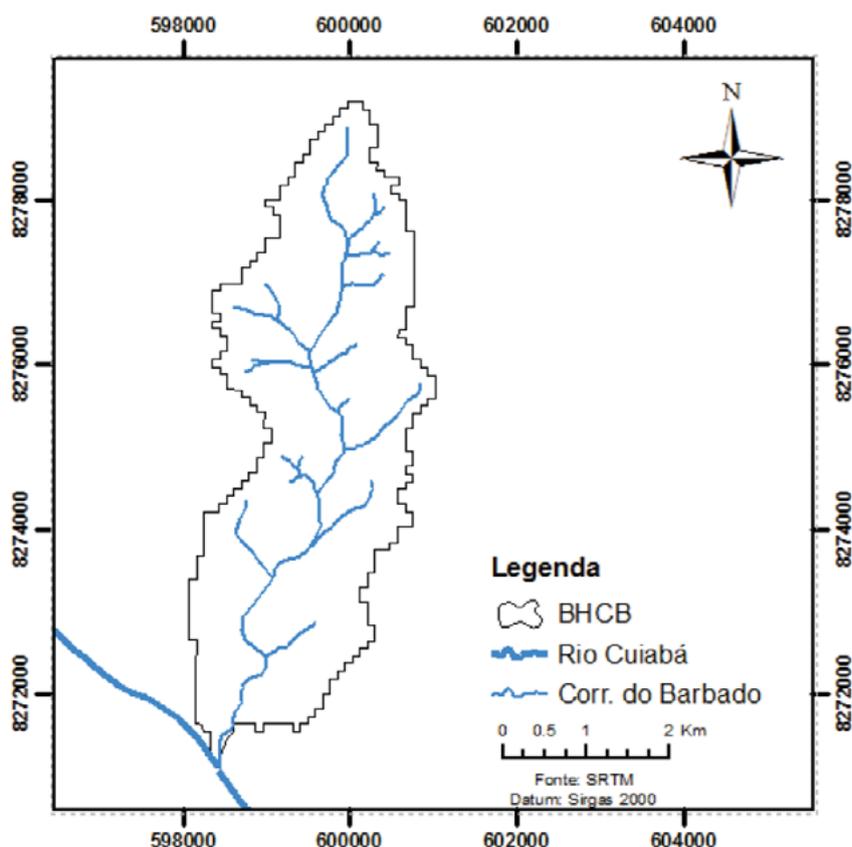


Figura 2. Delimitação da rede de drenagem e Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado

Verifica-se na **Figura 2**, que a delimitação da bacia hidrográfica possui uma forma elíptica o qual também foi mencionada por Ventura (2011). Enquanto o mapa apresentado na **Figura 3**, representa as altitudes constantes na bacia que foram obtidas com a aplicação da função “*simbology*” do software ArcGIS 9.3.

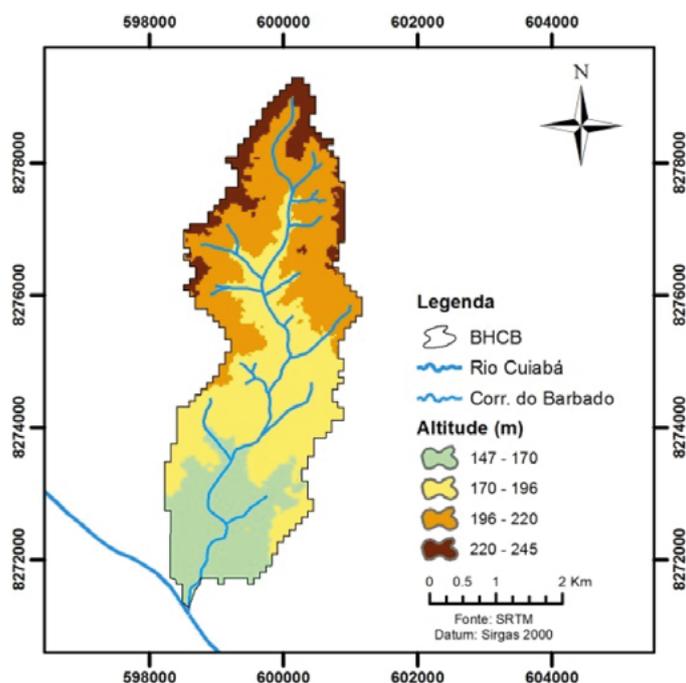


Figura 3. Mapa altimétrico da Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado

A **Figura 3**, o mapa demonstra poucas variações nas altitudes dos terrenos, retratando um desnível máximo de 98 m do ponto mais alto para o mais baixo o que representa um desnível de pouco mais de 100 metros por quilômetro de curso d'água.

A classificação altimétrica foi realizada com a conversão dos arquivos *raster* (matricial) para *shapefile* polígonos, conforme demonstrado na **Tabela 1**.

Tabela 1. Quantificação das classes altimétricas da bacia do barbado

Altitude (m)	Área (m ²)	Percentual (%)
147 - 170	2960984	21.32
170 - 196	5287084	38.07
196 - 220	4373862	31.49
220 - 245	1265854	9.11

As classes apresentadas na **Tabela 1** evidencia que a distribuição principal das classes altitudes da BHCB encontram-se na cota de 147m a 196m, em um total relativo de 59,39% da bacia. Este dado evidencia uma distribuição desigual de altitude furto da característica do relevo da área, os quais possibilitam a urbanização e ocupação em áreas de menor altitude.

Na **Figura 4** esta exposta as classes de declividade percentual onde se apresenta a espacialização dos dado do terreno quanto ao seu desnível.

Para a classificação do mapa de declividade, **Figura 4**, adotou-se a distribuição de classe de acordo com a EMBRAPA (1979), o qual estipula as declividades como plana de 0 a 3%, suave ondulado com a declividade de 3 a 8%, ondulado com a declividade de 8% a 20%, forte ondulado de 20% a 45%, montanhoso de 45% a 75% e forte montanhoso > 75%.

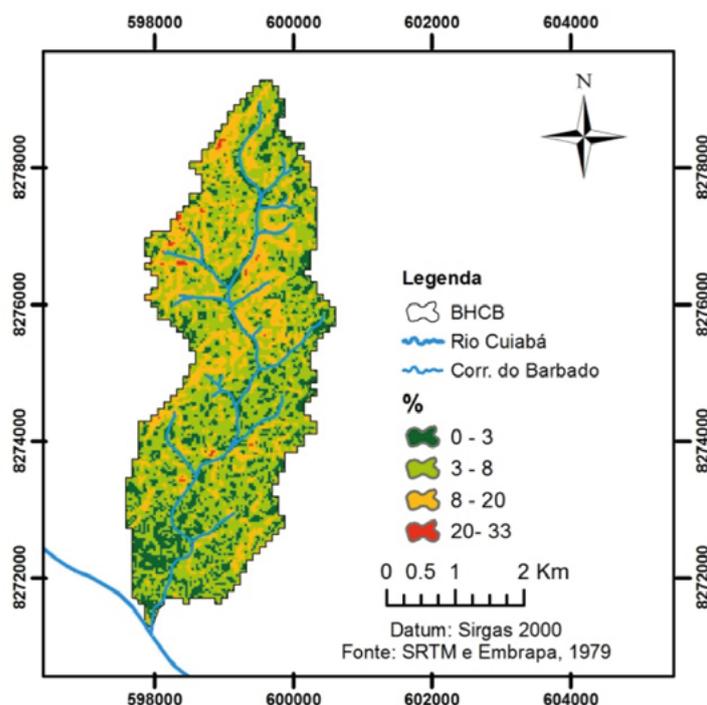


Figura 4. Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado

A **Tabela 2** foi gerada com a conversão do arquivo raster para shapefile polígono no programa ArcGIS 9.3.

Tabela 2. Quantificação das classes de declividade - BHCB

Relevo	Declividade (%)	Área (m ²)	Percentual (%)
Plano	0-3	4.422.256	31.84
Suave-ondulado	3-8	7.161.611	51.56
Ondulado	8-20	2.259.890	16.27
Forte-ondulado	20-33	43.920	0.31

Fonte: adaptado da Embrapa (1979)

Verifica-se que na **Tabela 2**, a Bacia Hidrográfica do córrego do Barbado apresenta uma área maior classificada como suave-ondulado estando cerca de 51,56%. Também se verifica que a bacia possui um 31,84% classificada como plano e que com a somatória dos dois percentuais, a bacia apresenta um total de 83,4% da bacia entre plano e suave-ondulação. Possibilitando a urbanização e ocupação dessas áreas pela sua população.

No mapa da **Figura 5** obteve-se, realizou-se uma classificação da quantidade populacional em cinco faixas. A primeira faixa é até 300 habitantes, a segunda faixa vai de 301 a 500, a terceira faixa de 500 até 1000, a quarta faixa de 1001 até 2000 e a quinta faixa de 2001 até 30000. Foram consideradas a estimativa para as populações existentes tanto nos shoppings quanto na UFMT ou seja a população flutuante.

A **Figura 5** representa o mapa da população residente na bacia hidrográfica do córrego do barbado, obtida com a inclusão de dados do censo do IBGE (2010).

A **Figura 6** representa o quantificação de efluentes líquidos sem tratamento despejados na BHCB, os quais são transportados para ao Pantanal Setentrional, via um de seus principal formadores, o Rio Cuiabá.

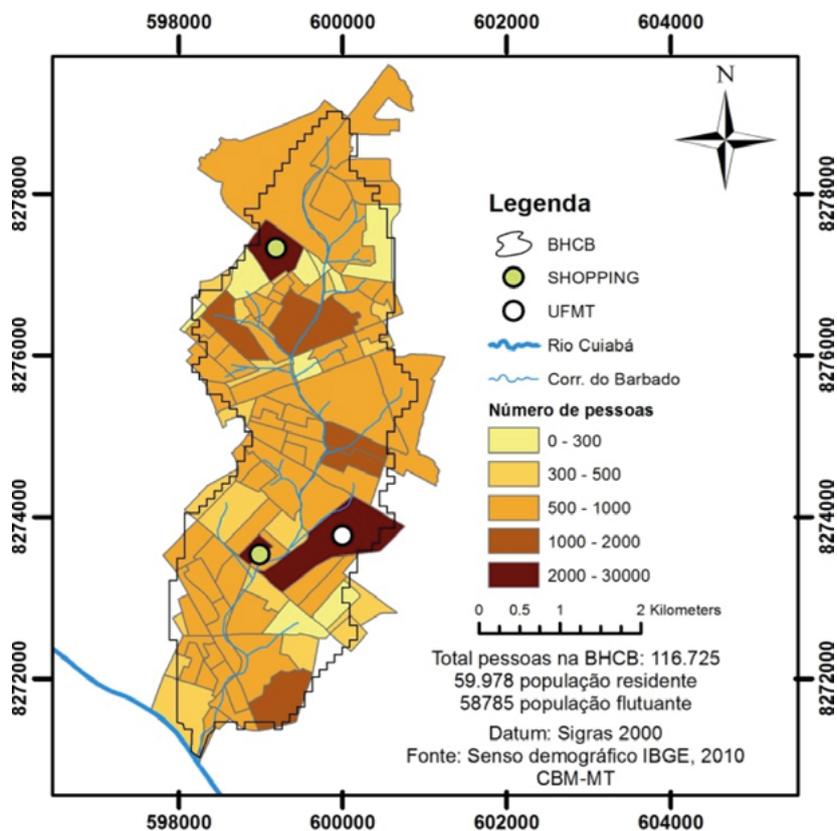


Figura 5. Mapa de população na Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado censo 2010

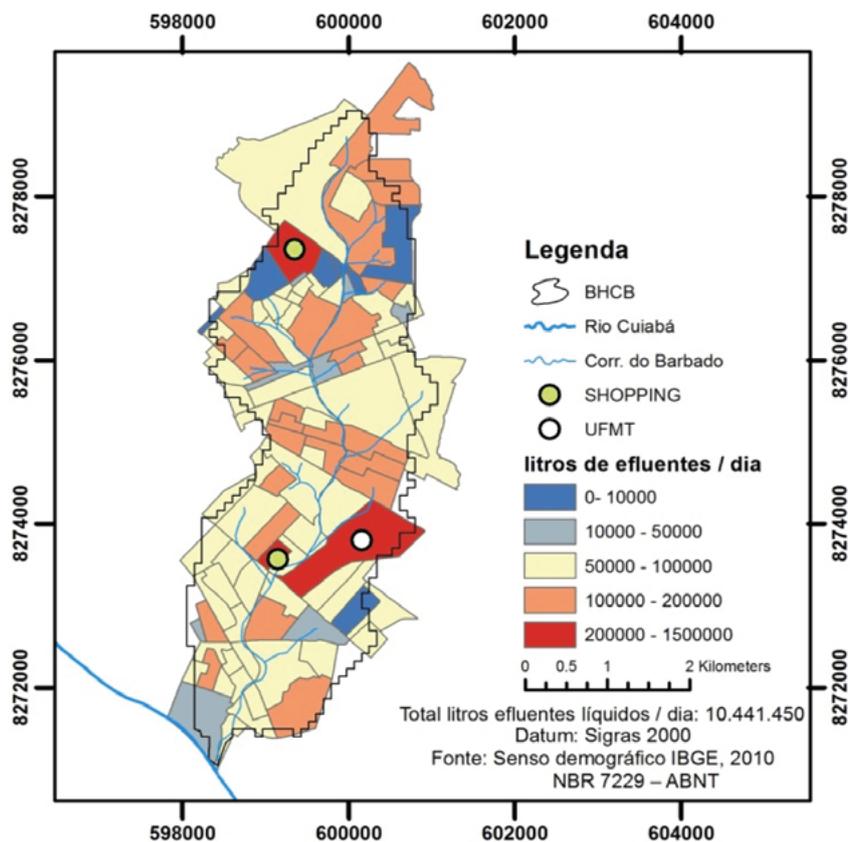


Figura 6. Mapa de quantidade de efluentes líquidos em l/dia na Bacia do Córrego do Barbado

No mapa da **Figura 6**, o cálculo foi realizado multiplicando-se o valor de 130 l/dia da contribuição de esgoto de acordo NBR 7229, ABNT (1993), pela quantidade populacional obtida por dados do IBGE (2010) para as grandes áreas. Já nas áreas comerciais e públicas, o valor da contribuição de esgoto é de 50 l/dia (ABNT; 1993). Adotou-se a estimativa de população obtidas respectivamente pelo cálculo da área para os shoppings e utilização de dados contidos em anuário estatístico para a UFMT.

O mapa apresenta cinco classes de estimativas de efluentes em litros despejados diariamente. Destacamos as áreas referentes aos shoppings e UFMT os quais possuem uma estimativa de contribuição demonstrando uma faixa entre 200.000 l/dia até 1.500.000 l/dias de efluentes despejados neste local.

Os mapas demonstrados na **Figura 5 e 6**, demonstram a importância da realização de um planejamento mais adequado na bacia de forma a buscar soluções ambientais que visem minimizar os atuais problemas decorrentes de sua utilização e ocupação. O mapa da **Figura 6** espacializa a quantidade de efluentes gerados diariamente, onde é possível identificar as áreas de maior contribuição de cada região censitária para a degradação do ambiente.

Os processamentos realizados para essa área, são de efetiva importância na construção de mitigações emergenciais, e possibilidades de estudos mais ampliados nas áreas urbanizadas das bacias hidrográficas formadoras do Pantanal, especialmente a do rio Cuiabá, que concentram os três principais centros urbanos do estado de Mato Grosso, Cuiabá, Várzea Grande e Rondonópolis, e que ao mesmo tempo representam os maiores poluidores desse ecossistema. Diante dessa perspectiva, a metodologia adotada é essencial na implementação de políticas que saneiem os problemas de uso e ocupação do solo, especialmente os urbanos.

5. Conclusão

As características da Bacia Hidrográfica do Córrego do Barbado como altitude e declividade influenciam e favorecem a urbanização nas proximidades do canal o qual contribuem para despejo de efluentes, sendo primordial a realização de políticas de planejamento ambiental que visem o controle e tratamento dos efluentes nesta bacia.

O uso do geoprocessamento em conjunto com os dados de população do IBGE e dados da NBR 7229 (ABNT,1993) nos estudos de bacia hidrográfica relacionados a efluentes líquidos é capaz de estimar a quantidade de esgoto despejados nos corpos d'água, que no caso da BHCB são encaminhados via rede hidrográfica ao Pantanal.

Essa metodologia de estudo pode ser aplicada em toda a extensão da Bacia Hidrográfica do Paraguai (BAP) para identificar e quantificar o lançamento de efluentes líquidos nos corpos d'água contribuintes do Pantanal, espacializando assim as áreas de risco para adoção de políticas de planejamento ambiental e saneamento básico.

Verifica-se a necessidade de realização de estudos mais aprofundados nesta bacia quanto às metodologias de tratamento do esgotamento sanitário lançados no canal em função da grande taxa de urbanização desta bacia pois esta em função de ser um afluente hidrográfico contribuinte ao Pantanal podendo afetar este bioma.

6. Referências

Agência Nacional de Águas – ANA. Região Hidrográfica do Paraguai. Disponível em: <http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/paraguai.aspx>; acessado em: 28.06.2016.

Agência Nacional de Águas – ANA. **Topologia hídrica: método de construção e modelagem da base hidrográfica para suporte à gestão de recursos hídricos**. Superintendência de Gestão da Informação: Brasília, versão 1.11, 2006. 29 p.

Andrade, Rodrigo de Oliveira. A ameaça vem do planalto: ocupação e uso desordenado do solo, ao lado da instalação de usinas hidroelétricas, dificultam o fluxo migratório de espécies no Pantanal. Especial Biota educação III, maio 2013.

ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7229 - **Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos**. ABNT, set. 1993. 15 p.

Abreu, Geisa Cristina Real De; SÁ, Vanessa Pio Torres De. **Dimensionamento de uma estação de tratamento de esgotos para a cidade universitária da UFRJ de acordo com o plano diretor de 2020**. Rio de Janeiro, ago. 2014.

Boaventura, Isabelle Gonçalves. FREITAS, Ava Estevam. MACHADO, Nadja Gomes. Danos Ambientais em Riacho Urbano: o Caso do Córrego do Barbado em Cuiabá, MT. *Uniciências*, v. 18, n. 2, dez. 2014. p. 79-83.

Câmara, Gilberto; Monteiro, Antônio Miguel, Medeiros, José Simeão de. **Introdução a ciência da Geoinformação**. INPE: São José dos Campos, 2004. disponível em < http://www.dpi.inpe.br/Gilberto_new_page.php?lm=livros.csv&lr=livros_right.csv> acessado em: 22.06.2016.

Corpo de Bombeiros Militar de Mato Grosso. **Norma técnica do Corpo de Bombeiros nº 13/2013 : saídas de emergências**. Publicada no D.O.E nº 26178, nov., 2013.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ)**. Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

Galvão, Wougran Soares ; Meneses, Paulo Roberto. **Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas**. INPE: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, abr., 2005. p. 2511-2518.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas do censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:< <http://censo2010.ibge.gov.br/apps/atlas/>> acessado em 28.06.2016

Jenson, S.K.; Domingue, J.O. “**Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis**”. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 54(11), 1988. p. 1593-1600.

WWF-Brasil. **Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do Solo na Bacia do Alto Paraguai – Porção Brasileira – Período de Análise: 2002 a 2008**. Iniciativa: CI – Conservação Internacional, ECOA, Ecologia e Ação, Fundación AVINA, Instituto SOS Pantanal, WWF- Brasil. Brasília, 2009.

Ministério do Meio Ambiente. Unesco declara Pantanal Reserva da Biosfera. Reportagem. NOV. 2000. Disponível em:< <http://www.mma.gov.br/informma/item/1019-unesco-declara-pantanal-reserva-da-biosfera>> acessado em: 14.08.2016.

Mucelin, Carlos Alberto; Bellini, Marta. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. *Sociedade & Natureza*. Uberlândia, ed. 20, jun. 2008. p. 111-124.

Ramos, Raimundo da Silva; Silva, Natanael de Araujo; Rocha, Maria do Espírito Santo Abreu da; Paula, Jorge Eduardo de Abreu. A utilização do geoprocessamento como ferramenta para o planejamento urbano no bairro Planalto Formosa em Timon-MA. Anais do Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto-GEONORDESTE. Aracaju, nov. 2014.

TUCCI, C. E. M. **Águas Urbanas**. Estudos Avançados, v. 22, n.63, São Paulo,2008.

TUCCI, C. E. M. **Águas no meio urbano**. Porto Alegre, cap. 14, livro águas doce, 1997. 40 p. disponível em < http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas> acessado em 22.06.2016.

Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT. **Anuário estatístico da UFMT 2013 ano base 2012**. Cuiabá, 2013. 108 p.

Ventura, R. M. G.; **Caracterização ambiental e hidrológica da bacia do córrego barbado em Cuiabá-MT**. 2011.112p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.



O uso de geotecnologias e o sistema CAR para regularização, licenciamento e monitoramento ambiental rural no Estado do Acre

Leidiane da Silva Pereira ¹
Karla da Silva Rocha ^{1,2}
Laura de Souza Moraes Dueti ^{1 2}

¹ Universidade Federal do Acre - UFAC
Caixa Postal 500 - 69920-900 – Rio Branco - AC, Brasil
leydy.geo@gmail.com

² Laboratório de Geoprocessamento – LAGEOP/UFAC
Caixa Postal 500 - 69920-900 – Rio Branco - AC, Brasil
rocha.karla3@gmail.com.br
laura.dueti@ufac.com

Resumo. O uso desordenado dos recursos naturais leva a degradação do meio ambiente, por isso é importante que órgãos ambientais estaduais sejam parceiros no monitoramento e fiscalização destes recursos. No estado do Acre, autoridades locais estão priorizando a gestão ambiental e fazendo uso de geotecnologias e do sistema de Cadastro Ambiental Rural - CAR para regularizar, licenciar e monitorar propriedades rurais. Este artigo, portanto, visa analisar a importância e aplicabilidade destas tecnologias associadas ao sistema CAR para o processo de regularização, licenciamento e monitoramento de propriedades rurais. Para isto utilizou-se como área piloto a Colônia Transval. Imagens dos satélites Rapideye e Landsat-8 e coordenadas de campo obtidas com receptores GPS foram utilizadas para aquisição de informação georreferenciada. A integração destas informações em um Sistema de Informação Geográfico – SIG foi de grande importância para monitorar e planejar os recursos naturais, contribuindo assim, para reduzir a degradação ambiental, diminuir o desmatamento e preservar as áreas de proteção ambiental na área piloto. O Sistema CAR e as geotecnologias utilizadas nesta pesquisa mostraram-se de suma importância para operacionalizar o cadastro fundiário com rapidez e maior precisão possibilitando as autoridades, preocupadas com a gestão ambiental, uma informação atualizada dos recursos naturais das propriedades rurais de forma rápida e precisa. As informações espaciais georreferenciadas obtidas podem ser consideradas um importante passo na formulação de políticas públicas voltadas para a preservação e conservação dos recursos naturais bem como garantir a sustentabilidade ecológica das atividades econômicas não somente na área piloto, mas em qualquer imóvel rural esteja ele localizado na Amazônia, no Pantanal ou em qualquer outra região.

Palavra-chave: recursos naturais, geotecnologias, monitoramento ambiental, sistema CAR.

Abstrac. Uncontrolled use of natural resources leads to environmental degradation, so it is important that state environmental agencies be partners in monitoring and surveillance of these resources. At Acre state, local authorities are prioritizing environmental management and making use of geotechnology and Rural Environmental Registry system - CAR to regulate, license and monitor farms. This article therefore aims to analyze the importance and applicability of these technologies associated with the CAR system to the process of regulation, licensing and monitoring of rural properties. For this was used as a pilot area the Transvaal Colony. Images of satellites RapidEye and Landsat-8 and field data obtained from GPS were used for the acquisition of georeferenced information. The integration of this information into a Geographic Information System - GIS was of great importance to monitor and plan the natural resources, thus helping to reduce environmental degradation, reduce deforestation and preserve the protected areas in the pilot area. The CAR System and geotechnology used in this study proved to be critical to operationalize the land register quickly and more accurately enabling the authorities concerned with environmental management, an updated information of the natural resources of rural properties quickly and accurately. The obtained georeferenced spatial information obtained can be considered an important step in the formulation of public policies for the preservation and conservation of natural resources and to ensure the ecological sustainability of economic activities not only in the pilot area, but in any rural property be it located in the Amazon in the Pantanal or in any other region.

Key-words: natural resources, geotechnology, environmental monitoring, CAR system.

1. Introdução

A geografia está relacionada com o estudo do espaço geográfico. É considerada a ciência que busca compreender as transformações da natureza causadas pelo homem. Dessa forma os estudos geográficos devem sempre considerar as relações homem e natureza, buscando sempre organizar o espaço, e melhor planejar o uso dos recursos naturais para exploração de forma racional.

A principal importância dos estudos geográficos está nos diferentes aspectos geográficos que podem ser analisados em conjunto, de modo a obtermos uma resposta positiva no processo de planejamento e monitoramento ambiental. Entre os aspectos geográficos podemos citar: solos, relevo, clima, vegetação, hidrografia entre outros. Portanto, a geografia, por proporcionar uma formação interdisciplinar, pode ser considerada uma das principais áreas para formação de profissionais compromissados com o meio ambiente e seus recursos naturais, bem como os diferentes fatores que levam a degradação do meio ambiente.

Assim, como a geografia é importante para estudar e compreender o espaço geográfico, o processo de regularização e licenciamento ambiental rural utilizado atualmente no Brasil, o qual utiliza o Cadastro Ambiental Rural - CAR, e o uso de geotecnologias (Sensoriamento Remoto, Sistema de Informação Geográfica - SIG e Sistema de Posicionamento Global - GPS) são também de grande importância para planejar, monitorar, fiscalizar e organizar o espaço geográfico. Silva (2014).

O CAR é um sistema eletrônico de registro público que reúne informações ambientais sobre propriedades rurais, informações estas que posteriormente podem ser utilizadas para planejamento ambiental e econômico do uso e conservação do solo bem como disponibilizar informações para a regularização ambiental do imóvel cadastrado. Atualmente, este sistema de cadastro e regularização de propriedades rurais está em evidência e ganhou maior destaque após aprovação do novo código florestal (Lei 12.651/2012-artigo 29). O CAR pode ser considerado uma ferramenta que permite monitorar e fiscalizar áreas rurais de difícil acesso, uma vez que o mesmo utiliza as técnicas de sensoriamento remoto. Florezano (2008), Moreira (2003), Sistema de Informação Geográfica – SIG. Paese et al. (2012), Lang e Blaschke (2009), e Sistema de Posicionamento Global – GPS. Gomes et al.(2001) como instrumento primordial para coleta e análise de informação georreferenciada. Isto tem facilitado o trabalho desenvolvido pelos órgãos ambientais que trabalham com fiscalização não somente no estado do Acre mais

em qualquer estado Brasileiro.

Este artigo, portanto, destaca a importância e aplicabilidade das geotecnologias associados ao sistema CAR no processo de regularização, licenciamento e monitoramento de propriedades rurais, utilizando como área piloto a Colônia Transval. O conjunto de técnicas utilizadas permite melhor entender, planejar e monitorar o espaço geográfico, seus recursos naturais e suas relações com a sociedade de forma rápida, precisa e de baixo custo quando comparado aos métodos tradicionais de campo.

2. Área de Estudo

A área de estudo, Colônia Transval, está localizada na Rodovia Estadual AC - 90, km 07, Projeto de Assentamento Moreno Maia, Ramal Kaiba km 16, Gleba 02, lote 81, município de Rio Branco, Estado do Acre. **Figura 1.** Esta área tem distância aproximada de 23 km da capital Rio Branco, possui acesso terrestre trafegável apenas no período do chamado verão amazônico, entre os meses de maio à outubro. O acesso no período chuvoso a colônia é realizado via fluvial através do Riozinho Caipora.

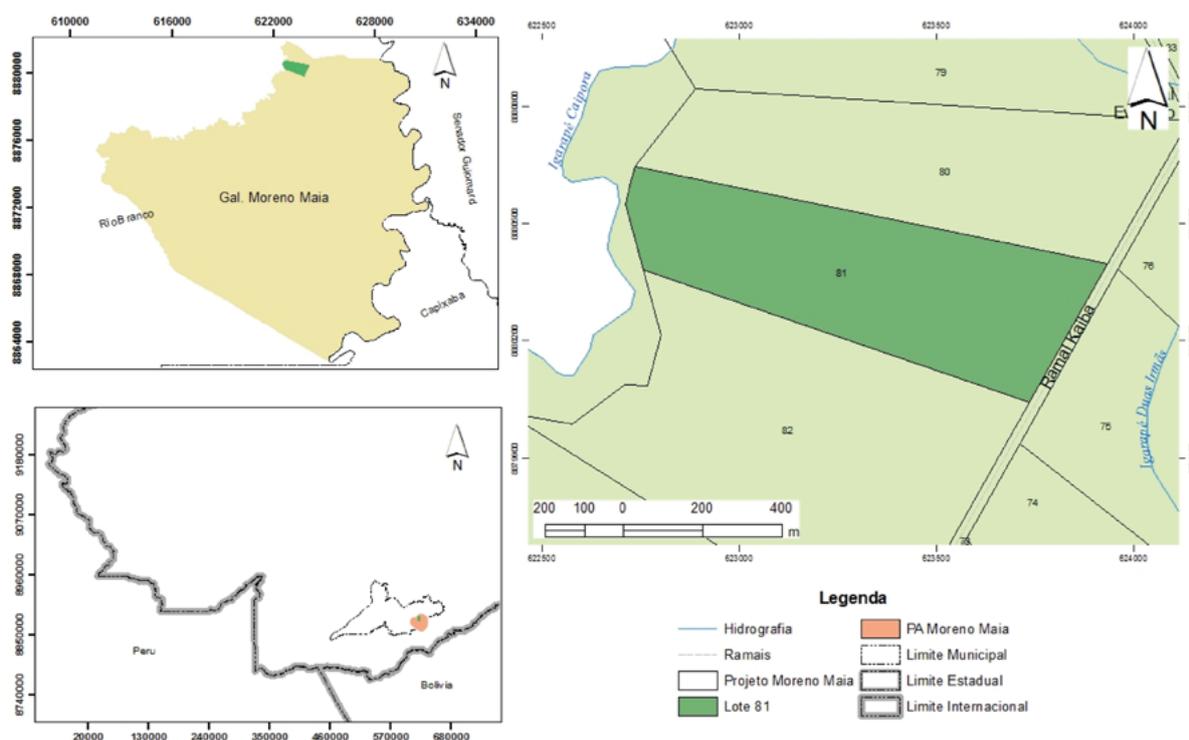


Figura 1. Localização da Colônia Transval, Lote 81, Projeto de Assentamento Moreno Maia, Rio Branco - AC.

Fonte de dados: ZEE/FASE II. Elaborado pelo Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Acre.

3. Metodologia

Para analisar a aplicabilidade do sistema CAR e das geotecnologias para regularização, licenciamento e monitoramento ambiental de propriedades rurais no Estado do Acre, primeiramente fez-se o *download* do Sistema Nacional do Cadastro Ambiental Rural - SICAR pelo site www.car.gov.br. Em seguida, foi realizado o cadastro e inscrição do imóvel rural Colônia Transval.

É importante destacar que muito embora o SICAR seja um sistema único, o mesmo possui peculiaridades para alguns estados, por isso deve se ter atenção ao na hora de baixar o sistema para que o mesmo seja equivalente ao estado onde está localizado o imóvel.

Considerando que a área piloto está localizada no Projeto de Assentamento Moreno Maia, optou-se pela opção de cadastro - Assentamentos de Reforma Agrária. Várias etapas são obrigatórias para se cadastrar o imóvel, porém focaremos aqui no último tópico: informações georreferenciadas, a qual consiste na descrição do imóvel na plataforma de georreferenciamento. Esta etapa consiste em realizar demarcação da área do imóvel e das características físicas em uma carta imagem dentro de um ambiente SIG no próprio SICAR.

A área em estudo foi georreferenciada de modo a aplicar os procedimentos utilizados para licenciamento ambiental rural SEMA; IMAC (2004) e realizar o cadastro da propriedade no sistema CAR. Para isto foi realizado visita “in loco” na propriedade Transval. Esta visita de campo objetivou o reconhecimento das feições geográficas previamente observada na imagem de satélite Landsat-8 e Rapideye (**Figura 2**). Nesta visita, fez-se uso do sistema de posicionamento global – GPS modelo CSX76, marca GARMIN para coleta de informações espacializadas. A **Tabela 1** mostra os pontos coletados em campo com suas respectivas coordenadas geográficas coletadas, no qual foram utilizados para alimentar o cadastro GEO dentro do sistema CAR com informações precisas.

Tabela 1. Coordenadas Geográficas da Colônia Transval

PONTO	COORDENADA X	COORDENADA Y	OBSERVAÇÕES
15	19L0622946	UTM8880602	Início do vértice tanques de piscicultura.
01	19L0623933	UTM8880396	Vértice 010 ao 011
02	19L0623734	UTM8880041	Vértice 011 ao 012
03	19L0622755	UTM8880380	Vértice 012 ao 013
04	19L0622709	UTM 8880547	Vértice 013 ao 014
05	19L0622735	UTM8880646	Vértice 014 ao 010
16	19L0622617	UTM8880615	Sede da Colônia Transval

Fonte: Levantamento de campo, Julho/ 2014.

Após a coleta de dados georreferenciados de campo, os mapas de uso da terra foram produzidos e o uso e cobertura do solo quantificado. Estas informações foram, integradas a um banco de dados georreferenciado do sistema CAR. Permitindo, assim, o controle, monitoramento e fiscalização da propriedade rural bem como servido como subsídio para informar possíveis áreas para recuperação do passivo ambiental. O software de geoprocessamento QGis foi utilizado para a elaboração dos mapas. O QGis pode ser considerado um excelente integrador de informação, principalmente pelo seu custo (gratuito), o que permite o acesso por toda a comunidade acadêmica, científica e sociedade em geral.

4. Resultados

O Georreferenciamento da propriedade rural Colônia Transval, no sistema de cadastro da propriedade rural – CAR e o uso de geotecnologias, permitiu delimitar e quantificar com rapidez e precisão o uso da terra atual da propriedade. Foram mapeados cobertura do solo, APP/uso restrito, reserva legal e servidão administrativa - quando presente. As técnicas de sensoriamento remoto permitiram ainda projetar e quantificar o uso do solo futuro como, por exemplo: a necessidade de recuperação de APP, reserva legal e implantação de uma nova atividade de uso da terra, a piscicultura **Figura 3**.

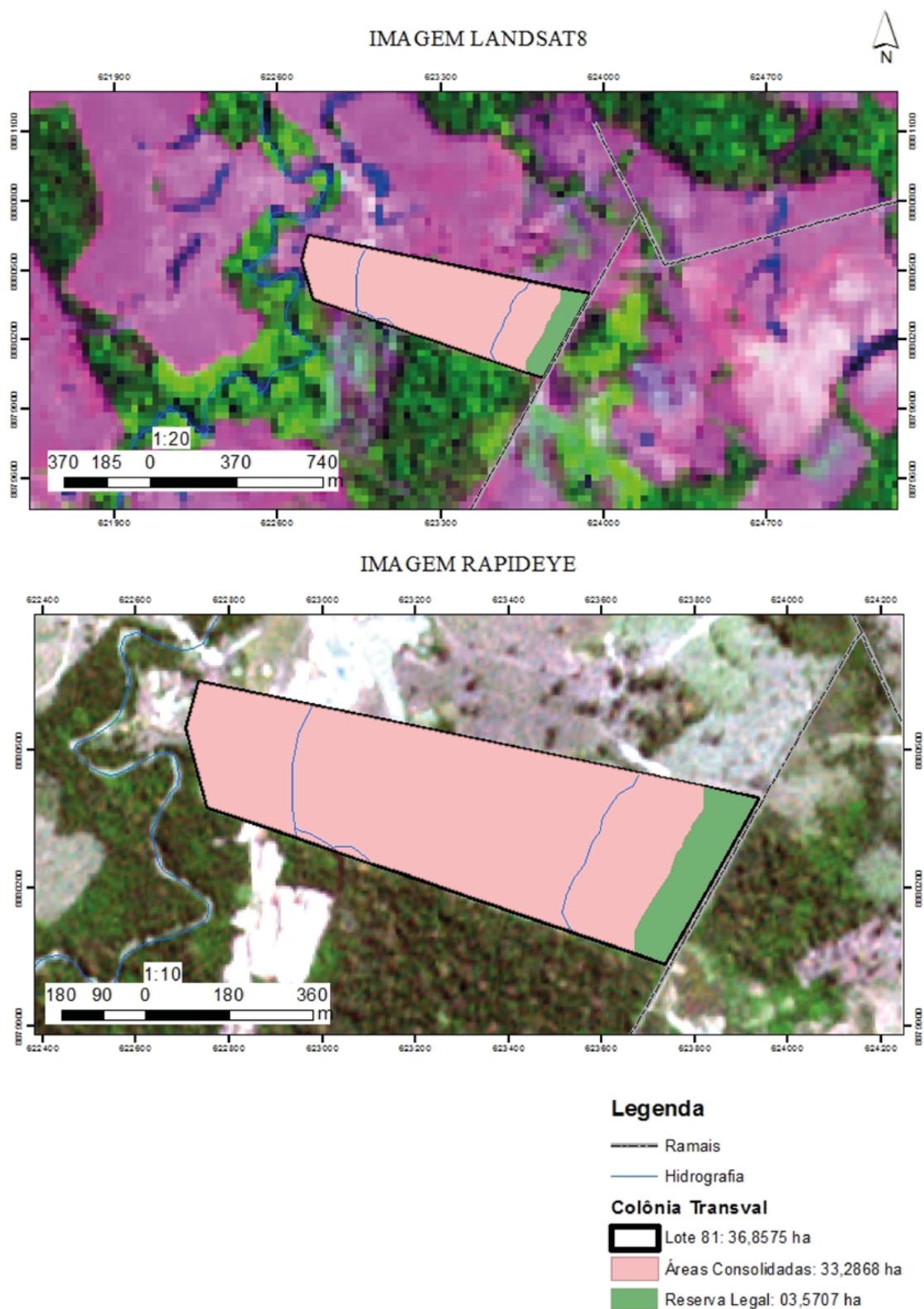


Figura 2. Lote 81, PA Moreno Maia. Sistemas de Coordenadas UTM, Datum SIRGAS2000, Imagens dos Satélites Landsat8 2013 e Rapideye 2012.

Elaboração: Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Acre-UFAC.

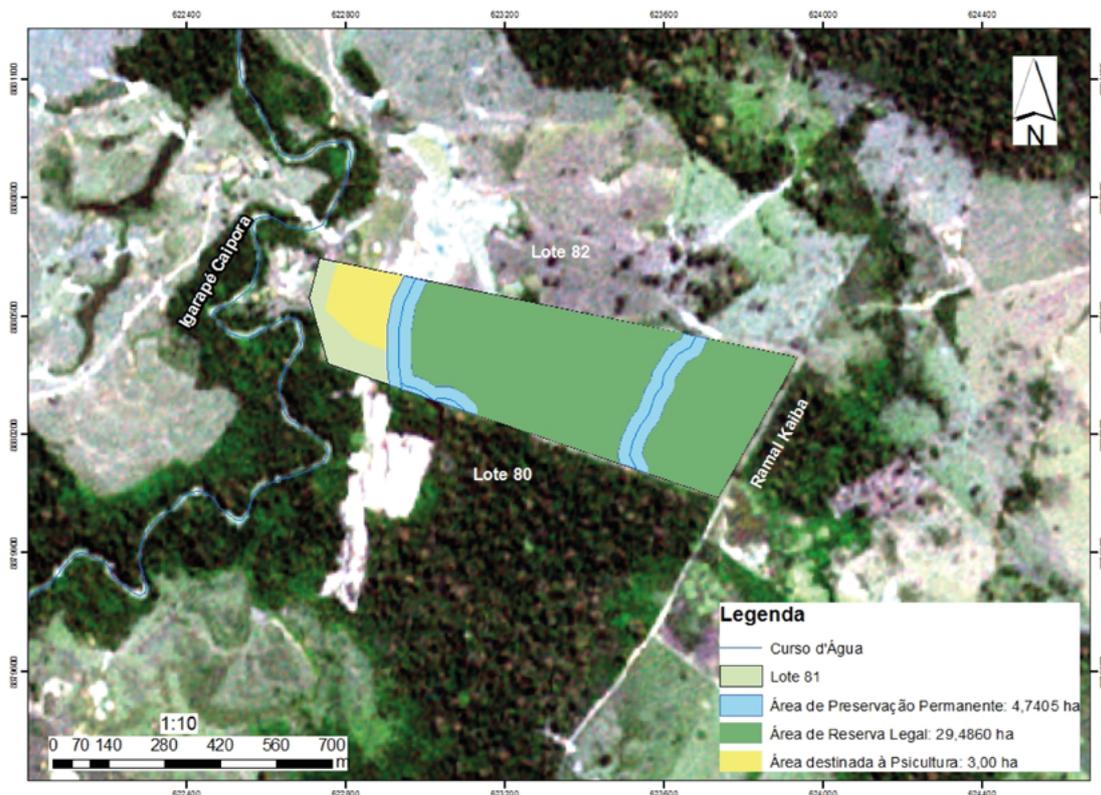


Figura 3. Mapa de Uso do Solo futuro do Lote 81, PA Moreno Maia. Sistemas de Coordenadas UTM, Datum SIRGAS2000, Imagem de Satélite Rapideye 2012.

Elaboração: Laboratório de Geoprocessamento da Universidade Federal do Acre - UFAC

A **Tabela 2** mostra a distribuição e quantificação do uso do solo atual identificado na propriedade rural Transval. Analisando a Figura 2 e comparando os dados com esta tabela, podemos observar que, a maior parte da propriedade aproximadamente 33,29 ha está sob áreas consolidadas, ou seja, ocupada por pastagem há muitos anos, apresentando apenas aproximadamente 3,57 ha em áreas de reserva legal. Estes valores mostram que a propriedade precisa recuperar o passivo ambiental para se regularizar. Porém, com o cadastramento no sistema CAR, o proprietário torna a sua área regular perante instituições financiadoras mesmo apresentando este passivo, uma vez que, com o cadastro, ele se compromete a recuperar as áreas de proteção permanente e reserva legal.

Tabela 2. Uso da terra na Colônia Transval.

Classes de uso da terra	Área (ha)
Área Consolidada	33,2868
Área de Reserva Legal	03,5707
Total	36,8575

Complementando a análise, a **Tabela 3**, mostra a área projetada para recuperação na Colônia Transval. Este uso da terra futuro ou projetado é determinado de acordo com o sistema CAR e as técnicas de sensoriamento remoto. Neste caso o proprietário para poder licenciar os 3,00 ha de piscicultura que o mesmo deseja precisa recuperar aproximadamente 3,00 ha de área de proteção permanente, reduzindo ou recuperando assim a área consolidada, que passa de

33,29 (Tabela 2) para 25,55 (Tabela 3). Isto é:

$$Ap = Ac - ArAPP - ArPsi$$

onde: Ap = Área de uso da terra projetada
Ac = Área consolidada
ArAPP = Área de preservação permanente
ArPsi = Área de piscicultura

Tabela 3. Quantitativo do Uso da terra da Colônia Transval.

Classes de uso da terra	Área (ha)
Área Consolidada	25,5463
Reserva Legal	03,5707
APP	04,7405
Piscicultura	03,0000
Área total	36,8575 ha

5. Considerações Finais

O licenciamento de propriedades rurais no sistema CAR, bem como o uso de geotecnologias (sistema de GPS, sensoriamento remoto orbital e sistemas de informação geográfica) na regularização e monitoramento ambiental rural é de suma importância uma vez que proporciona a integração de informações espaciais ambientais georreferenciada de propriedades rurais de forma rápida e precisa. O SIG, as técnicas de sensoriamento remoto e a coleta de informação espacial georreferenciada com uso de receptores GPS, mostraram ser excelentes ferramentas de levantamento de dados e análise, bem como de suma importância para integração de informações espaciais ambientais de propriedades rurais. Informações estas de grande valia para monitorar e planejar os recursos naturais, contribuindo assim para reduzir a degradação ambiental, diminuir o desmatamento e preservar as áreas de proteção ambiental no estado do Acre, no pantanal ou em qualquer outra região.

O uso de geotecnologias aliados ao sistema CAR facilita a operacionalização do cadastro fundiário, fornecendo as autoridades locais e tomadores de decisão informações seguras que podem ser utilizadas na gestão ambiental. As informações dos recursos naturais e degradação ambiental de propriedades rurais são atualizadas regularmente e os proprietários que se encontrarem regular com o sistema CAR poderão se beneficiar com linhas de créditos para financiamento agrícola (Artigo 78-A da Lei 12.651/2012) e eliminar multas de desmatamentos e outros danos ambientais (Artigo 15III).

O trabalho de campo facilitou e proporcionou o registro de coordenadas geográficas de alguns pontos principais da propriedade que foram utilizados para georreferenciar futuras áreas a serem licenciadas. Um exemplo disto foi o georreferenciamento da área de piscicultura a ser implantada após a regularização da propriedade através do cadastramento no sistema CAR. O trabalho de campo serviu ainda para criar banco de dados georreferenciado sobre atual uso e cobertura da terra. O cadastro da propriedade no sistema CAR permitiu, também, com uso das técnicas de sensoriamento remoto, delimitar, quantificar e projetar o uso e cobertura do solo futuro como, por exemplo, área com necessidade de recuperação tais como: áreas de preservação permanente - APP's e reserva legal.

Importante salientar que o sistema de cadastro ambiental rural sozinho não pode ser considerado um sistema preciso de informação georeferenciado uma vez que o mesmo precisa se

apoiar nas geotecnologias como sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica e sistema de posicionamento global para obtenção de dados confiáveis. É importante analisar as matrizes de erro obtidas nas classificações de uso e cobertura da terra e observar os erros de comissão e/ou omissão bem como observar os erros obtidos nos processos de georreferenciamento das imagens para não gerar produtos que não correspondem a realidade de campo.

O Sistema CAR e as geotecnologias utilizadas nesta pesquisa mostraram-se de suma importância para operacionalizar o cadastro fundiário com rapidez e maior precisão possibilitando as autoridades, preocupadas com a gestão ambiental, uma informação atualizada dos recursos naturais das propriedades rurais de forma rápida e precisa. As informações espaciais georreferenciadas obtidas podem ser consideradas um importante passo na formulação de políticas públicas voltadas para a preservação e conservação dos recursos naturais bem como garantir a sustentabilidade ecológica das atividades econômicas não somente na área piloto, mas em qualquer imóvel rural esteja ele localizado na Amazônia, no Pantanal ou em qualquer outra região.

6. Referências

Brasil, **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.**

Florezano, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto: Imagens de satélite para estudos ambientais.** Oficina de textos, 2ª edição, São Paulo, 2008.

Gomes, E; Pessoa, L. M. Da C; Silva Junior, L. B. da. **Medindo Imóveis Rurais com GPS.** LK Editora. 1ª edição, 2001.

Lang, S.; Blaschke T. **Análise da paisagem com SIG.** Oficina de textos, 1ª edição, São Paulo, 2009.

Moreira, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de aplicação.** Revista e Ampliada, 2ª Edição, Editora UFV.2003.

Paese, A.; Uezu, A.; Lorini, M. L.; Cunha, A.. **Conservação da Biodiversidade com SIG.** Oficina de textos, 1ª edição, São Paulo, 2012.

SEMA; IMAC. **Manual de Procedimento para o Licenciamento Ambiental de Agroindústrias,** Governo do Estado do Acre, pag.5 e pag.7, 2004.

Silva, J. X. Da; Zaidan, R. T. **Geoprocessamento e Análise Ambiental: Aplicações,** Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2004. 368p.

ZEE/Fase I. **Indicativos para a Gestão Territorial do Acre.** Volume III, 2000.



Análise espacial do crescimento urbano de Cáceres/MT, Pantanal mato-grossense

William James Vendramini ¹
Sandra Mara Alves da Silva Neves ¹
Edineia Aparecida dos Santos Galvanin ²
João Santos Vila da Silva ³
Jesã Pereira Kreitlow ¹
Laís Fernandes de Souza Neves ¹

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Av. Santos Dumont, s/n. Bloco I, Sl 09.
78200.000 – Cáceres/MT, Brasil
{ jesapk1, lais_geografia}@hotmail.com;
{ssneves, william}@unemat.br

² Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/
Campus Barra do Bugres Laboratório de Geomática – Unemat
Rua A, s/n. B. Cohab São Raimundo
78390-000 Barra do Bugres - MT, Brasil
galvaninbbg@unemat.br

³ Embrapa Informática Agropecuária
Av. Dr. André Tosello, 209 - Cidade Universitária
3083970 - Campinas, SP - Brasil -
joao.vila@embrapa.br

Resumo. Analisar o espaço urbano em relação ao seu crescimento permite identificar a dinâmica dos elementos naturais e de como a ação antrópica mais intensificada molda e ao mesmo tempo degrada a paisagem, que neste estudo relaciona-se ao bioma Pantanal. Neste trabalho o objetivo foi utilizar imagens de alta resolução dos satélites *Quick Bird* e *Geoeye* e dados censitários para investigação do crescimento urbano de Cáceres/MT, no período de 2006 a 2012, visando a geração de subsídios para o planejamento e a gestão municipal. Para a execução da pesquisa adotou-se as geotecnologias, em especial o sensoriamento remoto e o Sistema de Informação Geográfica. Os dados produzidos possibilitaram identificar que a expansão urbana contribuiu para a remoção 19,62% da vegetação e o aumento de 15,28% do uso antrópico. Conclui-se que houve um aumento do crescimento urbano no período observado e a utilização de geotecnologias para análise multi-temporal de uma área urbana é eficaz para averiguação dos estratos horizontais, possibilitando um planejamento para tomada de medidas de redução de impacto ambiental, principalmente no Pantanal.

Palavras-chave: Espaço urbano, Sensoriamento Remoto, geotecnologias, planejamento e gestão, conservação ambiental.

Abstract. Analyze the urban space in relation to its growth allows us to identify the dynamics of the natural elements and how the intensified anthropic action shapes and degrades the landscape, which in this study relates to the Pantanal. In this work we used high-resolution images satellite Quickbird and Geoeye and census data for research of urban growth Cáceres/MT in the period 2006-2012, to generate information for planning and municipal management. For the implementation of the research was adopted geotechnologies, especially remote sensing and Geographic Information System. The data produced allowed to identify that the urban expansion contributes to the removal of vegetation 19.62% and 15.28% increase in the anthropic use. It was concluded that there was an increase of urban growth in the observed period and the use of geotechnologies for multi-temporal analysis of an urban area is effective for investigation of horizontal strata, allowing a plan for making environmental impact reduction measures, mainly in Pantanal.

Key-words: urban space, remote sensing, geotechnologies, planning and management, environmental conservation.

1. Introdução

A paisagem pode ser definida como “uma porção do espaço que combina elementos físicos biológicos e antrópico que reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um elemento único e indissociável” (Bertrand, 1972, p. 01). A paisagem é uma categoria geográfica que possibilita a análise da dinâmica e do impacto derivado da ação da sociedade numa determinada área, seja urbana ou rural, cujos resultados podem contribuir no planejamento e gestão territorial.

O perímetro urbano, tende a ser ampliado com o decorrer do tempo, pois espontaneamente atrai pessoas de diversos lugares e regiões, sendo acelerado o adensamento populacional, de acordo com características empreendedoras de cada município e/ou necessidades específicas. Na urbe de Cáceres, como na maioria das cidades históricas, a expansão urbana ocorreu sem planejamento, modificando os elementos da paisagem, como a água, solo e vegetação, entre outros, conforme os interesses da sociedade nos distintos tempos históricos. Os impactos das ações antrópicas em Cáceres repercutem diretamente na planície alagável do Pantanal mato-grossense, assim como as que são realizadas na Bacia do Alto Paraguai (BAP).

Vários autores, como Allasia et al. (2010), delimitam a Bacia do Alto Paraguai (BAP), a partir de onde esta termina, na desembocadura do rio Paraná, na fronteira entre Brasil e Paraguai, e que ela abrange uma região alta, denominada Planalto, e uma região baixa e plana, denominada Pantanal, que é temporariamente e parcialmente inundada pelo rio Paraguai e pelos seus principais afluentes todos os anos, passando pelo município de Cáceres/MT entre outros municípios, tendo fundamental importância para modelagem da paisagem e para a manutenção da vida deste ambiente frágil às ações antrópicas.

As geotecnologias, com destaque para o sensoriamento remoto e o Sistema de Informação Geográfica (SIG), são indispensáveis quando se objetiva efetuar estudos que envolvem o componente espacial, como é o caso deste trabalho. O aperfeiçoamento crescente dos SIG e a automação dos procedimentos administrativos permitem estabelecer o processo de urbanização, com instrumentos cada vez mais sofisticados, que facilitam a tomada de decisões sobre operações urbanísticas com um elevado grau de complexidade. “Aliado a esse processo de modernização, é preciso, ainda, transcender o planejamento setorial das cidades, que tem impedido a obtenção de uma visão global de suas problemáticas e a formulação de um modelo integrado para seu desenvolvimento futuro” (Farina, 2006).

O sensoriamento remoto aplicado a investigação do crescimento urbano, por exemplo, constitui uma ferramenta que possibilita a sua análise em diversas escalas, atendendo as especificidades que requer cada estudo. Nesta ótica, os Sistemas de Informações Geográficas permitem realizar a discriminação e classificação dos elementos de interesse do espaço urbano, oportuni-

zando analisar diferentes temas simultaneamente a ele relacionado.

Estudos de caracterização da cobertura de áreas urbanas são relevantes no planejamento do desenvolvimento, pois o conhecimento da evolução das alterações que os espaços e suas paisagens sofreram, mostrando-se assim imprescindíveis na reorientação do uso e ocupação. Tem-se como expectativa, que os resultados gerados por este trabalho constituam em subsídios para o planejamento e a gestão municipal.

2. Objetivo

Utilizar imagens de alta resolução e dados censitários para investigação do crescimento urbano de Cáceres/MT, no período de 2006 a 2012, visando a geração de subsídios ao planejamento e gestão municipal.

3. Material e método

3.1. Área de estudo

A cidade de Cáceres está localizada à margem esquerda do rio Paraguai, principal curso d'água do bioma Pantanal, com área territorial de 68,95 km² (**Figura 1**), compreendendo oficialmente quarenta e três bairros e distante da capital, Cuiabá, aproximadamente 215 km (Cochev et al., 2010). A cidade foi edificada na unidade geomorfológica Depressão do rio Paraguai, situada entre o Pantanal de Cáceres, subunidade do Pantanal Mato-grossense, e a Província Serrana.

De acordo com Neves et al. (2011) o clima que ocorre na cidade é o Tropical quente e úmido, terceiro megatérmico, cuja temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C, com inverno seco (maio a outubro) e chuvas no verão (novembro a abril).

A urbe passou por muitas transformações ao longo do tempo, e atualmente “a margem do rio no perímetro urbano de Cáceres é ocupada por residências, ruas, áreas de recreação, comércio, indústrias, ancoradouros e área portuária” (Souza e Cunha, 2007).

3.2 Procedimentos metodológicos

Para a geração do mapa de cobertura vegetal e uso do solo da cidade de Cáceres foi utilizado o *software* Spring (Câmara et al., 1996) e as imagens dos satélites *Quick Bird* com resolução espacial de 60 centímetros, cedidas pela prefeitura municipal de Cáceres e *Geoeye* com resolução espacial de 80 centímetros, cedida pela Embrapa Informática Agropecuária, dos anos de 2005 e 2012, respectivamente. Ambas imagens estavam ortorretificadas, não sendo necessário a realização desse procedimento.

Inicialmente foi criado um Banco de Dados Geográficos no Spring e inserida a base cartográfica digital do perímetro urbano, utilizada para recorte das imagens (máscara). A elaboração do mapa foi constituída pela segmentação através do método crescimento de regiões e classificação utilizando a metodologia a supervisionada. Foram definidas três classes temáticas (Manual e tutorial de geoprocessamento Spring/Inpe) a partir do conhecimento da área de estudo, nas imagens dos dois períodos, a saber: água, vegetação e áreas antropizadas.

Os arquivos matriciais da classificação foram convertidos para vetorial e exportados, sendo no *software* ArcGis, versão 10.4 advanced (Esri, 2016) gerados os *layouts* e as quantificações.

Quanto aos dados da população e renda dos habitantes da área de estudo estes foram obtidos no sítio do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016), referente aos anos de 2000 e 2010. Posteriormente os dados foram tabulados e sistematizados no *software* Excel da Microsoft.

Utilizou-se o *software* Minitab e o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade

dos dados, considerando 95% de nível de confiança. Após constatada a não normalidade dos dados aplicou-se o método de correlação múltipla de Spearman, para os dados de uso do solo, população e renda, com o objetivo de verificar o grau de associação entre os mesmos, por meio do teste p com $\alpha = 0,05$ verificou-se a significância do coeficiente de correlação.

Para a caracterização das informações ambientais da área urbana e o estabelecimento da discussão dos resultados do estudo foi adotada a pesquisa bibliográfica, conforme proposto por Marconi e Lakatos (2007).

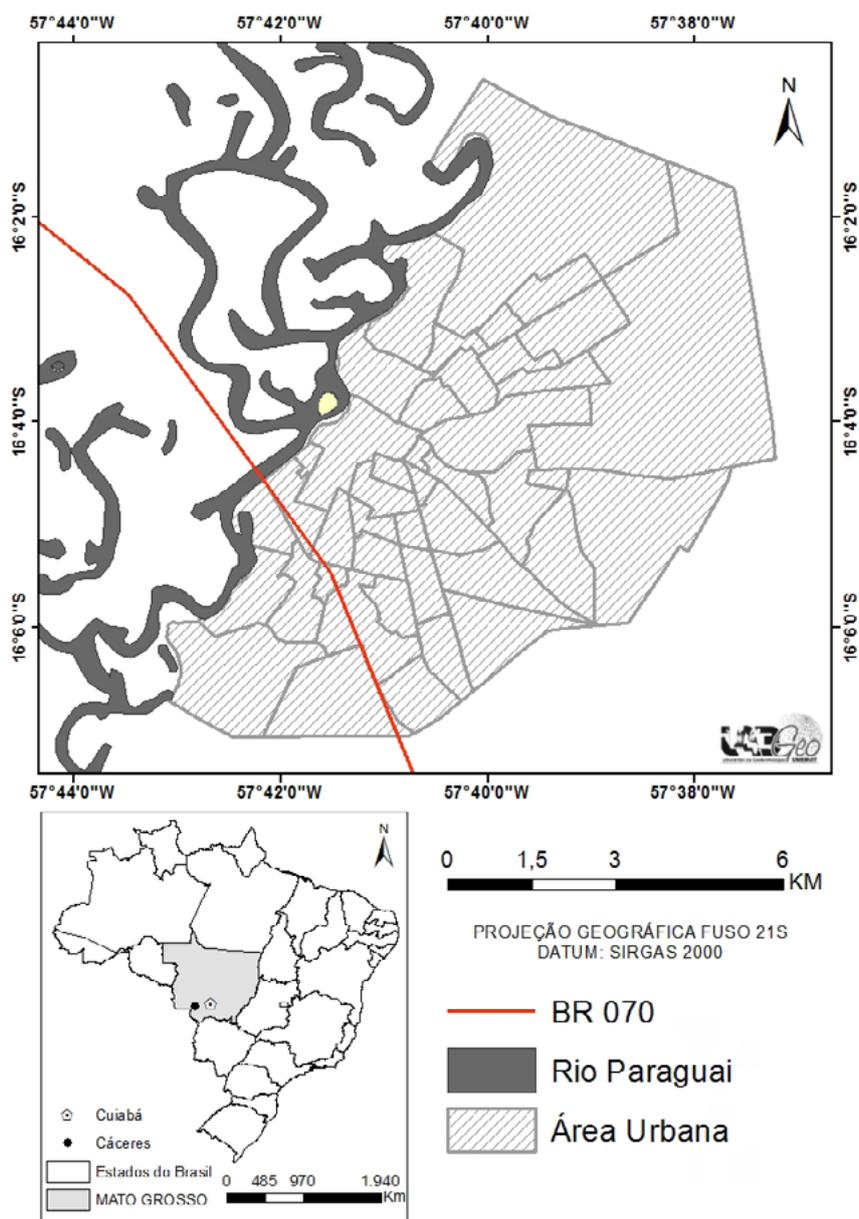


Figura 1. Urbe de estudo no contexto municipal e do Pantanal de Cáceres/MT.

Fonte: LabGeo Unemat (2016).

4. Resultados e discussão

A expansão de uma cidade envolve uma série de atividades que altera a paisagem urbana, podendo ser progressivo, com ou sem planejamento. A gestão municipal deve se atentar para que o processo de crescimento ocorra de maneira organizada, tendo em vista que as ações

antrópicas refletem nos elementos bióticos e abióticos da paisagem.

O uso do solo em Cáceres apresentou um aumento de 15,28% no período investigado (**Tabela 1 e Figura 2**), devido principalmente a implantação de conjuntos habitacionais na região Nordeste, Sul, Sudoeste e Centro Sul, nos bairros periféricos Olhos D'água (29), Vila Real (42), Santos Dumont (35) e Jardim Guanabara (15), respectivamente, devido ao Programa Minha Casa Minha Vida do governo federal - Lei 11.977/2009 (Brasil, 2009), 12.424/2011 (Brasil, 2011) e decreto nº 6.820/2009 (Brasil, 2009) - favorecendo a ocupação horizontalizada de áreas que até então não havia infraestrutura e que eram recobertas por vegetação.

Estes empreendimentos populares provocaram uma reação em cadeia, onde outros loteamentos foram criados no entorno, bem como empreendimentos, principalmente comerciais, que são atraídos pela nova concentração populacional. Esta nova concentração populacional, altera a forma de uso e ocupação, bem como, contribui na remoção da cobertura vegetal, podendo influenciar a qualidade e quantidade de água do local modificado.

Neste caso, considerar a distribuição da população no espaço é tão importante quanto o seu crescimento, pois as aglomerações humanas apresentam-se como fatores responsáveis por parte dos problemas relacionados ao meio ambiente. Siqueira e Moraes (2009) corroboram com o exposto, ao afirmar que quanto maior a população, maior a produção de resíduos, portanto, maior o nível de degradação ambiental, devido a redução da capacidade do meio ambiente em assimilar a imensa carga de resíduos nele lançados.

A malha urbana no período avaliado não cresceu no sentido Oeste, Sudoeste e Noroeste, em virtude da calha do rio Paraguai, principal curso hídrico do bioma Pantanal e no sentido Norte também não houve crescimento (**Figura 2**).

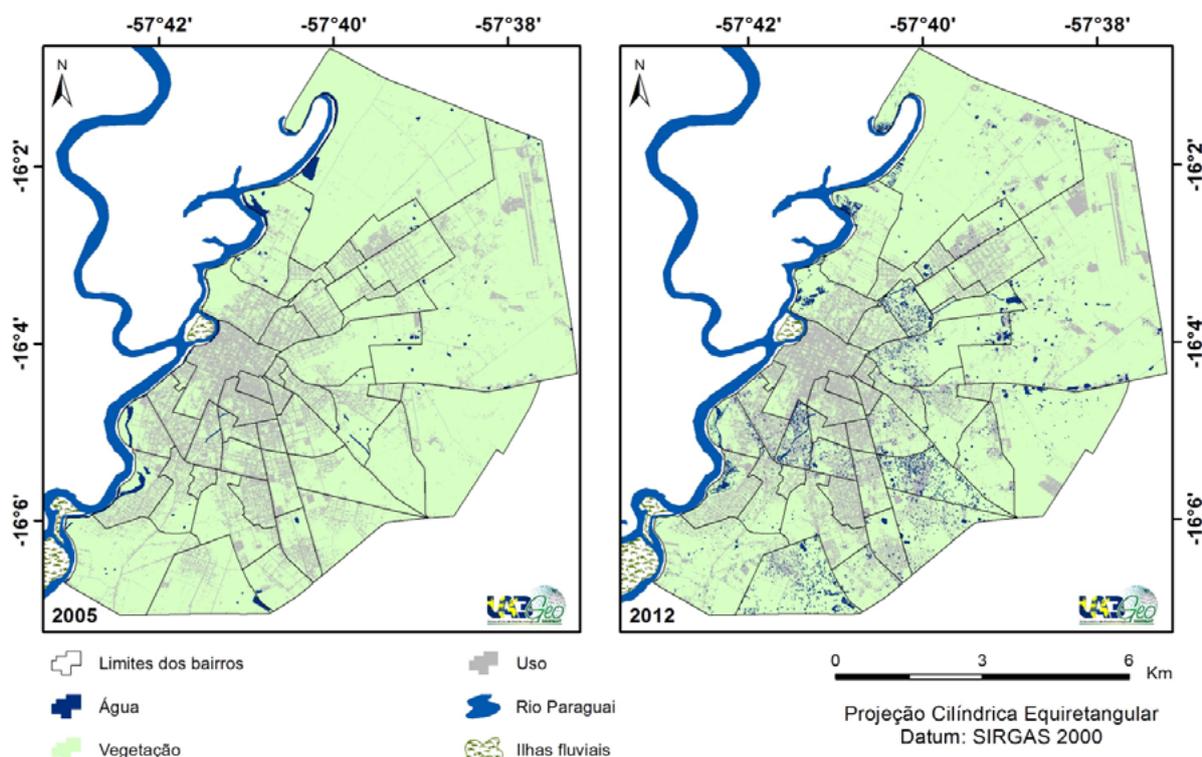


Figura 2. Cobertura vegetal e uso do solo urbano nos anos de 2005 e 2012.

Fonte: os autores (2016).

Paralelamente a vegetação diminuiu cerca de 19,62% no período de 2005 e 2012, o que pode ser considerado prejudicial a população cacerense, pois esta desempenha importante papel

Tabela 1. Dinâmica dos componentes da paisagem urbana dos Bairros de Cáceres/MT.

Bairro (Código no mapa)	Água (m ²)		Dinâmica %		Uso (m ²)		Dinâmica %		Vegetação (m ²)		Dinâmica %
	2005	2012	2005	2012	2005	2012	2005	2012	2005	2012	2012
Betel (1)	1.724,54	25.167,85	93,15	104.206,81	77.846,88	690.134,52	-33,86	693.051,14	693.051,14	693.051,14	0,42
Carrapatinho (2)	19.515,14	45.414,64	57,03	1.293.054,23	1.523.154,69	11.862.923,47	15,11	11.862.923,47	11.862.923,47	11.862.923,47	-2,21
Cavallhada I (3)	23.939,05	21.300,66	-12,39	464.199,82	466.063,87	0,4	1.033.848,42	1.034.622,76	1.034.622,76	1.034.622,76	0,07
Cavallhada II (4)	0	0	0	385.231,30	304.100,25	-26,68	290.990,48	372.121,53	372.121,53	372.121,53	21,8
Cavallhada III (5)	0	11.169,04	100	275.015,92	262.990,03	-4,57	485.304,47	486.161,32	486.161,32	486.161,32	0,18
Centro (6)	20.028,02	0	0	1.240.781,46	1.280.046,15	3,07	693.264,81	674.028,14	674.028,14	674.028,14	-2,85
Cidade Alta (7)	0	483,87	100	88.712,98	108.816,31	-73,39	71.750,27	51.163,07	51.163,07	51.163,07	34,06
Cidade Nova (8)	0	0	0	332.776,32	409.427,59	18,72	312.631,05	235.979,78	235.979,78	235.979,78	-32,48
Cohab Nova (9)	3.560,34	2.082,89	-70,93	233.181,56	277.396,04	15,94	696.251,08	653.514,05	653.514,05	653.514,05	-6,54
Cohab Velha (10)	0	0	0	238.795,85	229.205,05	-4,18	61.120,60	70.711,40	70.711,40	70.711,40	13,56
DNER (11)	8.461,89	6.764,35	-25,1	246.282,42	308.866,16	20,26	1.173.049,36	1.112.163,16	1.112.163,16	1.112.163,16	-5,47
Giarcês (12)	18.674,05	32.469,33	42,49	308.178,11	505.939,82	39,09	3.253.384,62	3.041.827,63	3.041.827,63	3.041.827,63	-6,95
Jardim Celeste (13)	0	3.963,32	100	311.958,35	363.650,23	14,21	746.035,69	690.380,49	690.380,49	690.380,49	-8,06
Jardim do Trevo (14)	0	130,63	100	268.142,43	334.525,92	19,84	451.811,50	385.297,38	385.297,38	385.297,38	-17,26
Jardim Guanabara (15)	0	11.909,62	100	195.298,36	371.264,57	47,4	1.469.204,60	1.281.328,77	1.281.328,77	1.281.328,77	-14,66
Jardim Imperial (16)	71.812,11	102.562,53	29,98	441.330,33	484.564,79	8,92	740.120,39	666.135,51	666.135,51	666.135,51	-11,11
Jardim Marajoara (17)	0	1.547,38	100	245.468,04	248.286,25	1,14	344.674,65	340.309,06	340.309,06	340.309,06	-1,28
Jardim Paraíso (18)	1.010,16	594,09	-70,04	306.210,33	477.722,79	35,9	1.214.679,77	1.043.583,38	1.043.583,38	1.043.583,38	-16,4
Jardim Paraíso (19)	45.210,76	49.804,30	9,22	288.212,31	298.857,79	3,56	611.215,10	595.976,08	595.976,08	595.976,08	-2,55
Jardim São Luiz da Ponte (20)	6.210,31	963,46	-54,45	423.669,25	450.285,97	5,91	385.384,04	364.014,17	364.014,17	364.014,17	-5,87
Joaquim Murtinho (21)	5.258,59	19.682,59	73,28	327.176,02	449.580,75	27,23	2.024.226,64	1.887.397,91	1.887.397,91	1.887.397,91	-7,25
Junco (22)	0	454,66	100	331.466,93	482.628,98	31,32	1.382.489,91	1.230.873,20	1.230.873,20	1.230.873,20	-12,32
Lavapés (23)	1.557,14	1.756,10	11,33	230.908,49	221.538,23	-4,23	354.709,11	363.880,41	363.880,41	363.880,41	2,52
Lobo (24)	1.917,67	17.846,91	89,25	197.441,97	283.346,10	30,32	4.430.890,03	4.329.056,66	4.329.056,66	4.329.056,66	-2,35
Maracanzinho (25)	651,91	333,19	-95,66	182.914,88	194.881,38	6,13	190.663,99	179.016,21	179.016,21	179.016,21	-6,51
Massa Barro (26)	0	4.010,27	100	131.833,37	149.014,07	11,53	212.777,95	191.586,98	191.586,98	191.586,98	-11,06
Monte Verde (27)	0	0	0	135.131,91	150.168,81	10,01	79.317,37	64.280,47	64.280,47	64.280,47	-23,39
Nova Era (28)	0	10.287,27	100	315.937,91	421.236,54	25	1.521.353,15	1.405.767,25	1.405.767,25	1.405.767,25	-8,22
Olho D'Água (29)	149.151,20	114.657,26	-30,08	233.316,90	623.096,66	62,56	10.205.561,34	9.850.275,52	9.850.275,52	9.850.275,52	-3,61
Rodeio (30)	1.841,17	1.254,23	-46,8	266.987,41	274.133,80	2,61	761.218,27	754.658,82	754.658,82	754.658,82	-0,87
Santa Cruz (31)	2.623,64	6.072,74	56,8	356.975,18	389.568,67	8,37	331.761,27	295.718,68	295.718,68	295.718,68	-12,19
Santa Isabel (32)	0	0	0	184.010,03	210.848,74	12,73	126.017,15	99.178,44	99.178,44	99.178,44	-27,06
Santa Rosa (33)	101.145,32	79.558,15	-27,13	212.766,83	262.297,37	18,88	1.869.627,81	1.841.684,44	1.841.684,44	1.841.684,44	-1,52
Santo Antônio (34)	4.153,79	1.489,17	-178,93	161.318,25	255.088,79	36,76	913.283,17	822.177,25	822.177,25	822.177,25	-11,08
Santos Dumont (35)	0	2.472,13	100	99.542,25	242.436,23	58,94	1.523.241,14	1.377.892,45	1.377.892,45	1.377.892,45	-10,55
São Jorge (36)	0	0	0	67.030,54	78.270,71	14,36	153.101,08	141.860,91	141.860,91	141.860,91	-7,92
São Lourenço (37)	0	0	0	99.465,27	92.855,92	-7,12	161.107,30	167.716,65	167.716,65	167.716,65	3,94
São Miguel (38)	4.148,29	0	0	87.120,56	98.250,56	-22,55	78.072,40	71.090,69	71.090,69	71.090,69	-20,54
Vila Irene (39)	0	0	0	130.027,16	161.205,30	19,34	322.569,83	291.391,69	291.391,69	291.391,69	-10,7
Vila Mariana (40)	0	0	0	441.431,95	404.661,80	-9,09	198.172,17	234.942,32	234.942,32	234.942,32	15,65
Vila Nova (41)	0	0	0	127.820,29	149.193,97	14,33	479.718,22	458.344,54	458.344,54	458.344,54	-4,66
Vila Real (42)	30.402,33	28.320,83	-7,35	291.852,56	299.045,02	2,41	2.250.522,47	2.245.411,51	2.245.411,51	2.245.411,51	-0,23
Vitória Régia (43)	5.999,56	9.446,00	36,49	305.700,20	292.453,75	-4,53	516.758,22	526.558,23	526.558,23	526.558,23	1,86

Fonte dos dados: IBGE, 2005 e 2012. Org. Os autores (2016).

na melhoria da qualidade ambiental, como: conforto térmico; amenização da poluição sonora, visual e do ar; quebra da artificialidade do meio urbano; entre outras funções (Gomes e Queiroz, 2011).

A componente Água apresentou um aumento de 13,7% o que pode ser atribuído as imagens serem de períodos diferentes. A imagem de 2012 retrata a situação ambiental do início do período das águas, registrando a flutuabilidade do lençol freático derivado do “pulso de inundação do Pantanal que provoca mudanças drásticas das condições ambientais dos habitats e influencia na dinâmica e distribuição de populações e comunidades” (Junk e Silva, 1999, p. 20).

A população entre 2000 e 2010 diminuiu em 17% dos bairros, com exceção dos bairros: Betel (01), Carrapatinho (02), Jardim Paraíso (19), Massa Barro (26), Olhos D’água (29) e Vila Real (42), que são bairros periféricos ao bairro Centro (06). Nos bairros Olhos D’água (29) e Vila Real (42) foram implantados conjuntos habitacionais, cuja população apresenta renda inferior à média dos demais habitantes da cidade. Porém, isso não foi impeditivo para que a renda geral urbana aumentasse em 53%, inclusive em bairros periféricos como Betel (01) e Nova Era (28), onde obtiveram um aumento de renda superior a 100%.

Verificou-se um padrão de diminuição da cobertura vegetal a partir do crescimento populacional dos bairros mais periféricos como Olhos D’água (29), Nova Era (28), Vila Irene (39) e Vila Real (42), associado ao aumento da renda, pois em todos estes houve o aumento da renda per capita, aumento do uso e cobertura e diminuição da vegetação.

Outro aspecto refere-se à ocupação de espaços vazios do perímetro urbano, que é uma tendência natural da evolução de uma cidade, na área de estudo ainda existem muitos espaços a serem ocupados e estes ainda poderiam ser ocupados de forma organizada, para minimizar os impactos ambientais da urbe.

A análise dos totais populacionais e de renda por bairros (**Tabela 2**) se destacaram no sentido contrário do esperado, que seria o aumento gradativo, natural ou forçado, por atração por emprego ou qualidade de vida, diferentemente da região Centro Oeste, que a partir da década de 1970, a urbanização ocorreu de forma mais intensa (Oliveira e Simões, 2005, p. 2).

Tabela 2. Dados demográfico e econômico da população urbana de Cáceres/MT.

Bairro (Código do mapa)	População		Dinâmica	Renda		Dinâmi-
	2000	2010	%	2000	2010	ca%
Betel (1)	427	635	49	12.600	109.451	769
Carrapatinho (2)	230	260	13	16.823	57.694	243
Cavallhada I (3)	2.048	2.289	12	697.529	1.725.098	147
Cavallhada II (4)	2.200	1.730	-21	410.866	838.766	104
Cavallhada III (5)	2.226	1.116	-50	183.689	243.310	32
Centro (6)	5.197	5.017	-3	2.007.757	3.779.060	88
Cidade Alta (7)	965	753	-22	102.159	253.767	148
Cidade Nova (8)	1.840	1.058	-43	212.035	286.307	35
Cohab Nova (9)	2.515	1.625	-35	477.442	688.451	44
Cohab Velha (10)	2.050	1.767	-14	534.349	1.070.166	100
DNER (11)	1.997	1.834	-8	167.057	344.807	106
Garcês (12)	1.296	781	-40	68.119	139.893	105
Jardim Celeste (13)	1.217	627	-48	121.106	176.400	46
Jardim do Trevo (14)	643	547	-15	185.389	400.794	116
Jardim Guanabara (15)	1.186	692	-42	205.450	260.178	27
Jardim Imperial (16)	1.549	1.280	-17	96.650	250.500	159
Jardim Marajoara (17)	2.417	2.249	-7	219.441	455.111	107
Jardim Padre Paulo (18)	1.336	569	-57	208.572	172.633	-17
Jardim Paraíso (19)	1.526	1.608	5	103.088	287.939	179
Jardim São Luiz da Ponte (20)	2.046	1.046	-49	199.262	278.836	40
Joaquim Murtinho (21)	542	694	28	69.199	161.622	134

Junco (22)	345	259	-25	19.800	40.201	103
Lavapés (23)	1.555	1.364	-12	239.221	474.735	98
Lobo (24)	1.721	1.761	2	167.658	361.330	116
Maracanãzinho (25)	1.099	1.385	26	72.364	263.292	264
Massa Barro (26)	1.160	452	-61	424.517	167.368	-61
Monte Verde (27)	1.351	1.959	45	68.577	245.316	258
Nova Era (28)	472	959	103	30.476	175.152	475
Olho D' Água (29)	2.203	1.387	-37	182.773	261.635	43
Rodeio (30)	1.965	1.484	-24	334.403	608.270	82
Santa Cruz (31)	1.174	488	-58	213.197	238.520	12
Santa Isabel (32)	489	612	25	132.528	249.981	89
Santa Rosa (33)	1.001	1.215	21	80.475	262.881	227
Santo Antônio (34)	1.089	976	-10	61.893	111.706	80
Santos Dumont (35)	432	401	-7	48.720	144.778	197
São Jorge (36)	832	816	-2	42.988	119.389	178
São Lourenço (37)	1.734	1.749	1	214.190	560.828	162
São Miguel (38)	771	678	-12	202.076	181.381	-10
Vila Irene (39)	1.348	721	-47	82.764	171.306	107
Vila Mariana (40)	2.736	2.164	-21	498.268	1.134.783	128
Vila Nova (41)	1.370	741	-46	90.344	140.095	55
Vila Real (42)	1.401	1.255	-10	129.100	328.291	154
Vitória Régia (43)	2.005	1.480	-26	241.786	377.481	56
Total	63.706	52.483	-18	9.876.700	18.599.502	53

Fonte dos dados: IBGE, 2000 e 2010. Org.: Os autores (2016).

A **tabela 3** ilustra a matriz formada pelos resultados do coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis de uso do solo, população e renda seguida pelos valores do teste p, respectivamente.

Tabela 3. Matriz de correlação de Spearman para as variáveis proximais.

	Água	Uso	Vegetação	População	Renda
Água	1				
Uso	0,399**	1			
Vegetação	0,732*	0,609*	1		
População	-0,071**	0,013**	-0,122**	1	
Renda	-0,163**	0,086**	-0,205**	0,782*	1

* Significant to 5% Probability ** Not significant. Org. Os autores (2016).

Verificou-se que há correlação entre uso e vegetação (**Tabela 3**), pois a retirada da cobertura vegetal aumentou a partir do uso do solo. E, a correlação entre população e renda em tese se deve ao fato de quanto maior a população de um bairro, logo quanto maior a urbanização, maior os impactos ambientais urbanos. Isso pode ser identificado ao se proceder as análises dos dados censitários complementada com o mapa de uso do solo e cobertura vegetal.

É importante ressaltar que mesmo que “medidas estruturais” sejam tomadas é necessário também, a aplicação de “medidas não estruturais”, porém, correlatas a situação (Santos, 1988). Por exemplo, de nada adianta a canalização de um rio ou córrego, para dar maior vazão ao volume de águas provenientes das chuvas e evitar inundações, se a população ocupar as margens desses corpos hídricos. Isto provavelmente, resultará no lançamento de dejetos e outros resíduos no canal, agravando o problema.

Em Cáceres, o crescimento desordenado é uma realidade que foi constatada por Cochev et al. (2010) por meio de interpretação visual da imagem Cbers-IIB fusionada, o que evidencia a ausência de implementação de medidas previstas no planejamento urbano (plano diretor) e a implementação de políticas públicas que vislumbrem o ordenamento espacial.

Desta forma, é necessário se pensar em métodos de análise que avaliem a questão dos impactos ambientais urbanos, considerando que estes estão diretamente associados a expansão ur-

ba, em Cáceres, esta problemática não é diferente. Sendo assim, torna-se importante apoiar-se em geotecnologias para que se tenha uma visão macro de uma cidade e assim atender as necessidades de planejamento e gestão de forma direta e indireta a curto, médio e longo prazo, concordando com Florezano (2011, p. 03) “as imagens de satélite proporcionam uma visão sinóptica (de conjunto) e multitemporal (em diferentes datas) de extensas áreas da superfície terrestre”.

5. Conclusões

Houve expansão da malha urbana (áreas construídas) e aumento nos totais populacionais e de renda de Cáceres e, conseqüentemente, redução da cobertura vegetal, contribuindo na degradação do meio ambiente, cujos impactos afetam as áreas alagáveis do Pantanal de Cáceres.

Sugere-se ao poder público municipal utilizar as geotecnologias para nortear o estabelecimento de políticas de planejamento urbano.

6. Agradecimentos

Ao Projeto de pesquisa Análise temporal do uso da terra para definição de cenários de mudança da paisagem natural por intervenções de natureza humana no Pantanal de Cáceres/MT, financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso - FAPEMAT.

7. Referências

- Bertrand. G. Paisagem e geografia física global. **RA'E GA**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 141-152, 2004.
- Brasil. Casa Civil. Lei 11977 de 07 de julho de 2009. Dispõe sobre o programa minha casa minha vida - PMC-MV. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil - DOU**, Poder Executivo. Brasília, DF, 8 jul. 2009. Seção 1, p. 1
- Brasil. Casa Civil. Lei 12424, de 16 de junho de 2011. Altera a Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009, que dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil - DOU**, Poder Executivo. Brasília, DF, 20 jun. 2011. Seção 1, p. 1.
- Brasil. Casa Civil. Decreto nº 6.820, de 13 de abril de 2009. Dispõe sobre a composição e as competências do Comitê de Participação no Fundo Garantidor da Habitação Popular - CPFGHab e sobre a forma de integralização de cotas no Fundo Garantidor da Habitação Popular - FGHab. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil - DOU**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 abr. 2009. Seção 1, p. 2.
- Câmara, G.; Souza, R.C.M.; Freitas U. M.; Garrido, J. C. P. Spring: Integrating Remote Sensing and GIS with Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, Dordrecht/NL, v. 15, n. 6, p. 13-22, 1996.
- Cochev, J. S.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J. Espaço urbano de Cáceres/MT analisado a partir de imagens de sensoriamento remoto e SIG. **Revista GeoPantanal**, Corumbá/MS, v. 5, n. 8, p. 145-160, 2010.
- Esri. **ArcGIS advanced: release 10.4**. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2016.
- Frarina, F. C. Abordagem sobre as técnicas de geoprocessamento aplicadas ao planejamento e gestão urbana. **Cad. EBAPE**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 4. p. 1-13, dez., 2006.
- Florezano, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2011. 128p.
- Gomes, M. W. Q. **Expansão urbana: um estudo sobre o processo e suas conseqüências**, 2012. Disponível em: < <http://www.webartigos.com/artigos/expansao-urbana-um-estudo-sobre-o-processo-e-suas-consequencias/97228/#ixzz4DxU0R110>>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- Gomes, M. F.; Queiroz, D. R. E. Avaliação da cobertura vegetal arbórea na cidade de Birigui com emprego de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. **Revista Geografar**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 93-117, dez., 2011.
- Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.
- Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

Junk, W. J.; Silva, C. J. O conceito do pulso de inundação e suas implicações para o Pantanal de Mato Grosso. In: Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal, 2., 1999, Corumbá, MS. **Anais...** Corumbá, MS: Embrapa Pantanal, 1999. p. 17-28. Disponível em: <<http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/ResumoLiv007.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2016.

Marconi, M. A.; Lakatos, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2007. p. 157-175.

Neves, S. M. A. S.; Nunes, M. C. M.; Neves, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídios às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 55-68, 2011.

Oliveira, L. A. P. de; Simões, C. C. da S. O IBGE e as pesquisas populacionais. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo: Associação Brasileira de Estudos Populacionais - ABEP, v. 22, n. 2, p. 291-302, jul./dez. 2005. Disponível em: <http://www.rebep.org.br/index.php/revista/article/view/245/pdf_229> . Acesso em: 30 jun. 2016.

Santos, M. **Metamorfoses do espaço habitado**. São Paulo: Hucitec, 1988. 136p.

Siqueira, M. M.; Moraes, M. S. Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 6, p. 2115-2122, 2009.

Souza, C. A.; Cunha, S. B. Pantanal de Cáceres - MT: dinâmica das margens do rio Paraguai entre a cidade de Cáceres e a estação ecológica da ilha de Taiamã-MT. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros - Seção Três Lagoas-MS**, Três Lagoas, MS, v. 1, n. 5, p. 18-42, 2007.



Geotecnologias aplicadas na avaliação do potencial das subbacias hidrográficas enquanto unidades espaciais de planejamento urbano integrado na cidade de Rondonópolis-MT

Tatiane Duarte Silva Oliveira ¹
Jeater Waldemar Maciel Correa Santos ¹
Nestor Alexandre Perehouskei ¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT
Rodovia Rondonópolis-Guiratinga MT 270,
s/n - Parque Sagrada Família, Rondonópolis - MT, 78735-910
{tatyduartegeo, jeatermaciel, nestoralexandre34}@gmail.com

Resumo. O município de Rondonópolis possui como instrumento básico de planejamento urbano o Plano Diretor Participativo de Desenvolvimento Urbano e Ambiental. Tal instrumento legal, de cunho técnico e político, define normas e regras para estabelecer o ordenamento territorial da cidade. Contudo, apesar de todo aparato legal Rondonópolis ainda apresenta muitos problemas urbanos oriundos de má gestão e também do não cumprimento da legislação ou ainda da ineficácia das proposições destas, como demonstrado por vários estudos (Negri (2008), Petri e Negri (2014), Albacette (2008), Trassi (2015), Pereira (2011), Nardes (2010), entre outros). Tais estudos concluíram que as questões enfrentadas cotidianamente pela população de Rondonópolis referem-se principalmente a segregação socioespacial; a poluição ambiental; ocorrência de inundações; distribuição inadequada e insuficiente de espaços públicos de áreas verdes e praças em Rondonópolis; e a drástica redução da cobertura vegetal da cidade, até mesmo nas Áreas de Preservação Permanente das margens e nascentes dos córregos do sítio urbano. A legislação municipal de Rondonópolis define como unidade espacial para planejamento territorial do município as “Zonas de Uso”. Mas, na prática várias outras unidades espaciais, não previstas na legislação, se encontram usualmente consolidadas nas tomadas de decisão para planejamento e gestão da cidade, referentes a infraestrutura, saúde, educação etc. Esse conflito no uso de unidades espaciais contribui também para a ineficiência do planejamento e gestão do espaço urbano. Neste sentido, esse estudo propõe utilizar geotecnologias na avaliação do potencial das áreas das subbacias hidrográficas do sítio urbano de Rondonópolis enquanto unidades espaciais de Planejamento Territorial Integrado e Participativo.

Palavras-chave: Subbacias hidrográficas, planejamento urbano, unidade espacial de planejamento, geotecnologias .

Abstract. The county of Rondonópolis possess as basic instrument of urban planning, the Participative Director Plan of Development Urban and Environmental. Such legal instrument, of technical and political nature, defines norms and rules to establish the territorial planning of the city. However, in despite of all the legal apparatus Rondonópolis still demonstrates many urban problems originated from the bad management and the non accomplishment of the legislation, or still the inefficiency of their propositions, as related by various studies (Negri (2008), Petri e Negri (2014), Albacette (2008), Trassi (2015), Pereira (2011), Nardes (2010), etc.). Those studies concluded that the question faced daily by the population of Rondonópolis refers mainly to the socio spatial segregation; the ambient pollution; occurrence of inundations; inadequate and insufficient distribution of public spaces of green areas and squares in Rondonópolis; and the drastic reduction of the city vegetal cover, even in the Permanent Preservation Areas of the banks and headwaters of streams from the urban sites. The county legislation of Rondonópolis defines the “Use Zones” as spatial unit for the territorial planning of the city. But, in the practice many other spatial units, not predicted in the legislation, encounter itself usually consolidated in the taking of decisions to the city planning and management, refer to infrastructure, health, education, etc. This conflict in the use of the spatial units contributes to the inefficiency of the planning and management of the urban space. In this sense, these study proposes make use of the geotecnologies in the evaluation of potential areas of hydrographic sub basins of the urban site of Rondonópolis while spatial units of Participatory and Integrated Territorial Planning.

Keywords: Sub Watersheds, urban planning, spatial planning unit, geotechnology.

1. Introdução

O município de Rondonópolis possui o Plano Diretor Participativo de Desenvolvimento Urbano e Ambiental, sendo a Lei Complementar nº 043 de 28 de Dezembro de 2006, para o estabelecimento de normas e regras para o ordenamento territorial sustentado por princípios do Estatuto da Cidade Lei Federal 10.257 de 10/07/2001 e pela Legislação Municipal desde o ano de 1975.

Na legislação municipal que rege o planejamento urbano de Rondonópolis são previstas as normas para o Parcelamento Urbano, Uso e Ocupação do Solo, Zoneamento e Código de Postura para Construção entre outras. Todas essas normas e regras são estabelecidas, de acordo, com a própria legislação federal e municipal, para o crescimento urbano ordenado, justo e igualitário. Contudo, apesar de todo esse aparato legal alguns problemas urbanos existentes em Rondonópolis são oriundos do não cumprimento desse conjunto de leis.

Os estudos Negri (2008), Petri e Negri (2014), Albacette (2008), Trassi (2015), Pereira (2011) e Nardes (2010) mostram que alguns problemas enfrentados pelo município são decorrentes da falta de cumprimento da legislação ou devido uma gestão inadequada. Tais estudos concluíram que as questões enfrentadas cotidianamente pela população de Rondonópolis referem-se principalmente a: a) segregação socioespacial, quando se tem infraestrutura adequada e de qualidade e o acesso próximo a equipamentos urbanos de assistência educacional, de segurança e de saúde em bairros menos populosos e de classe social alta; b) a poluição ambiental decorrente da utilização predominantemente de “fossa-negra” como sistema alternativo para a remoção e disposição do esgoto residencial, e com conhecimento do poder público; c) ocorrência de inundações em várias regiões da mancha urbana de Rondonópolis em consequência da ocupação desordenada de áreas de várzeas dos cursos d’água do sítio urbano e também pelo alto índice de impermeabilização do solo urbano; d) Distribuição inadequada e insuficiente de espaços públicos de áreas verdes e praças em Rondonópolis, as quais se concentram majoritariamente nas principais vias de acesso como avenidas e bairros de classe média alta e condomínios fechados; e a redução da cobertura vegetal das Áreas de Preservação Permanente das margens e nascentes dos córregos do sítio urbano de Rondonópolis, sendo fato relacionado com o avanço da ocupação urbana (criação de bairros) nesses locais, sobretudo, com a conivência da gestão municipal, que aprovou diversos loteamentos nestas APPs.

Todos esses problemas seriam evitados ou no mínimo mitigados se houvesse o cumpri-

mento das diretrizes, normas e regras determinadas e estabelecidas pela Lei Complementar Nº 012 de 2002 que institui Código Ambiental do Município de Rondonópolis; pela Lei Nº 2.119 de 1994 que institui o Zoneamento Urbano do Município de Rondonópolis; Lei Nº 2.120 de 1994 que institui o Parcelamento Urbano do Município de Rondonópolis; pela Lei Nº 2.122 de 1.994 que institui o Código de Postura no Município de Rondonópolis; e pelo Plano Diretor Lei Complementar Nº 043 de 2006.

Tal legislação define como unidade espacial para planejamento territorial do parcelamento e ocupação do espaço urbano as “Zonas de Uso” que são frações de acordo com seu uso preponderante. Mas, existem no município outras unidades espaciais não previstas na legislação, mas, usualmente consolidadas na tomadas de decisão para a gestão de infraestrutura, saúde e educação da cidade de Rondonópolis. Esse conflito no uso de unidades espaciais contribui também para a ineficiência do planejamento e gestão do espaço urbano de Rondonópolis.

Neste sentido, esse estudo propõe utilizar geotecnologias na avaliação do potencial das áreas das subbacias hidrográficas do sítio urbano de Rondonópolis enquanto unidades espaciais de Planejamento Territorial Integrado da cidade.

A bacia hidrográfica apresenta-se como uma proposta viável para este estudo quando é definida como uma unidade espacial muito prática para planejamento, gestão e monitoramento do espaço, pois tem um limite definido de maneira muito consistente segundo aspectos do contexto hidrológico de seu território. Desse modo, as características biofísicas, de uso e ocupação do solo e ainda os impactos ambientais decorrentes das alterações de sua paisagem pelas ações antrópicas (produção agrícola, atividades industriais, implantação de bairros residências e áreas comerciais etc), podem ser melhor estudados, monitorados e controlados, o que fornece melhores bases para a condução de ações de planejamento e gestão desse espaço e dessa forma amenizar impactos negativos, como o desequilíbrio, a degradação ambiental e prejuízo socioambientais associados (Tundisi, 2003)

Estudos como os de Magalhães et al (2013), Schussel e Nascimento Neto (2015), Carvalho (2014) tomam a bacia hidrográfica como unidade espacial para planejamento urbano municipal buscando a correlação dos aspectos urbanos, sociais, legais com as limitações, fragilidades e de uso do solo de tais ambientes. Tais estudos relatam a experiência em relação a implementação de uma sistemática de monitoramento do uso e ocupação do solo municipal tendo a bacia hidrográfica como unidade básica de planejamento. Pois, elas permitem se conhecer de modo relativamente fácil as limitações naturais desse ambiente e assim impedir práticas nocivas e insustentáveis que fatalmente resultariam em prejuízo a natureza e a sociedade.

As geotecnologias possuem recursos capazes de manipular informações tempororo-espaciais e têm proporcionado meios eficazes para aquisição e manipulação de dados para escalas pequenas, médias e grandes, sem a necessidade de contato direto com o objeto alvo e, ainda, em tempo real para inúmeras aplicações de variados campos de conhecimento (Moreira, 2011).

O uso das geotecnologias viabiliza a espacialização de informações geográficas e possibilita a compreensão da realidade do espaço, além disso, apresenta as interações e os agrupamentos para auxiliarem na definição de tomadas de decisão. Sendo realizados a partir do reconhecimento de obstáculos físicos naturais ou construídos, através do manuseio de técnicas de sensoriamento remoto e de ferramentas para a realização de operações espaciais, tais como: Sistemas de Informações Geográficas (SIG). (Oliveira et al., 2010).

O sensoriamento remoto “é a aquisição de informações sobre objetos a partir de detecção e mensuração de mudanças que se impõem ao campo eletromagnético.” (Novo, 2010, p.81). Ele pode ser dividido em dois grandes subsistemas, sendo: subsistema de aquisição de dados de sensoriamento remoto e subsistema de produção de informações. (Miranda, 2010).

A tecnologia por detecção remota tem tido intensa evolução no aprimoramento de aqui-

sição de dados através de imageamento por meio de radares, sensores orbitais e semi-orbitais. E isso pode ser notado na qualidade das resoluções: radiométrica, espectral, temporal e espacial e na possibilidade de obtenção de informações de vegetação, uso do solo, conservação do solo, altimetria, temperatura, geomorfologia, mineração, hidrografia, entre outros, como por exemplo, os dados obtidos através de pares estereoscópicos digitais por sensores ópticos, a bordo de satélites, como os do Aster (Marques et al., 2011).

O SIG é a estrutura funcional para a entrada de dados, manuseio, transformação, visualização, combinação, consultas, análises, modelagem e saída de conhecimento útil na forma de mapas e imagens, estatísticas, gráficos e outros, com a localização geográfica para atribuir uma referência a um elemento não espacial. É usado em diversas e inúmeras áreas como variáveis, funções, e, inclusive, na descrição geomorfológica por meio de manuseio de Modelos Numéricos de Terreno (MNT) (Valeriano, 2002).

Com a utilização de modelos de elevação e manuseio do SIG é possível a realização da extração de rede de drenagem e delimitação automática de bacias, sendo um processo rápido e simples, mas que, no entanto, está sujeito a maior número de falhas, dependendo do tamanho da escala, localização da área e qualidade do modelo (Santos; Linhares, 2012; Araújo et al., 2009).

O modelo de elevação digital e as ferramentas das geotecnologias são utilizados em aplicações de múltiplos estudos, que abordam a correção de altitudes, atualização cartográfica, mapeamento geomorfológico e no desempenho da obtenção de dados hidrológicos, como extração de malha hídrica e limites das bacias, tais como Santos et al. (2013); Lima et al. (2012); Carvalho (2007); Souza e Almeida (2014); Faria et al. (2015); Santos (2013); Rodrigues et al. (2010); Araújo et al. (2014); Grohmann (2015); Biffi et al. (2015); Cherem (2011); Silva et al. (2015).

Tais objetivos por meio da utilização de produtos de sensoriamento remoto e manuseio de técnicas de geoprocessamento também são aplicados em estudos realizados no Pantanal, como a pesquisa realizada por Andrades Filho et al. (2009), que teve como intuito obter automaticamente a rede de drenagem a partir das diferentes fontes de dados SRTM (USGS, Embrapa e Topodata) e ASTER no limite do Pantanal de Aquidauana com o Planalto de Maracajú. E o estudo de Cândido e Santos (2011) que objetivou delimitar automaticamente as sub-bacias dos rios de segunda e quarta ordem da bacia hidrográfica do rio Manso-MT a partir de um MDE. E vários outros estudos que tiveram o intuito de aplicar geotecnologias na extração automática de rede de drenagem e de limites de bacias hidrográficas, tais como: Oliveira et al. (2010); Souza e Almeida (2014) e Brubacher (2012).

A amplitude do uso de Geotecnologias perpassa obstáculos e áreas que possuem características físicas bastante inerentes, como as áreas do Pantanal.

2. Objetivo

Este estudo teve como objetivo mapear as sub-bacias hidrográficas do sítio urbano e de expansão urbana do município de Rondonópolis/MT com emprego de recursos de geoprocessamento, considerando-os aspectos físicos e sociais como parâmetros para avaliar o potencial das mesmas como unidades espaciais de planejamento urbano.

3. Materiais e Métodos

3.1 Uso de geotecnologias no mapeamento das sub-bacias hidrográficas da área do sítio urbano e de expansão urbana do município de Rondonópolis

Para identificar/delimitar as microbacias hidrográficas da área urbana e rural do município de Rondonópolis foi utilizado um Modelo de Elevação Digital (DEM), sendo Pleyades de 0,5

metro de Resolução disponibilizado pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (LASERGEO/UFMT/CUR).

Utilizando ambiente SIG foi realizada a técnica de extração automática de rede de drenagem e limites das bacias hidrográficas do modelo, utilizando o algoritmo D8 do Método das Oito Possíveis Direções de Fluxo (O'Callaghan e Mark, 1984). A obtenção de informações hidrológicas através de DEM no ambiente SIG obtida realiza-se a partir de princípio básico matemático: a definição de linhas de fluxo (drenagem) através do cálculo da mínima distância entre as curvas de nível. E, ainda, considera-se o ângulo dessas linhas de fluxos criadas entre curvas de nível que as originaram para que sejam perpendiculares (ROSIM et al., 2003).

Com isso, a extração da rede de drenagem é realizada a partir da geração de grades de relevos produzidas por interpolador linear de média ponderada por cota quadrante. A rede de drenagem é obtida pelo algoritmo desenvolvido na sobreposição sobre esses produtos de relevo. Com o desenvolvimento desse processo dá-se a grade direção de fluxo local *Drainage Network (LDD)* (Rosim et al., 2003).

A partir do LDD produzido obtêm-se o *FlowDirection*, sendo a direção de fluxos, relacionada aos pontos cardeais e aos pontos colaterais, quando a água escoar na direção de maior declividade do terreno. A direção de fluxos obtém-se a partir de uma grade regular (matriz de altimetria) que foi determinada por meio da direção de maior declividade de um “*pixel*” em comparação aos seus oito “*pixels*” vizinhos, tomando-se por base a linha de maior declividade do terreno. E, em caso de *pixels* com valores iguais de menor altitude considera-se a que não está diagonal. E, se *pixels* com a mesma altitude tiverem adjacentes, a preferência será para o pixel central (Sobrinho et al., 2010; Santos; Linhares, 2012; Oliveira et al., 2012; Souza e Almeida, 2014).

Desse procedimento origina-se a grade de fluxos acumulados chamada ACM, a qual representa os caminhos que originam a rede de drenagem. O fluxo acumulado é um parâmetro que indica o grau de confluência do escoamento e pode ser associado ao fator comprimento entre conexão com divisores de água a montante. É possível montar uma nova grade contendo os valores de acúmulo de água em cada “*pixel*”. Desse modo, cada “*pixel*” recebe um valor correspondente ao número de “*pixels*” que contribuem para que a água chegue até ele. O fluxo acumulado, também denominado área de captação (Lima et al., 2012; Sobrinho et al., 2010; Rosim et al., 2003).

Nessa etapa o valor limite (início do canal) de acordo com Souza e Almeida (2014) é fornecido e cada “*pixel*” da grade é pesquisado, que corresponderá se o valor do “*pixel*” da grade de fluxos acumulados for maior ou igual ao valor de limite fornecido. Dessa forma, o valor desse “*pixel*” será inserido na mesma posição na grade de saída, que conterà a rede de drenagem. Assim, somente valores maiores ou iguais ao valor inicial estarão representados na grade de drenagem (Lima et al., 2012).

Para a delimitação das bacias é necessário a produção do LDD, rede de drenagem, a ordem das ramificações hidrológicas e o ponto exutório. Qualquer ponto da rede de drenagem pode ser escolhido como ponto exutório, sendo que toda a água coletada ou captada naturalmente é proveniente da precipitação com escoamento para um único ponto de saída. E, de acordo com diversas finalidades e características da área de estudo, podendo ser barragens, reservatórios, foz e confluências de rios (Carvalho, 2007; Santos et al., 2013; Rosim et al., 2003).

A partir da execução da função anterior, é adquirido o fluxo acumulado, quando é possível verificar a formação dos caminhos que incidem a rede de drenagem e a representação dos valores de acúmulo de água em cada *pixel*. No SIG, tal procedimento é feito com a função “*flowaccumulation*”.

O próximo passo é a extração da rede de drenagem. Nessa etapa ocorre a definição de um

conjunto de segmentos ou o subconjunto do fluxo acumulado. No SIG o usuário deve definir o valor limite que seja igual ou maior ao valor de *pixel* do fluxo acumulado. Ou seja, serão obtidos ramificações ou segmentos da drenagem maior ou igual ao valor 200, que foi o valor definido para esse estudo. Quanto maior esse valor menor será o número de ramificações (RO-SIM, 2014).

No SIG esse valor é definido, onde os seguintes parâmetros de cálculo são utilizados: Coseno (fluxo acumulado) maior que (>) 200 número de *pixels*, 1 (O número 1 corresponde a todos os valores igual ou maior que 200, ou seja, todos serão convertidos ao valor 1. Enquanto que, valores menores que 200 serão convertidos em 0 (zero), e, dessa forma, não serão extraídos). Posteriormente, na função “*streamtofeatures*” com o ACM habilitado, é retirada a rede de drenagem em formato vetorial.

Para isso foram utilizados como parâmetros a resolução do MNT de 0,5 metros, o tamanho da área mínima da captação de acumulo de fluxos para se gerar uma drenagem, sendo de 1500 células, e a cota média de altitude da área de depressões do terreno como sendo de 05 metros.

Após o processo de extração automática, os limites das sub-bacias e sua rede de drenagem foram editados e finalizados de acordo com o conhecimento da área de estudo pelo pesquisador e utilizando imagens de satélite de alta resolução espacial disponibilizada no *Google Earth Pro*, o MNT *Pleyades* e ferramentas do SIG.

Para obter a hierarquia fluviométrica de rede de drenagem e, assim, delimitar e classificar as sub-bacias hidrográficas do sítio urbano de Rondonópolis, a rede de drenagem extraída foi classificada segundo o método *Strahler* (Chow et al., 1988). O processamento para adquirir as ordens da drenagem das sub-bacias também foi realizado em ambiente SIG.

3.2 Uso de Geotecnologias no Mapeamento do uso do solo das sub-bacias hidrográficas da área do sítio urbano e de expansão urbana do município de Rondonópolis

Para o mapeamento do uso do solo foi realizada consulta na Lei Complementar Nº 056, de 14 de dezembro de 2007 para a definição das classes de uso, as quais foram: comercial, industrial, residencial, solo exposto, água e vegetação de cerrado e vegetação florestal, sendo as matas ciliares e áreas verdes com alta de vegetação florestal. Após a definição das classes foi realizada vetorização na imagem de alta resolução do *Google Earth Pro* e consultando o modelo *Pleyades* de 0,5 metros. Sendo o desenho de polígonos de acordo com as classes pré-definidas e encontradas na imagem, conforme, cor, contraste, padrão, forma e textura, e principalmente, segundo conhecimento do pesquisador e consulta de modelo de alta resolução e com data atual da área de estudo. Tal técnica é chamada de classificação visual.

4. Resultados e Discussão

4.1 As Sub-bacias Hidrográficas da Área do Sítio Urbano e de Expansão Urbana do Município de Rondonópolis

A hierarquia fluvial extraída do MNT da imagem *Pleyades*, definida de acordo com o método *Strahler* (Chow et al, 1988), resultou na classificou da rede de drenagem da área das sub-bacias do sítio urbano de Rondonópolis em oito categoria de ordens, sendo que os cursos d’água de primeira ordem configuram os trechos de áreas de nascentes, e o de maior ordem, é o rio principal do sítio urbano, ou seja, o rio Vermelho, assim como mostra a **Figura 1**. Nessas sub-bacias, a rede de drenagem se configura tendo como cursos d’água de maior frequência, os de segunda, terceira e quarta ordem.

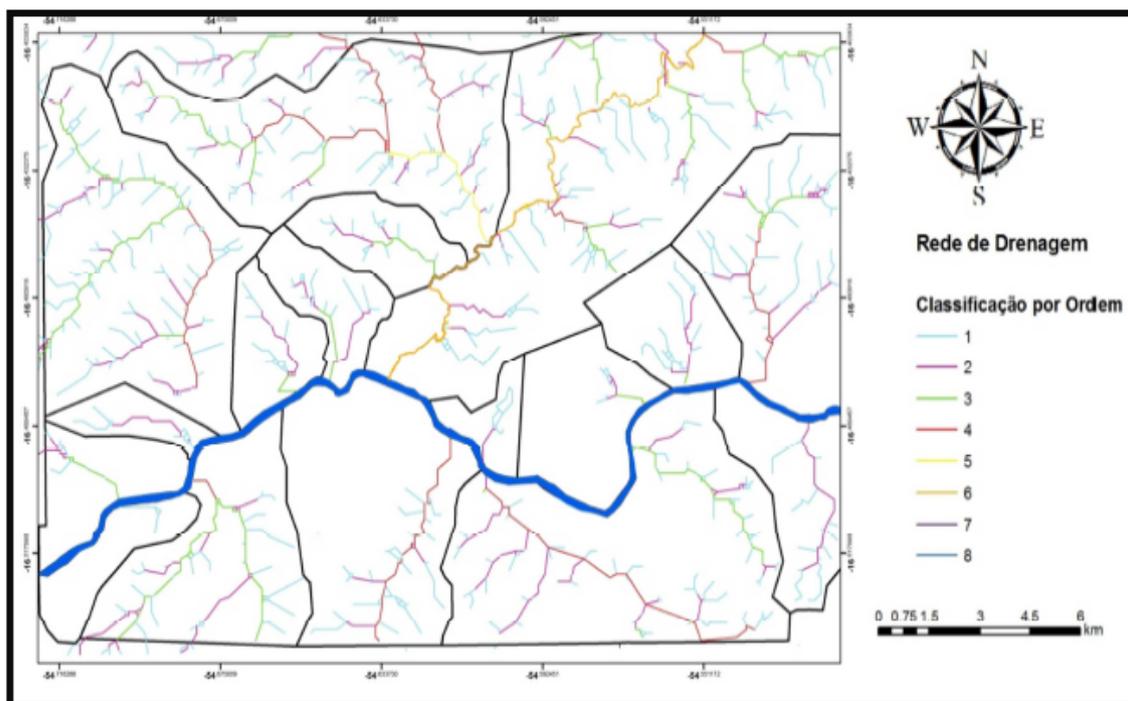


Figura 1. Rede hídrica de acordo com a classificação hierárquica do método Strahler (Chow et al, 1988).

Para a área da mancha/sítio urbano de Rondonópolis foram mapeadas dezoito subbacias hidrográficas que ocupam áreas das zonas urbana e de expansão urbana do município de Rondonópolis. As sub-bacias mapeadas foram extraídas de acordo com a área de captação de cada uma tomando-se como ponto máximo de acumulação o ponto dos exutórios dos seus córregos (Anhumas, Cachoeirinha, Piscina, Iguaçu, Cerâmica, Paulista, Peixada, Bambu, Canivete, Vermelhinho, Escondidinho, Esparramo, Lourencinho, Pitaluga, Queixada) e rios (Jurigue, Tadarimana e Arareau). A grande maioria dessas sub-bacias é de segunda e quarta ordem. Foram mapeadas 05 sub-bacias de segunda ordem, 06 subbacias de quarta ordem e outras 04 sub-bacias de terceira ordem. De primeira ordem só foi encontrada 01 (uma), e o mesmo para as de quinta e sexta ordem, como apresentado na **Figura 2**.

Na **Figura 2** a sub-bacia do Iguaçu tem a menor extensão territorial, sendo 356 hectares. As maiores sub-bacias são as de quinta e sexta ordem, sendo a sub-bacia do Queixada que possui 3.564 hectares e a sub-bacia do baixo Arareau que tem 5.760 hectares. As sub-bacias de quarta ordem têm áreas que variam entre 1.188 hectares e 3.613 hectares. A menor subbacia de quarta é a do córrego Tadarimana, e a maior sub-bacia dessa mesma ordem é a do córrego Escondidinho. Contudo é preciso lembrar que tal metodologia restringiu a área das sub-bacias à apenas o limite da área considerada como sendo da “mancha urbana” de Rondonópolis. Então, obviamente que a área total de tais sub-bacias pode ser muito maior que a apontada para a área restringida para as análises desse estudo. As áreas das sub-bacias de segunda ordem variam de 356 hectares e 1196 hectares, sendo a maior de segunda ordem é a sub-bacia do Cerâmica. A terceira ordem é composta pelas sub-bacias dos córregos Anhumas, Vermelhinho, Canivete e Bambu, os quais possuem áreas entre 696 hectares e 930 hectares, sendo a menor a sub-bacia do Bambu e a maior da terceira ordem a sub-bacia do córrego Vermelhinho.

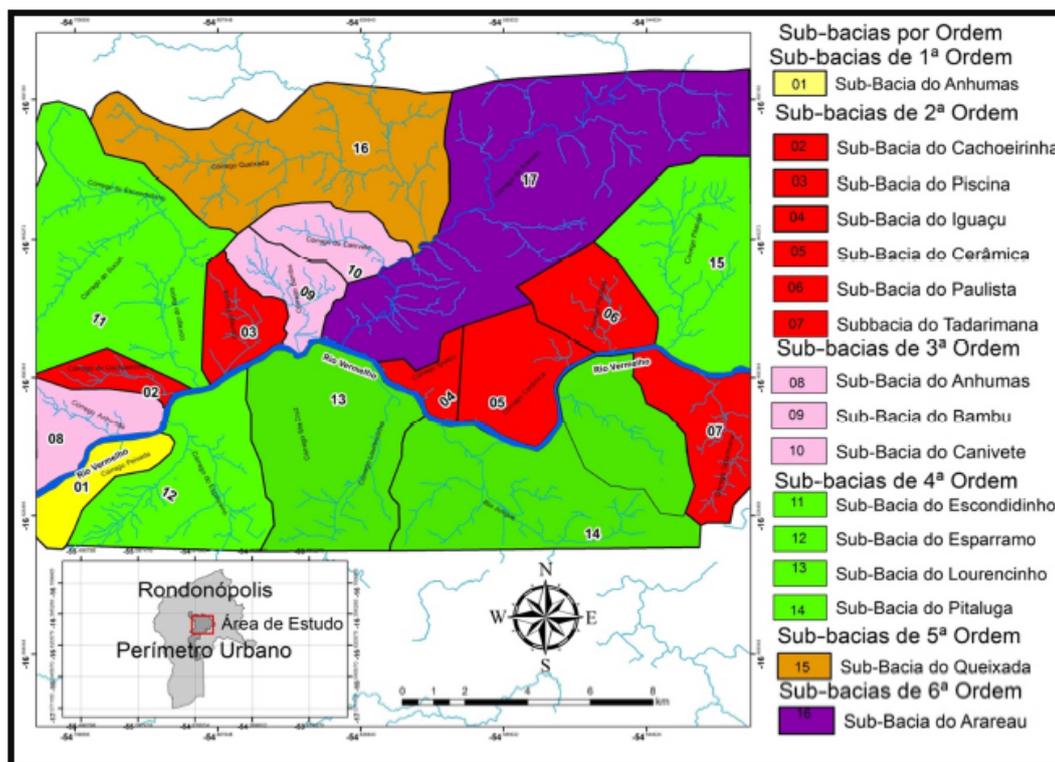


Figura 2. Sub-bacias hidrográficas do sítio urbano (zonas urbana e de expansão urbana) do município de Rondonópolis, de acordo com a classificação hierárquica do método Strahler (Chow et al, 1988).

4.2 Uso e Ocupação do Solo em Nível das Sub-Bacias Hidrográficas de Rondonópolis

A área de estudo tem 32937 hectares, sendo que desse total 1092 há são ocupados por áreas comerciais e industriais, e 2386 ha são usados para habitação. As áreas de solo nu, sendo lotes e quadras que não possuem nenhuma tipo construção somam um total de 533 hectares apresentado na **Figura 3**. Grande parte dessa área, sendo principalmente em áreas de expansão são grandes extensões de cerrado e pastagem e possui uma área de 27846 hectares. As áreas de mata ciliar somam 1613 ha. As sub-bacias do Piscina, Canivete, Bambu tem maior áreas territoriais usadas pelas classes Residencial, Comercial e Industrial. A bacia do Canivete tem maior uso Residencial e a classe de Comércio e Industria tem maior abrangência nas bacias Bambu e Piscina

Em se tratando de subbacias hidrográficas é relevante obter-se o conhecimento do uso e cobertura do solo, pois contribui para o planejamento urbano municipal, visto que o Plano Diretor de um município necessita dessas informações, bem como, do conhecimento prévio da realidade física, biológica, social, econômica e espacial compoendo uma base consolidada para planejamento integrado. Foi possível verificar na **Figura 3** que as subbacias possuem áreas inadequadas à ocupação humana, e as quais já estão ocupadas pelo uso comercial, residencial, principalmente nas áreas mais elevadas, onde se encontram a maior parte das nascentes das sub-bacias do Queixada, Canivete, Bambu, Piscina, Cerâmica e Iguaçu, sendo necessário assim, o cumprimento da legislação municipal vigente, bem como a gestão da área em análise a fim de evitar desmatamentos, impermeabilização, inundação, enchentes e outros problemas ambientais e sociais.

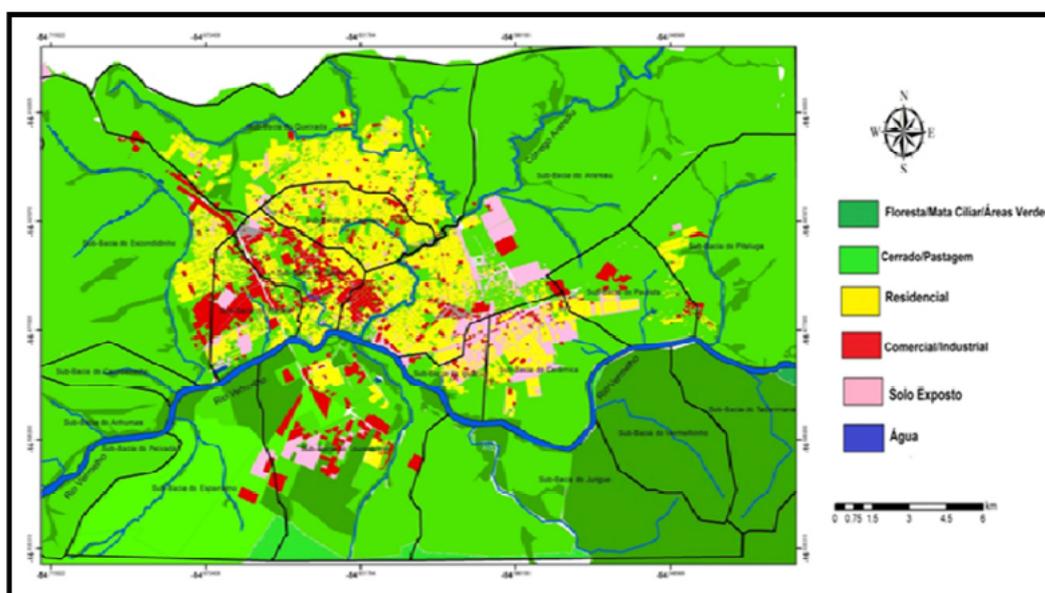


Figura 3. Uso e Ocupação do Solo das Sub-bacias hidrográficas do sítio urbano (zonas urbana e de expansão urbana) do município de Rondonópolis

Para uma análise consolidada em relação ao uso do solo nas unidades das bacias, é possível verificar o nível de ocupação através do tamanho das áreas edificadas pelos usos comercial, industrial e residencial, os quais somam um total de 2162 hectares, no que pode resultar na impermeabilização do solo, sendo um dos graves problemas agravados pelo inadequado planejamento urbano municipal.

5. Conclusões

A bacia hidrográfica é uma unidade adequada para o planejamento por ter delimitação física clara e ecossistemas hidrológicamente integrados, pois os terrenos de suas vertentes são drenados por um curso de água principal e seus afluentes, o que permite o gerenciamento e o controle do uso dos seus recursos naturais e a conservação ambiental. Além disso, seu espaço também se caracteriza por ações sociais e a possibilidade de aplicabilidade de tecnologias para proteção, conservação e recuperação ambiental.

Dessa forma, pode-se contemplar a bacia hidrográfica como um sistema que possui processos vinculados e que resultam em fonte de recursos para ações e degradações. É possível identificar na bacia hidrográfica, o uso do solo de forma integralizada e interligada com os aspectos ambientais, e, ainda, diagnosticar os impactos negativos no ambiente natural devido as ações sociais ocorridas que não priorizaram conservação e preservação do meio.

A Geotecnologia constitui-se como um dos instrumentos metodológicos de apoio ao planejamento, devido a possibilidade de espacialização otimizada, levantamento de dados, diagnóstico do problema, execução de ações, reconhecimento das transformações da natureza e sociedade, integração de variáveis, fontes de informação e análise da evolução social em tempo real e de forma precisa. As geotecnologias são um conjunto de ferramentas, instrumentos e sistemas tecnológicos e geográficos que tem como funcionalidade a espacialização, manipulação, gerenciamento, representação, integração, articulação de informações geográficas coletadas através de receptores ou sensores portáteis, orbitais ou semi orbitais para diversas aplicações.

Nesse estudo teve papel fundamental na definição automática e concisa de unidades espaciais de planejamento que tem maior integração ambiental, social e econômica necessária para

um planejamento urbano com maiores alcances para os principais objetivos do plano diretor municipal de Rondonópolis. Além disso, foi primordial na produção de mapa temático preciso e atual do uso e ocupação do sítio urbano do município enriquecendo a base de dados com informações para o plano diretor, o qual é instrumento de planejamento de Rondonópolis. Dessa forma, tem se maiores detalhes de quais usos e sua dinâmica espacial resultando em produto que apresenta as áreas vulneráveis, áreas que podem ser ocupadas, áreas que podem ser recuperadas e principalmente, uma fonte de dados para tomada de decisões para evitar vários problemas urbanos e sociais. Tendo essas unidades espaciais, mapas temáticos, é possível realizar cruzamento de dados, otimização de informações e análises integradas que possam ter impactos na destinação de recursos e mudanças para uma cidade com maior gestão e melhor planejada.

6. Referências

- Albacette, S.L. **Análise do sistema de saneamento Ambiental em Rondonópolis-MT, a relação Água e esgoto.** 2008. 128p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 2008.
- Andrades Filho, C. O.; Zani, H.; Gradella, F. S. Extração Automática das redes de drenagem no Pantanal de aquidauana: estudo comparativo com Dados SRTM, ASTER e carta topográfica DSG. **Geografia**, v. 34, Número Especial, p.731-743, 2009.
- Araujo, E.P de; Teles, M.g.l; Lago, W. J.S. Delimitação das bacias hidrográficas da Ilha do Maranhão a partir de dados SRTM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14., 2009, Natal. **Anais...** Curitiba: INPE, 2014.p.4631-4638.
- Araujo, O.S de; Brum, E.V.P; Silva, E.P da et al. Acurácia Posicional do Modelo Digital de Terreno com os Modelos Digitais de Elevação: Aster GDEM, SRTM e Topodata. **Enciclopédia Bioesfera**, Goiânia: Centro Científico Conhecer, v.10, n.19, p.42-51, 2014.
- Biffi, L.J.; Jarenkow, G.L. et al. Comparação de modelos digitais de elevação de SRTM e ASTER com modelo de elevação de grande escala do município de Lages – SC. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 16., 2013, Foz de Iguaçu. **Anais...** Paraná: INPE. 2013.
- Brubacher, J.P ; Oliveira, G.G; Guasselli, L.A; Luerce, T.D. Avaliação de bases SRTM para extração de variáveis morfométricas e de drenagem. **Geociências**, v. 31, n. 03, p. 01-13, 2012.
- Candido, A. K. A. A; Santos, J.M.W.C. **Avaliação de métodos de delimitação automática de sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Manso-MT a partir de MDE.** In. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., 2011, Curitiba. **Anais...**Paraná: INPE, 2011.
- Carvalho, R.G. **As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil.** Presidente Prudente: Caderno Prudentino de Geografia, 2014.
- Carvalho, P.R.S. **Análise comparativa de métodos para delimitação automática das sub-bacias do Alto Curso do Rio Preto.** 2007. 58 p. (Dissertação de Mestrado em Gestão Ambiental e Territorial) - Universidade de Brasília, Brasília. 2007.
- Cherem, L.F.S. **Análise morfométrica da bacia do alto Rio das Velhas – MG.** 2008. 96 p. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 2008.
- Correia, E.F.G. **Modelagem hidrológica da bacia hidrográfica do rio Bengalas, Nova Friburgo, RJ, utilizando o potencial de geotecnologias na definição de áreas de risco de inundação.** 2011. 299 p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade do Estado do Rio Janeiro, Rio de Janeiro. 2011.
- Grohmann, C.H. Análise comparativa preliminar entre dados SRTM, Topodata, ASTER GDEM e modelos de superfície/ terreno do projeto radiografia da Amazônia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17., João Pessoa. **Anais...** Paraíba: INPE, 2015.
- Faria, V.G.; Barros, P.P.S. et al. Avaliação de modelos numéricos de redes de drenagem com SIG. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17., João Pessoa. **Anais...** Paraíba: INPE, 2015.
- Lima, F.A. Almeida; L. Silva de; Braga, F.L; Nery, C.V.M. Utilização do sistema de informações geográficas terraview para delimitação da bacia hidrográfica do Rio Vieira, Montes Claros – MG. In: Simpósio Regional de

Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 06., Aracaju. **Anais...** Sergipe: INPE, 2012.

Magalhães, C.R **Bacia hidrográfica como referência de planejamento e Expansão urbana para as cidades no século XXI.** 2013. 227p. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2013.

Marques, H.H.; Penatti, N.C. et al. Comparação entre os modelos de elevação SRTM, TOPODATA e ASTER na delimitação automática de rede de drenagem e limite da bacia hidrográfica. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 15., Curitiba. **Anais...** Paraná: INPE, 2001. p.1271.

Nardes, A. M. M. **Rondonópolis – MT: Sua Espacialidade Reconstruída.** 1997. 150p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília. 1997.

Nardes, A. M. M; Demamann, M.T.M. Uma leitura geográfica dos espaços públicos em Rondonópolis-MT: praças e áreas verdes. In: Encontro Nacional dos Geógrafos: Crise, práxis e autonomia: espaços de resistência e esperanças. Espaços de diálogos e práticas, 07., 2010, Porto Alegre. **Anais...**Rio Grande do Sul: AGB, 2010. p. 01-11.

Negri, S. M. **O processo de segregação sócio-espacial no contexto do desenvolvimento econômico da cidade de Rondonópolis.** 2008. 180p. (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2008.

Oliveira, S.N; Júnior Carvalho, O. A de; Silva da, T.M. et al. Delimitação Automática De Bacias De Drenagens E Análise Multivariada De Atributos Morfométricos Usando Modelo Digital De Elevação Hidrologicamente Corrigido. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Ano 08 N01, 2007.

Oliveira, S.N.; Carvalho Júnior, O.A.; Silva, T.M. et al. Delimitação automática de bacias de drenagens e análise multivariada de atributos morfométricos usando modelo digital de elevação hidrologicamente corrigido. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 8, n 1, p.3-21. 2007.

Pereira, E. S. **Expansão urbana e impactos ambientais no Perímetro urbano de Rondonópolis – MT: uma comparação da situação da cobertura vegetal e Das áreas de proteção ambiental nos anos de 1986 e 2008.** Rondonópolis: UFMT, 2009.

Rodrigues, T. L.; Debiasi. P.; Souza, R.F. Avaliação da adequação dos produtos Aster Gdem no auxílio ao mapeamento sistemático brasileiro. In: Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 03., 2010, Recife. **Anais...**Pernambuco: UFPE, p. 01-05. 2010.

Rosim, S.; Oliveira, J.R.F. et al. Extração da drenagem da região nordeste utilizando o sistema terrahidro. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 12., Natal. **Anais...**Rio Grande do Norte: ABRH. 2014.

Sobrinho, T.A.; Oliveira, P.T.S.; Rodrigues, D.B.B.; Ayres, F.M. Delimitação automática de bacias hidrográficas utilizando dados SRTM. **Engenharia Agrícola**. v.30. n1, p.46-57. Jaboticabal. 2010.

Santos, L;B;L; Linhares, C.A. ArcGis, IDL-HAND e TerraHidro: avaliando eficácia e eficiência na delimitação de bacias hidrográficas usando diferentes fontes de dados altimétricos. In: Congresso Brasileiro Sobre Desastres Naturais, 2012, Rio Claro. **Anais...**São Paulo: 2012.

Santos, L.B.L; Jorge, A.A.; Zolino, M.M. et al. Caracterização de bacias hidrográficas por uma abordagem diretamente baseada em operações via bancos de dados geográficos. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 01., 2013, Porto Alegre. **Anais...**Rio Grande do Sul: UFRS, 2013.

Silva da C.R.P; Demarqui, E.N; Almeida, F.T; et al. **Diferentes modelos digitais de elevação na caracterização física da bacia hidrográfica do Rio Nandico, MT, Brasil.** Scientia Plena. v.11, n. 05. 2015.

Schussel, Zulma; Nascimento Neto, Paulo. **Gestão por bacias hidrográficas: do debate teórico à gestão municipal.** São Paulo: Ambiente & Sociedade, 2015.

Souza, J.O.P; Almeida, J.D.M. **Modelo digital de elevação e extração automática de drenagem: dados, métodos e precisão para estudos hidrológicos e geomorfológicos.** Boletim de Geografia. v.32, n.2, p. 134-149. Maringá. 2014.

Torres, R. P; Negri, S. M. Análise da segregação sócio espacial urbana em Rondonópolis (MT), a partir dos equipamentos urbanos e sociais instalados. In: Congresso Brasileiro dos Geógrafos, 05., 2014, Vitória. **Anais...** Espírito Santo: AGB, 2014. p. 01-10.

Trassi, J da Silva. **Estudo do potencial de riscos de inundações nas microbacias da cidade de Rondonópolis, Mato Grosso.** 2015. 160p. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis.

2015.

Tucci, C. E. M.; **Gestão da Água no Brasil**. Brasília: Unesco, 2001

Tundisi, J. G. **Água no século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Carlos: Editora Rima, 2003.

Valeriano, M. M; Moraes, J.L. Extração de rede de drenagem e divisores por processamento digital de dados topográficos. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10., 2001, São Paulo. **Anais...**, Campinas: INPE, 2001.



Análise da paisagem e mudanças no uso da terra no assentamento Antônio Conselheiro/ Mato Grosso

Miriam Raquel da Silva Miranda ¹
Jesã Pereira Kreitlow ¹
Cleber Aparecido Barros¹
Sandra Mara Alves da Silva Neves¹
Ronaldo José Neves (In memoriam) ¹

¹Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT/
Av. Santos Dumont, s/n. Bairro: Santos Dumont.
78200-000 Cáceres, MT
miriamraquel18@gmail.com
{jesapk1, cleberapbarros}@hotmail.com
{ssneves, rjneves}@unemat.br

Resumo. O estudo objetivou mapear as classes de uso e ocupação da terra, a fim de verificar e quantificar a ocorrência de mudanças estruturais da paisagem ocorridas entre 1997, 2005 e 2015 no assentamento Antônio Conselheiro, Tangará da Serra/MT. A metodologia utilizada se deu a partir da geração de mapas a partir das imagens Landsat 5 e Landsat 8, relativas aos anos de 1997, 2005 e 2015, no Spring e ArcGis, para geração das métricas da paisagem foi utilizado o *software Fragstats*, versão 3.3. No período estudado verificou-se que 40% da vegetação foi suprimida, de modo que no ano de 2005 o uso antrópico predominava no assentamento, os resultados demonstraram um aumento da fragmentação da paisagem, sendo a matriz em 1997 constituída pela vegetação e em 2005 e 2015 pela pastagem. Concluiu-se que após a implantação dos assentamentos as áreas recobertas pela vegetação natural foram suprimidas, cedendo lugar para as atividades agropecuárias.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, fragmentação, SIG.

Abstract. The study aimed to map the classes of use and occupation of land, in order to verify and quantify the occurrence of structural changes of the landscape that occurred between 2005 and 2015 in 1997, settlement Antônio Conselheiro, Tangará da Serra/MT. The methodology used was given from the generation of maps from Landsat 5 and Landsat 8, concerning the years 1997, 2005 and 2015, in the Spring and ArcGis, for generation of landscape metrics used Fragstats software, version 3.3. In the period studied, it was found that 40% the vegetation was removed, so that in the year 2005 the anthropic use predominated in the settlement, the results showed an increase in fragmentation of the landscape, and the array in 1997 constituted by vegetation and in 2005 and 2015 for the pasture. It was concluded that after the implantation of settlements areas covered by natural vegetation have been removed, yielding place to the farming activities.

Key-words: remote sensing, fragmentation, GIS.

1. Introdução

A Amazônia brasileira, tem perdido ano após ano milhares de Km² de sua vegetação nativa, gerando grandes consequências aos ecossistemas ali existentes. O aumento e o desenvolvimento de atividades humanas no uso da terra têm intensificado as pressões sobre essas áreas, que normalmente não resistem à rápida ampliação da fronteira agrícola e de projetos urbanos (Saito et al., 2016). Essas ações antrópicas são caracterizadas pela agricultura e pecuária que, pelo modelo atual de desenvolvimento, necessitam da retirada da vegetação natural para a implantação de pastagens e campos agrícolas, compostos, principalmente, por monocultura (Lima-Ribeiro, 2008).

As mudanças antrópicas levam à criação de fragmentos isolados, além de promover alteração nos parâmetros físicos, químicos e biológicos do sistema, trazendo grandes consequências a biota local, como: baixa disponibilidade energética, dificuldade no fluxo de organismos, desaparecimento de espécies nativas (Rathcke e Jules, 1993). A fragmentação tem outros efeitos negativos sobre a biodiversidade, pois além de afetar a riqueza de espécies (Gurd et al., 2001; Steffan-Dewenter et al., 2002) podem afetar a abundância e distribuição das populações (Hanski et al., 1996).

Narumalani et al. (2004), apontam que uma forma de analisar o grau de fragmentação da paisagem é pelo uso dos indicadores quantitativos baseados no arranjo espacial de fragmentos dentro da paisagem, comentam ainda que medidas estruturais podem ser usadas para se analisar testes padrões da paisagem e estudar o comportamento das métricas com o tempo.

Nesse sentido, ao utilizar métricas de paisagem, possibilita, dentro de um determinado contexto de avaliação e classificação, descrever através de indicadores de natureza numérica, componentes de um contexto multidimensional complexo, associado à noção de paisagem, sendo possível então mensurar as transformações ocorridas em uma paisagem em diferentes escalas temporais e espaciais, além de conseguir dimensionar como estão estruturados os fragmentos.

Portanto, na análise da paisagem, tem-se que considerar as relações entre o homem e o ambiente, e como está ocorrendo as modificações decorrentes do processo de ocupação e a forma com que o mesmo utiliza este espaço. De acordo com Schneider e Tartaruga (2004), técnicas informatizadas de análise espacial passaram a obter elevado destaque e serem apontadas por muitos estudiosos como de fundamental relevância para se compreender o dinamismo do uso e da ocupação das terras.

O uso de geotecnologias, dentre as quais o Sensoriamento Remoto e os Sistemas de Informações Geográficas, são instrumentos consagrados de análise e modelagem do espaço geográfico (Gonçalves et al., 2012), para diversos fins, como a análise das mudanças estruturais da paisagem para avaliar os efeitos da fragmentação na conservação ambiental das paisagens.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi mapear as classes de uso e ocupação da terra, a fim de verificar e quantificar a ocorrência de mudanças estruturais da paisagem ocorridas entre 1997, 2005 e 2015 no assentamento Antônio Conselheiro, Tangará da Serra/MT.

3. Materiais e Métodos

3.1- Área de Estudo

O assentamento Antônio Conselheiro possui uma área de 383,68 Km², com aproximadamente 990 famílias distribuídas em agrovilas (Brasil, 2016). A extensão territorial do assentamento está distribuída nos municípios de Tangará da Serra, Nova Olímpia e Barra do Bugres, na porção setentrional da Bacia do Alto Paraguai no estado de Mato Grosso (**Figura 1**).

O Antônio Conselheiro é considerado um dos maiores assentamentos da América Latina, sendo que suas terras foram desapropriadas da Fazenda Tapirapuã destinando-se à reforma agrária.

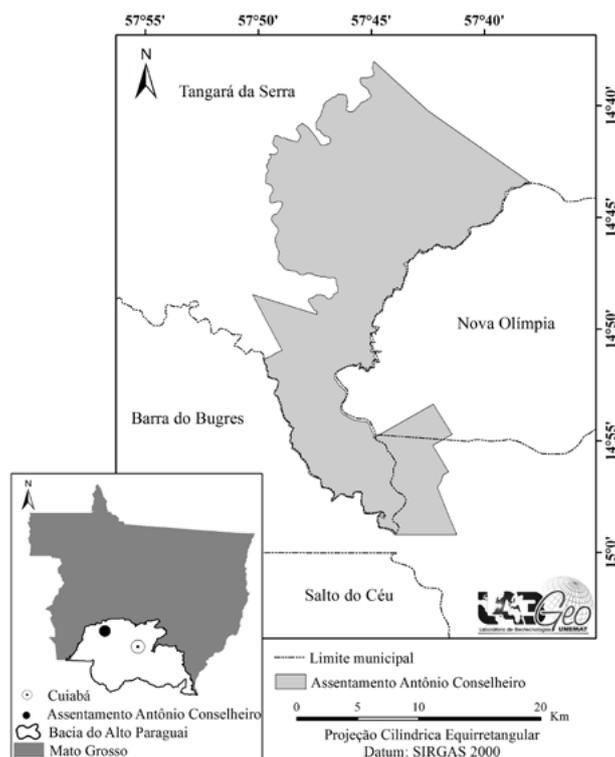


Figura 1. Assentamento Antônio Conselheiro no contexto municipal de Tangará da Serra, Nova Olímpia e Barra do Bugres, MT. Fonte: LABGEO UNEMAT, 2016.

3.2- Procedimentos metodológicos

Visando a caracterização da cobertura vegetal e do uso da terra foi necessário a aquisição das imagens do satélite Landsat 5, sensor TM, e Landsat 8, sensor OLI, das órbitas/pontos: 228/70 relativas aos anos de 1997, 2005 e 2015. As imagens foram processadas no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - SPRING do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (Câmara et al., 1996).

Para as imagens do satélite Landsat 5 o registro das imagens consistiu na obtenção de 20 pontos de controle por imagem, considerando a distribuição dos pontos em toda a sua superfi-

cie, as imagens do satélite Landsat 8 não passaram por esse procedimento por serem corrigidas. Foi realizado o mosaico das imagens, e posteriormente recorte que utilizou a base cartográfica digital do assentamento como máscara.

Na segmentação utilizou-se o método de crescimento de regiões, por meio do método exploratório definiu-se os limiares de similaridade e área. O valor da similaridade corresponde a variação máxima que pode ocorrer no nível de cinza de um pixel para que este seja declarado como pertencente a um segmento de pixel conexos vizinhos. Nesse sentido, para as imagens Landsat 5, foram definidos os valores 15 e 15, para Landsat 8 definiu-se os valores 50 e 50, a diferença dos valores é devido os satélites Landsat 5 e Landsat 8 possuírem resolução radiométrica distintas.

Foi ainda realizada a classificação supervisionada, em que foram utilizadas cinco classes para elaboração do mapa de cobertura vegetal e uso da terra, que foram definidas a partir de consulta aos relatórios do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO I (Brasil, 2004) e o Manual técnico para vegetação e uso da terra (Ibge, 2012).

A classificação gerada foi exportada no formato *shapefile* e no ArcGis foram elaboradas as quantificações e os layouts dos mapas.

Para geração das métricas da paisagem foi utilizado o *software Fragstats*, versão 3.3 (McGarigal e Marks, 1995), que segundo Volotão (1998) quantifica a fragmentação da paisagem, fornecendo valores qualitativos de extensão de área e de distribuição espacial de fragmentos, a partir das informações geradas via mapa temático ou de uma imagem de satélite.

No *Fragstats*, através das imagens na extensão grid, foram calculadas as métricas (estatísticas) de paisagem, cujas equações encontram-se apresentadas no **Quadro 1**.

Quadro 1. Métricas da paisagem utilizadas na análise do Assentamento Antônio conselheiro

Métrica	Descrição	Equação
CA	Área de todos os fragmentos da classe.	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \frac{1}{10.000} a_{ij}$ área (m ²) da mancha <i>ij</i>
NP	Número de fragmentos existentes na classe.	$NP = n_i$ número de manchas do tipo (classe) <i>i</i> na paisagem
ENN_MN	Soma de todas as distancias entre cada fragmento e o vizinho mais próximo da mesma classe, dividido pelo número de fragmentos da classe.	$ENN = h_{ij}$ distância da mancha <i>ij</i> à mancha de vizinhança mais próxima com o mesmo tipo de classe, baseada na distância borda a borda

Fonte: McGarigal e Marks (1995). Organização: Miranda (2016).

4. Resultados e Discussão

No assentamento há três categorias: vegetação, uso antrópico e água, sendo duas classes pertencentes a vegetação, duas aos usos antrópicos e uma a água (**Tabela 1**).

Tabela 1. Dinâmica cobertura vegetal e uso da terra no Assentamento Antônio Conselheiro/MT.

Categorias	Classes Temáticas	Código	Área (Km ²)					
			1997	%	2005	%	2015	%
Vegetação	Floresta Aluvial	Fa	34,33	8,95	20,20	5,26	25,14	6,55
	Savana/Floresta Estacional Decidual	SNt	208,78	54,42	150,33	39,18	110,92	28,91
Uso Antrópico	Pecuária	Ap	106,78	27,83	156,28	40,73	200,18	52,17
	Savana arborizada com presença de pastagem	Sa+Ap	28,99	7,56	52,50	13,68	42,65	11,12
Água	Massa d'água	Água	4,79	1,25	4,37	1,14	4,79	1,25
Total das Classes			383,68	100	383,68	100	383,68	100

Ao longo do rio Sepotuba foi identificado a classe Floresta Aluvial, que segundo Ibge (2012) é caracterizada como uma formação florestal ribeirinha que ocupa as acumulações fluviais. A Floresta Aluvial do assentamento apresentou um decréscimo de 26,79% entre 1997 e 2015. Nesse sentido, Wadt (2003) afirma que a Floresta Aluvial pode contribuir na proteção das margens dos rios, lagos, cursos de água e nascentes contra assoreamentos, mantendo a capacidade original de escoamento dos leitos, facilitando ainda na infiltração da água das chuvas no solo. Por apresentarem grande importância para biodiversidade essa formação é considerada Área de Preservação Permanente (APP), sendo protegidas pela Lei 12.727/2012 (Brasil, 2012) do Código Florestal que prevê:

- I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).
 - a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
 - c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
 - d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
 - e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;" (Brasil, 2012, p. 2).

Foram identificadas áreas de ecótonos, que de acordo Veloso et al. (1991) representam o contato entre duas ou mais regiões fitoecológicas e que se manifestam na forma de interpenetrações de espécies numa mesma área. No assentamento Paiol o contato entre Savana/ Floresta Estacional Decidual recobria a maior parte do assentamento no ano de 1997, mas no intervalo investigado cedeu espaço principalmente para a pecuária, totalizando uma supressão de 46,87%. Nesse sentido, Tourneau e Bursztyn (2012) afirmaram que há contribuição dos assentamentos para supressão da vegetação natural na Amazônia Legal:

(...) na medida em que a maioria dos observadores concorda que é ilusório ter uma agricultura familiar produtiva em lotes de pequeno tamanho e com reservas legais de 80%, ou mesmo de 50%. Fica evidenciada a ambiguidade do poder público em relação à Amazônia, onde se quer ao mesmo tempo preservar a região e usá-la para fins de uma reforma agrária que mantém as características de colonização de áreas novas, como nos tempos dos governos militares (Tourneau e Bursztyn, 2012, p. 123-124).

Os usos antrópicos, que se refere a algum tipo de intervenção humana, na área de pesquisa foram compostos pelas classes Savana arborizada com presença de pastagem e pecuária.

A Savana arborizada com presença de pastagem é caracterizada pela presença de fitofisionomias de Cerrado em meio a áreas de pastagem. Essa classe é resultado da ocupação anterior a 1997, visto que a principal atividade da Fazenda Tapirapuã era a pecuária, assim essa classe aumentou em 2005 e decrescendo 47,11% em 2015, de modo que as áreas com Savana arborizada foram totalmente substituídas pela pecuária. A Pecuária foi a classe de uso antrópico mais representativa no assentamento, a qual demonstrou crescimento de 87,47% (**Figura 2**). Essa atividade econômica contribui para a subsistência e geração de renda dos assentados, sendo ela na criação de animais (gado leiteiro, galinha e porco). Nesse sentido, Oliveira et al. (2013) ao investigarem todos os assentamentos rurais de Cáceres/MT verificaram situação semelhante, pois a pecuária leiteira constitui a principal atividade econômica. Assim como Silva et al. (2012) afirmaram que em média 70% das áreas dos assentamentos estão ocupadas com pasta-

gens e apenas 30% com atividades agrícolas.

A classe água apresentaram valores próximos durante os anos analisados, entretanto entre os anos de 1997 e 2005 houve uma diminuição de 8,77% da classe, que pode ser esclarecido pelo período de estiagem. Diante disso, Terra et al. (2009) corrobora que com o acesso à água os agricultores são capazes de usufruir da irrigação em suas lavouras, minimizando os efeitos do ciclo de sazonalidade. Merten e Minella (2002) afirma que a água é um recurso finito, e com sua escassez o desenvolvimento das atividades produtivas nos assentamentos é deficitário.

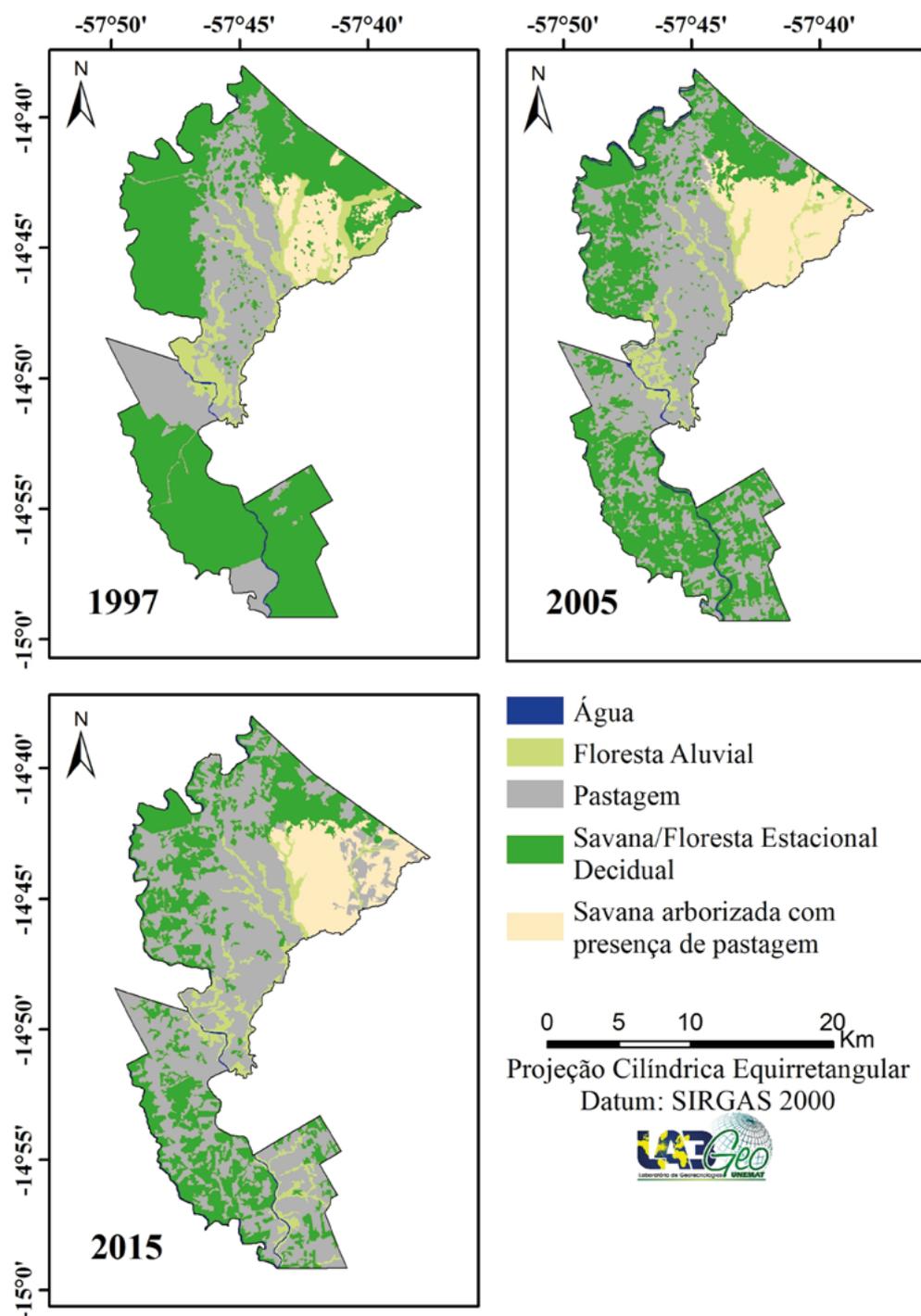


Figura 2. Dinâmica cobertura vegetal e do uso da terra no Assentamento Antônio Conselheiro, MT. Fonte: LABGEO UNEMAT, 2016.

O uso da terra influenciou na estrutura da paisagem, por meio da fragmentação da vegetação natural (**Figura 3**), como pode ser observado pelo tamanho de área dos fragmentos.

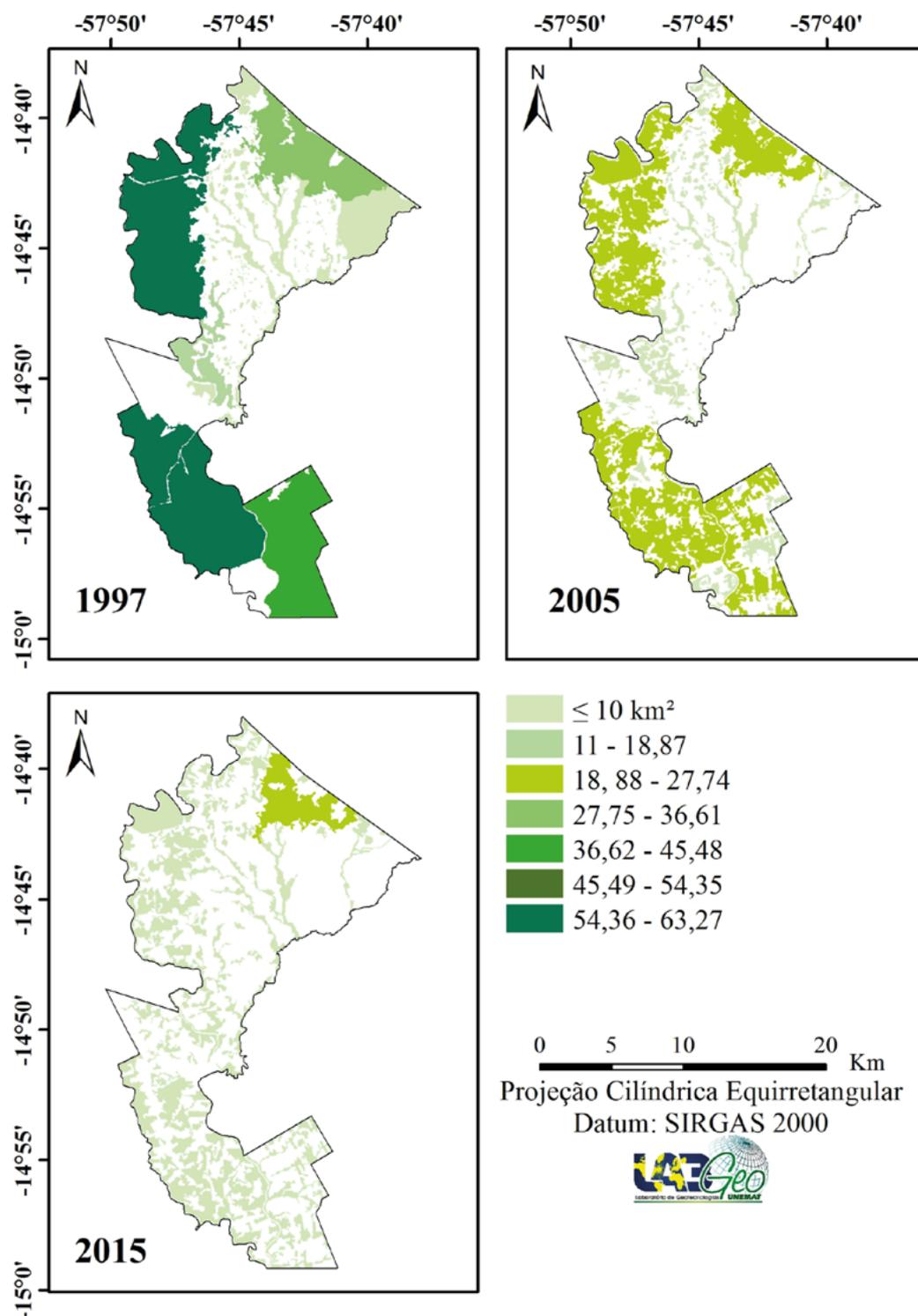


Figura 3. Área dos fragmentos florestais nos anos de 1997, 2005 e 2015 no assentamento Antônio Conselheiro, MT. Fonte: LABGEO UNEMAT, 2016.

No ano de 1997 a classe Savana/Floresta Estacional Decidual (SNT) apresentou 178 fragmentos, cuja distribuição dos tamanhos pode ser verificada no **Quadro 2**.

Quadro 2. Número de fragmentos (NP) por classe e tamanho da área em hectares para a classe Savana/Floresta Estacional Decidual (SNt).

1997		2005		2015	
Quantidade de fragmentos	Tamanho de fragmentos (Km ²)	Quantidade de fragmentos	Tamanho de fragmentos (Km ²)	Quantidade de fragmentos	Tamanho de fragmentos (Km ²)
172	< 1	194	< 1	223	< 1
2	= 3 e 10	6	= 3 e 10	7	= 3 e 10
2	= 30 e 40	4	= 30 e 40	0	= 30 e 40
2	= ou > 60	0	= ou > 60	0	= ou > 60
Total: 178		Total: 204		Total: 230	

Em 1997 foram identificados 28 fragmentos para classe Floresta Aluvial, os quais possuíam até 10 km²; em 2005 a quantidade de fragmentos aumentou para 54, tendo suas áreas reduzidas para até 6 km²; e em 2015 houve redução do número dos fragmentos para 29, com tamanho de até 5 km², pois essa formação vegetal foi quase que totalmente suprimida para o desenvolvimento da pecuária. MacGarigal e Marks (1995) esclareceram que quanto menor for o tamanho médio dos fragmentos, mais fragmentada é a paisagem. Na Teoria de Biogeografia de Ilhas, MacArthur e Wilson (1967) destacaram que a diversidade de espécies está relacionada ao tamanho do fragmento e a distância das fontes de propagação, representando um balanço entre a extinção e a imigração.

No geral da área de estudo houve um aumento do número total de fragmentos de 271, em 1997, para 450, em 2005 e 329 em 2015. Esse resultado aponta um processo de fragmentação da paisagem, principalmente da classe Savana/Floresta Estacional Decidual (SNt), uma vez que essa classe teve um aumento de 23,48% entre 1997 e 2015 (**Quadro 2 e Figura 4**). Resultados semelhantes foram encontrados por Pirovani et al. (2016) ao analisar os entornos da Reserva Particular do Patrimônio Nacional (RPPN) de Cafundó, onde identificaram o aumento do número de fragmento entre 1970 e 2007, sendo que a principal classe fragmentada foi a floresta.

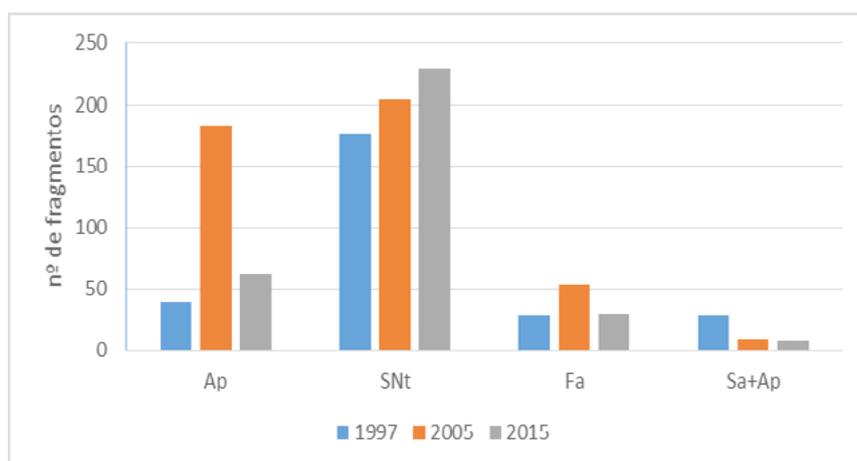


Figura 4. Distância euclidiana média do vizinho mais próximo da classe na paisagem do Assentamento Antônio Conselheiro, MT.

A classe Savana/Floresta Estacional Decidual (SNt) apresentou proximidade semelhante entre os anos (**Figura 5**), evidenciando que os fragmentos encontram-se mais próximos uns dos outros. A pecuária apresentou o maior valor de distância, com 5,61 Km no ano de 1997, resultado esse devido as áreas florestais não terem sido tão exploradas nesse ano. Nesse sentido, Metzger (2001); Calaça (2009) afirma que a proximidade entre os fragmentos é importante para os processos ecológicos, sendo que os fragmentos tendem a influenciar de maneira positiva na

riqueza e abundância de mamíferos, pois não implica no isolamento total destas áreas.

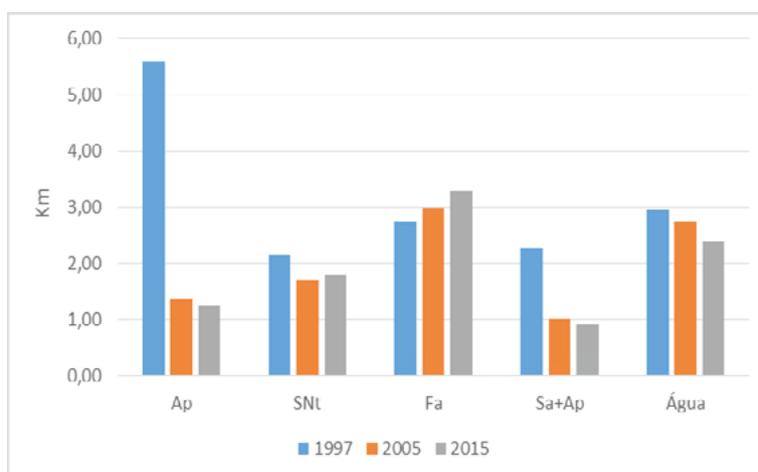


Figura 5. Distância Euclidiana média do vizinho mais próximo da classe do Assentamento Antônio Conselheiro/MT.

5. Conclusão

Conclui-se que após a implantação do assentamento as áreas de vegetação natural foram paulatinamente suprimidas, sendo suas áreas utilizadas para as atividades pecuárias, acarretando diminuição na vegetação dos biomas presentes e aumento no número de fragmentos, consequentemente agindo na determinação da biodiversidade de fauna e flora e impactando a conservação ambiental, visto que o desenvolvimento da pecuária demanda do uso de insumos agrícolas que não utilizados adequadamente degradam os componentes da paisagem.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pela concessão das bolsas de mestrado dos autores.

Ao projeto de pesquisa “Modelagem de indicadores ambientais para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas da região sudoeste de Mato Grosso/MT” financiado no âmbito do Edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPs/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010.

Referências bibliográficas

Brasil. Instituto Nacional da Reforma Agrária. **Assentamentos**. Disponível em: <<http://www.incra.gov.br/assentamento>> Acesso em: 08 jun. 2016.

BRASIL. Lei n. 12.727 de 17 de outubro de 2012. Institui o Código Florestal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm>. Acesso em: 29 de mai. 2016.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Projeto Probio**. Avaliação e Ações para a Conservação da Biodiversidade nos Biomas Cerrado e Pantanal, 1999. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/Sumario%20Cerrado-Pantanal.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2012.

Calaça, A. M. **A utilização da paisagem fragmentada por mamíferos de médio e grande porte e sua relação com a massa corporal na região do entorno de Aruanã, Goiás**. 2009. 95 fl. Dissertação (Mestrado em ecologia) Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2009.

Câmara, G.; Freitas, U. M.; Souza, R. C. M.; Garrido, J. SPRING: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-Oriented Data Modelling. **Computers and Graphics**, v. 15, n. 6, p. 13-22, 1996.

Gonçalves, A. B.; Maccatti, G. E.; Ribeiro, C. A. A. S.; Soares, V. P.; Meira Neto, J. A. A.; Leite, H. G.; Gleriani,

J. M.; Lana, V. M. Mapeamento das áreas de preservação permanente e identificação dos conflitos de uso da terra na sub-bacia hidrográfica do Rio Camapuã/Brumado. **Revista Árvore**, v. 36, n. 4, p. 759-766, 2012

Gurd, D. B.; Nudds, T. D.; Rivard, D. H. Conservation of mammals in eastern North American wildlife reserves: how small is too small. **Conservation Biology**, v. 15, n. 5, p.1355-1363, 2001.

Hanski, I.; Moilanen, A.; Gyllenberg, M. Minimum viable metapopulation size. **American Naturalist**, v. 147, n. 4, p. 527-541. 1996

Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. p. 45-168.

Lima-Ribeiro, M. S. Efeitos de borda sobre a vegetação e estruturação populacional em fragmentos de Cerradão no Sudoeste Goiano, Brasil. **Acta Bot. Bras**, v. 22, n. 2, p. 535-545, 2008.

MacArthur, R. H.; Wilson, E. O. **The Theory of Island Biogeography**. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 1967. 203 p.

Merten G. H.; Minella J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, v.3, n. 4, p. 2376-2396, 2002.

Mcgarigal, K.; Marks, B. J. **Fragstats: spatial patterns analysis program for quantifying landscape structure**. Portland: USDA, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. 122 p.

Metzger, J. P. O que é Ecologia de Paisagens? **Biota Neotropica**, v1, n.1, p. 1-9, 2001.

Narumalani, S.; Mishra D. R.; Rothwell, R. G. Change detection and landscape metrics for inferring anthropogenic processes in the greater EFMO area. **Remote Sensing of Environment**; v. 91 n. 3-4, p. 478-489, 2004.

Oliveira, R. K. P.; Neves, S. M. A. S.; Seabra Junior, S.; Silva, T. P.; Neves, R. J. Agricultura familiar em assentamentos rurais no município de Cáceres/MT: uma leitura socioeconômica. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2013.

Pirovani, D. B.; Silva, A. G.; Santos, A. R. Análise da paisagem e mudanças no uso da terra no entorno da RPPN Cafundó, ES. **CERNE**, v. 21, n. 1, p. 27-35, 2015.

Rathcke, B. J.; Jules E. S. Habitat fragmentation and plant-pollinator interactions. **Current Science**, v. 65, n. 3, p. 273-277, 1993.

Saito, N. S.; Moreira, M. A.; Santos, A. R.; Eugenio, F. C.; Figueiredo, A. C. Geotecnologia e Ecologia da Paisagem no Monitoramento da Fragmentação Florestal. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 201-210, 2016.

Silva, T. P.; Almeida, R. A.; Kudlavicz, M. Os assentamentos rurais em Cáceres/MT: espaço de vida e luta camponesa. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas/MS**, v. 8, n. 15, p. 62-82, 2012.

Schneider, S.; Tartaruga, I. G. P. Território e Abordagem Territorial: das referências cognitivas aos aportes aplicados à análise dos processos sociais rurais. **Raízes**, v. 23, n. 1, p. 99-116, 2004.

Terra, T. G. R.; Saboya, L. M. F.; Leal, T. C. A. B.; Tavares, T. M. Diagnóstico do acesso e uso da água no assentamento Vale Verde, Gurupi – TO. **Revista Extensão Rural**, v. 16, n. 17, p. 47-61, 2009.

Tourneau, F. M.; Bursztyn, M. Assentamentos rurais na Amazônia: contradições entre a política agrária e a política ambiental. **Ambient. Soc.**, v. 13, n. 1, p. 111-130, 2010.

Veloso, H. P.; Rangel Filho, A. L. R.; Lima, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. 124p.

Volotão, C. F.S. **Trabalho de análise espacial: Métricas do Fragstats**. São José dos Campos/SP: INPE. 1998. 45 p.

Wadt G. S. **Práticas de conservação do solo e recuperação de áreas degradadas**. Rio Branco/AC: EMBRAPA. 2003. 32p.



Suscetibilidade à erosão hídrica no município de Araputanga, região sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso - Brasil

Camila Calazans da Silva Luz ¹
Cleber Aparecido de Barros ¹
Sandra Mara Alves da Silva Neves ²
Ronaldo José Neves (In Memoriam) ²
Maria Cândida Moitinho Nunes ³

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Rod. MT 358, Km 07, Jardim Aeroporto
78.300-000 Tangará da Serra, MT
{camila_agronomia, cleberapbarros}@hotmail.com

² Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT/Campus Cáceres
Laboratório de Geotecnologias Unemat – Labgeo Unemat
Av. Santos Dumont, s/n. Sala 09. Bloco 01 - Santos Dumont.
78200-000 - Cáceres, MT
ssneves@unemat.br

³ Universidade Federal de Pelotas - UFPEL
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/FAEM
Campus Universitário s/n
Caixa Postal 354 - 96010-900 - Pelotas, RS
nunes.candida@gmail.com

Resumo. O desenvolvimento agrícola no Brasil tem crescido de forma rápida, tendo como características o uso massivo dos recursos naturais e a falta de planejamento, que considere a fragilidade ambiental e suscetibilidade à erosão hídrica. Nesse sentido, objetivou-se determinar por meio das geotecnologias a suscetibilidade à erosão no município de Araputanga, região sudoeste de planejamento de Mato Grosso, visando contribuir com subsídios para a adequação do uso e do planejamento municipal. Os procedimentos metodológicos adotados foram apoiados em Sistema de Informação Geográfica (SIG), no qual gerou-se os seguintes mapas: compartimentação morfo-pedológica da área, feita a partir da sobreposição do mapa de solos e geomorfologia; o de erodibilidade, gerado pela associação no mapa de solos das classes de erodibilidade e o fator topográfico (LS). A associação do mapa de erodibilidade com o de fator topográfico originou o mapa de suscetibilidade à erosão hídrica dos solos. Os Luvisolos representam 62,93% da área municipal, sendo a classe de solos mais representativa, a erodibilidade mais expressiva foi a alta, perfazendo 73,09% da área municipal, referente aos Argissolos Vermelho-Amarelo e Luvisolos. A segunda classe mais expressiva foi a muito alta, com 19,80%, onde estão localizados os Neossolos Quartzarênicos. Apenas a área com predominância de Latossolos Vermelho apresenta grau de erodibilidade baixo. Os solos presentes no município de Araputanga são de alta erodibilidade e muito suscetíveis à erosão hídrica, em decorrência das suas características físicas químicas e mineralógicas, sendo necessário a adoção de práticas conservacionista para seu aproveitamento na atividade agropecuária.

Palavras-chave: geotecnologias, processos erosivos, SIG, degradação ambiental.

Abstract. Agricultural development in Brazil has grown rapidly, with the characteristics of the massive use of natural resources and the lack of planning that considers environmental fragility and susceptibility to water erosion. In this sense, the objective was to determine through geotechnologies susceptibility to erosion in the municipality of Araputanga, southwest region of Mato Grosso planning in order to contribute subsidies to the adequacy of use and municipal planning. The adopted methodological procedures were supported in Geographic Information System (GIS), in which the following maps was generated: morfopedológica subdivision of the area, made from the overlay of soils and geomorphology map; the erodibility generated by the association in the soil map of erodibility classes and topographic factor (LS). The association of erodibility map with topographic factor originated the susceptibility map to water erosion of soil. Luvisols represent 62.93% of the municipal area, being the most representative soils of class, the most significant erodibility was high, accounting for 73.09% of the municipal area, referring to the red-yellow and Luvisols Argissolos. The second most significant class was very high, with 19.80%, where Quartzipsamments are located. Only the area with a predominance of Rhodic has low degree of erodibility. Soils at Araputanga municipality are high erodibility and very susceptible to erosion, due to their chemical and mineralogical physical characteristics, the adoption of conservation practices is necessary for its use in farming.

Key-words: geotechnology, erosion, GIS, environmental degradation.

1 - Introdução

O desenvolvimento agrícola no Brasil tem crescido de forma rápida, tendo como características o uso massivo dos recursos naturais e a falta de planejamento adequado, que aliado às características edafoclimáticas, promove perdas de solo por erosão.

De acordo com Oliveira et al. (2010), a cada ano são perdidos, em todo o território brasileiro, milhões de toneladas de solo agrícola devido à erosão; o que se nota é que essas perdas continuam sendo elevadas, devido a maioria dos agricultores não utilizam técnicas de manejo e nem de conservação adequada ao solo, ocasionando enormes implicações de ordem ambiental, financeira e social.

As principais atividades responsáveis pela acelerada degradação dos componentes da paisagem (geomorfologia, pedologia, hidrografia, etc.) são as atividades humanas, como agricultura, mineração, escavações e abertura de estradas (Inbar et al., 1998).

De acordo com Mafra (1997), deve ser aliado ao planejamento da terra o estudo relacionado à atuação dos processos erosivos e à detecção das áreas mais suscetíveis. O objetivo dessa medida é de regular as ações sobre os locais frágeis, buscando uma incidência mínima de uso para evitar os prejuízos sobre as atividades humanas e sobre o meio ambiente.

Deste modo, é necessário não somente indicar os problemas ambientais causados pela sociedade e como recuperá-los, mas também, analisar do grau de fragilidade dos diversos ambientes às interferências antrópicas, buscando minimizar riscos ambientais (Lima e Martinelli, 2008).

Nesse sentido, o levantamento da suscetibilidade a erosão, é uma importante informação para o planejamento do uso da terra e projetos de recuperação ambiental. Assim, a utilização das geotecnologias permite o processamento rápido e eficiente dos dados necessários para a caracterização das variáveis do terreno (Oliveira, 2002).

2. Objetivo

Determinar por meio das geotecnologias a suscetibilidade à erosão no município de Araputanga, região sudoeste de planejamento de Mato Grosso, visando contribuir com subsídios para a adequação do uso e do planejamento municipal.

3. Material e Métodos

3.1. Área de Estudo

O município de Araputanga está localizado na região sudoeste de planejamento de mato-grossense (Mato Grosso, 2012), a 350 km da capital Cuiabá (**Figura 1**), com área territorial de 1.600,240 km² (Ibge, 2016). Possui uma população 15.342 habitantes (IBGE, 2016). Seu Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é de 0,725, igualando a média do Estado que é de 0,725, que se encontra, por sua vez, abaixo da média do País, que é de 0,755 (PNUD, 2010).

A área municipal de Araputanga está distribuída nos biomas Cerrado (16,26%) e Amazônia (83,74%).

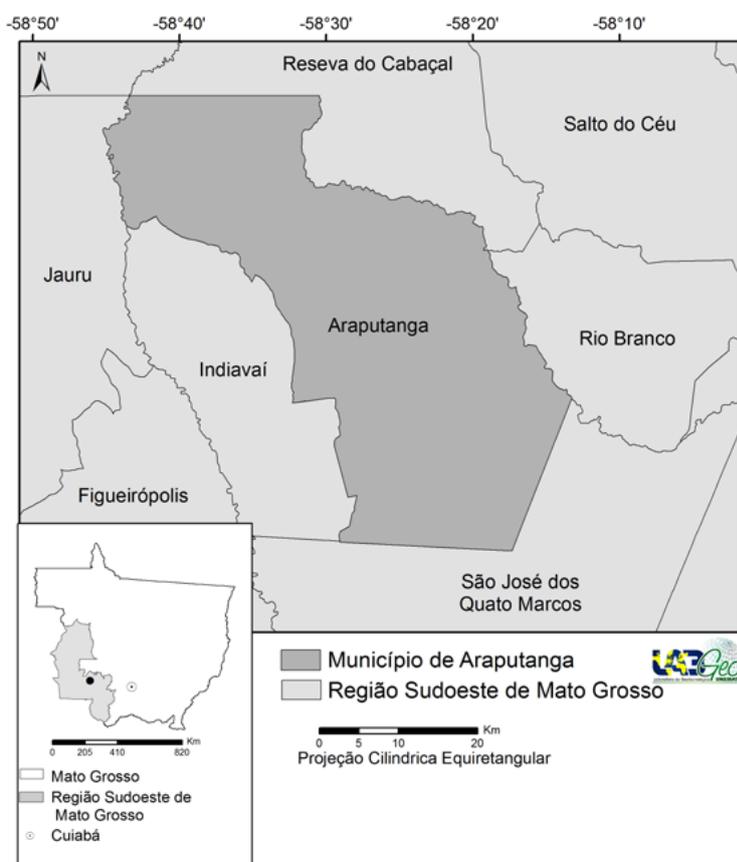


Figura 1. Área de estudo no contexto regional e municipal. Fonte: Labgeo Unemat (2016).

3.2. Procedimentos Metodológicos

Inicialmente foi realizado o levantamento de dados dos mapeamentos produzidos por órgãos públicos (SEPLAN/MT, SEMA/MT, IBGE, INPE e ANA). Os mapeamentos de interesse foram compilados, compatibilizados e organizados em um Banco de Dados Geográficos - BDG no Sistema de Informações Geográficas ArcGis, versão 10.4 (Esri, 2016). A compartimentação morfopedológica da área foi realizada por meio da associação de dados dos mapas geomorfológico e pedológico (Mato Grosso, 2007).

A definição de cada compartimento varia de acordo com as características físicas analisadas em conjunto, tais como: relevo, solos e geomorfologia, e por meio dos divisores de água e da rede de drenagem foram formados os limites dos compartimentos. Posteriormente os dados passaram por uma sequência de refinamento, que constituiu na classificação, por meio da tabela de atributos, dos compartimentos morfopedológicos, pois a utilização da ferramenta *intersect* permitiu a união das informações pedológicas e geomorfológicas, como também foram atribuí-

das suas extensões territoriais (Freitas et al., 2015).

O mapa de erodibilidade foi gerado pela inserção no mapa de solos, cuja nomenclatura foi atualizada conforme Embrapa (2006), das informações das classes e dos índices relativos à erodibilidade, sugeridas por Salomão (2010). Na **Tabela 1** são apresentados os tipos de solo, suas representações territoriais e suas respectivas classes e índices de erodibilidade.

A associação do mapa de erodibilidade, elaborado com base nos índices de erodibilidade das unidades pedológicas do município, com o do fator topográfico (LS) originou o mapa de suscetibilidade à erosão hídrica. As definições das classes de suscetibilidade à erosão, com base no percentual de declive, seguiram os critérios do IPT (1990), quais sejam: I) Extremamente suscetível; II) Muito suscetível; III) Moderadamente suscetível; IV) Pouco suscetível e V) Pouco a não suscetível.

Tabela 1. Descrição, representatividade e classes de erodibilidade dos solos do município de Araputanga/MT.

Tipo de Solo	Área (ha)	Classes	IRE*
Neossolos Quartzarênicos	31.630,71	Muito Alta	10,0 a 8,1
Luvisolos	100.700,26	Alta	8,0 a 6,1
Argissolo Vermelho-Amarelo	16.318,07	Alta	8,0 a 6,1
Latossolo Vermelho	11.213,10	Baixa	4,0 a 2,1
Organossolos	140,10	Nula	2,1 a 0,0
Total	160.002,24		

* IRE = índice relativo de erodibilidade

Da associação do mapa de erodibilidade com o do fator topográfico realizada no programa ArcGis 9.2 através da função *Combine* gerou-se o mapa preliminar da suscetibilidade à erosão hídrica laminar (Fornelos e Neves, 2006). A definição das classes de suscetibilidade à erosão, com base no percentual de declive, seguiram os critérios proposto pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (São Paulo, 1999), assim o arquivo *raster* foi reclassificado e gerado a versão final da suscetibilidade à erosão.

Os equívocos derivados do processo de elaboração dos mapas foram corrigidos por meio das informações obtidas em campo e, na sequência no ArcGis, foram elaborados os layouts e as quantificações que se encontram apresentados nos resultados.

4. Resultados e Discussão

Foram identificados 8 compartimentos no município de Araputanga (**Tabela 2**). O compartimento morfopedológico com maior área foi o Luvisolos + Sistema de Faixas Dobradas, que corresponde a 32,70% do município e seguido pelo compartimento 4 que é formado por Luvisolos + Sistema de Dessecação em Colinas e Morros que representa da área municipal 29,50% (**Figura 2**).

Tabela 2. Descrição e representatividade dos compartimentos morfopedológicos da microrregião de Jauru/MT.

Comp.*	Morfopedologia	Área (ha)	Área (%)
1	Argissolo Vermelho-Amarelo + Planície Aluvionar Meandriforme	13.553,05	8,47
2	Argissolo Vermelho-Amarelo + Sistema de Planície Fluvial	1.510,05	0,95
3	Latossolo Vermelho + Sistema de Pedimento	11.313,32	7,07
4	Luvisolos + Sistema de Dessecação em Colinas e Morros	47.201,59	29,50
5	Luvisolos + Sistema de Faixas Dobradas	52.316,17	32,70
6	Luvisolos + Sistemas de Planaltos com Estratos Horizontais	2.327,46	1,45
7	Neossolos Quartzarênicos + Planície Aluvionar Meandriforme	31.640,44	19,78
8	Organossolos + Planície Aluvionar Meandriforme	140,15	0,088
Total		160.002,24	100

*Número dos compartimentos morfopedológicos.

Os Luvisolos representam 62,93% da área municipal, sendo a classe de solos mais representativa (**Figura 3**). Estes solos variam de bem a imperfeitamente drenados, sendo normalmente pouco profundos (60 a 120 cm), com sequência de horizontes A, Bt e C, e nítida diferenciação entre os horizontes A e Bt, devido ao contraste de textura, cor e/ou estrutura entre eles (Embrapa, 2006). Estão situados nos declives mais suaves dos relevos ondulados de planalto (Oliveira, 2009).

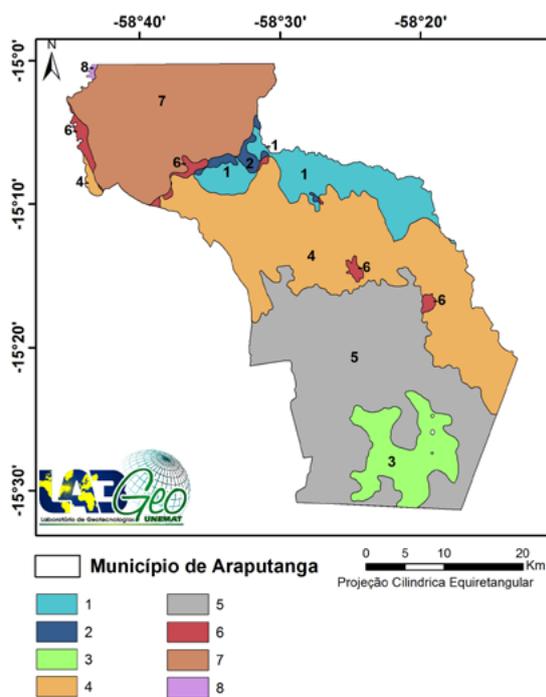


Figura 2. Compartimentos morfopedológicos no município de Araputanga/MT.

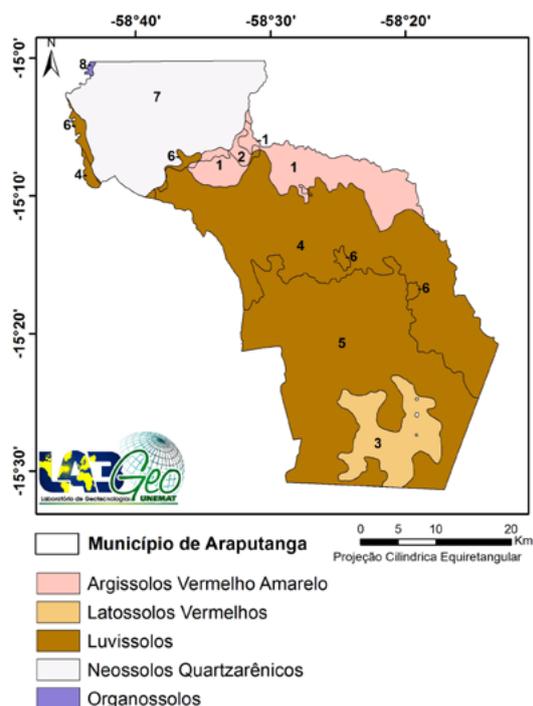


Figura 3. Solos do município de Araputanga/MT.

Os Neossolos Quartzarênicos ocupam 19,77% da área do município de Araputanga, se caracterizam por apresenta ausência de contato lítico nos primeiros 50 cm de profundidade, sequência de horizontes “A-C”, textura areia ou areia franca em todos os horizontes, fração areia grossa e areia fina com 95% ou mais de quartzo e ausência de minerais primários alteráveis (Embrapa, 2006). São solos que apresentam sérias limitações ao uso agrícola, devido a textura excessivamente arenosa, baixa fertilidade natural, toxidez por alumínio, baixa capacidade de retenção de água e elevada erodibilidade (Coelho et al., 2002).

No tocante a erodibilidade a classe mais expressiva foi a alta, ocorrendo em 73,09% da área municipal referente às unidades pedológicas dos Argissolos Vermelho-Amarelo e Luvisolos. A segunda classe mais expressiva foi a muito alta, com 19,80%, onde estão localizados os Neossolos Quartzarênicos. Apenas a área com predominância de Latossolos Vermelho apresentou grau de erodibilidade baixo (7,07%) (**Figura 4**).

A erodibilidade é o efeito integrado de processos que regulam a chuva no momento que encontra o solo e a sua respectiva resistência no que tange a desagregação de partículas e, consequentemente, movimentos destas, indicando o grau de suscetibilidade a erosão em relação às propriedades inerentes ao solo (Arraes et al., 2010).

O mapa de suscetibilidade à erosão hídrica (**Figura 5**) indica que a maior parte da área do município é classificada como muito suscetível à erosão hídrica laminar (73,16%). O morfo-

compartimento 7, é o único classificado como extremamente suscetível à erosão hídrica, decorrente possivelmente, do tipo de solo (Neossolo Quartzarênicos), sendo esse considerado de alta erodibilidade.

Os Neossolos Quartzarênicos apresentam baixa resistência à erosão hídrica devido aos altos teores de areia, são considerados ecologicamente muito frágeis, não recomendados para uso agrícola, sendo assim, o uso inadequado desse solo leva à ocorrência de processos erosivos acelerados, geralmente irreversíveis (Bertol e Almeida, 2000; Freitas et al., 2015; Nunes et al., 2012).

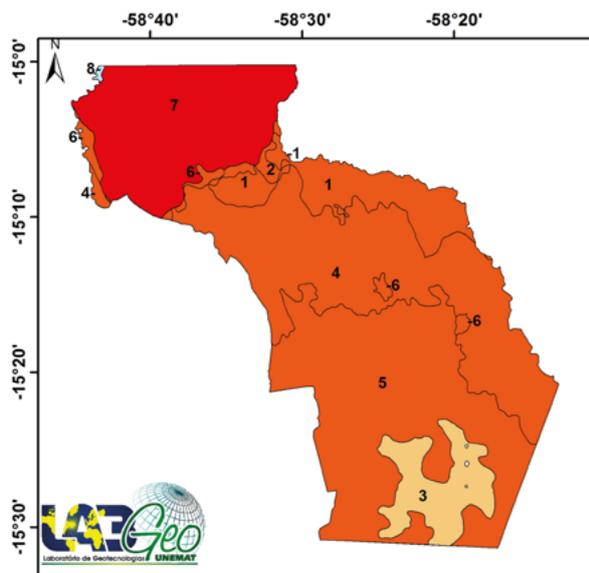


Figura 4. Classes de erodibilidade dos solos no município de Araputanga, MT.

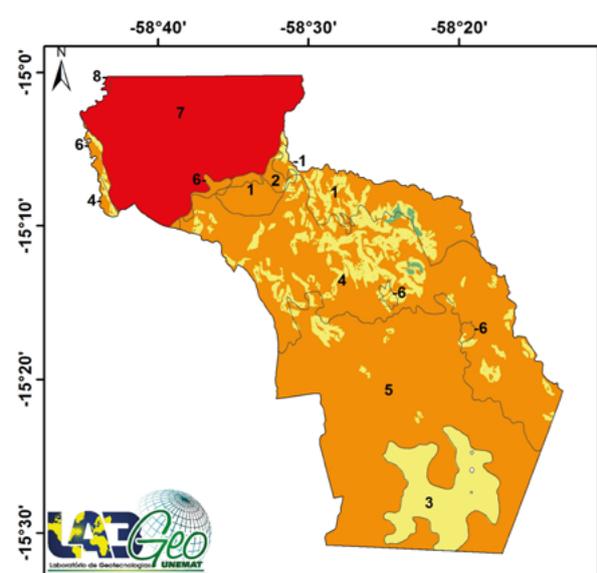


Figura 5. Suscetibilidade à erosão hídrica do solo dos compartimentos morfo-pedológicos no município de Araputanga, MT.

O município tem sua economia baseada na agropecuária, evidenciado pelo crescimento de cerca de 93% no número de cabeças entre 2008 e 2014, com relação a agricultura o município conta com 1.650 ha ocupados por soja e milho (Mato Grosso, 2014).

O uso intensivo dessas áreas pode comprometer sua capacidade produtiva, sendo que esse fator pode ser agravado com o uso das áreas consideradas extremamente suscetíveis a erosão, gerando sérios danos ambientais. Segundo Paz et al. (2000). É necessário, portanto, uma mudança de enfoque sobre o uso indiscriminado do capital natural para sua conservação e aproveitamento em equilíbrio com o meio ambiente.

5. Conclusões

Os solos presentes no município de Araputanga são de alta erodibilidade e muito suscetíveis à erosão hídrica, em decorrência das suas características físicas químicas e mineralógicas, sendo necessária a adoção de práticas conservacionistas para seu aproveitamento na atividade agropecuária.

6. Agradecimentos

A Capes pela concessão da bolsa de estudos.

Informações derivadas do projeto “Modelagem de indicadores ambientais para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas da região sudoeste de Mato Grosso/MT”, financiado no âmbito do Edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPs/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010.

7. Referências

- Arraes, C. L.; Bueno, C. R. P.; Pissarra, T. C. T. Estimativa da erodibilidade do solo para fins conservacionistas na microbacia córrego do Tijuco, SP. **Biosci. J.**, Uberlândia, MG, v. 26, n. 6, p. 849-857, 2010.
- Bertol, I.; Almeida, J. A. Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos o Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 24, p. 657-668, 2000.
- Coelho, M. R.; Santos, H. G.; Silva, E. F.; Aglio, M. L. D. O Recurso Natural do Solo. In: Manzatto, C. V. (Org.). **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 1-12.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisas de solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 2006. 306p.
- Esri. **ArcGis advanced**: release 10.4. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2016.
- Freitas, L. E.; Silva, C. C.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; Nunes, M. C. M. Analysis on the susceptibility to erosion and land use conflicts by geotechnologies in the micro-region Jauru - Mato Grosso State, Brazil. **Revista Geografia**, Rio Claro/SP, v. 40, número especial, p. 99-118, 2015.
- Fornelos, L. F.; Neves, S. M. A. S. Uso de modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométricos (SRTM) na estimativa de perdas de solo. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 59, n. 3, p. 25-33, 2007.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico - 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 19 jun. 2016.
- Inbar, M.; Tamir, M.; Wittenberg, L. Runoff and erosion process after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 24, n. 1, p. 17-33, 1998.
- Lima, F. R.; Martinelli, M. As unidades ecodinâmicas na Cartografia Ambiental de Síntese. In: Simpósio de Pós-Graduação em Geografia do Estado De São Paulo, 1., 2008, Rio Claro, SP. **Anais...** Rio Claro, SP: UNESP; 2008. p. 1333-1345. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/simpgeo/440-448fredy.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2016.
- Mafra, N. M. C. **Esquema metodológico para la planificación de usos del suelo em zonas tropicales húmedas: aplicación a la Region Norte del Estado del Rio de Janeiro, Brasil**. 1997. 229 p. Tese (Doutorado em Edafologia) - Facultad de Geografia e História, Universidade de Valencia, Valencia, 1997.
- Mato Grosso (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Plano de Longo Prazo de Mato Grosso: macro-objetivos, metas globais, eixos estratégicos e linhas estruturantes, 2012. In: Prado, J. G. B.; Bertchieli, R.; Oliveira, L. G. (Orgs.). **Plano de Longo Prazo de Mato Grosso**. Cuiabá/MT: Central de Texto, 2012. p. 63-74. Disponível em: <<http://www.seplan.mt.gov.br/mt20/mt20.htm>>. Acesso em: 06 jul. 2016.
- Mato Grosso (Estado). Secretaria de Estado e Planejamento e Coordenação Geral. **Anuário Estatístico de Mato Grosso**. Cuiabá: SEPLAN-MT, 2014. Disponível em: <http://www.dados.mt.gov.br/arquivos/data/public/c6242c664d.php>. Acesso em: 08 jul. 2016.
- Oliveira, J. R.; Pinto, M. F.; Souza W. J.; Guerra, J. G. M.; Carvalho D. F. Erosão hídrica em um Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes padrões de chuva simulada. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** Campina Grande, PB, v. 14, n. 2, p. 140-147, 2010.
- Oliveira, L. B.; Fontes, M. P. F.; Ribeiro, M. R.; Ker, J. C. Morfologia e classificação de luvisolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, MG, v. 33, n. 5, p. 1333-1345, 2009.
- Oliveira M. J. **Proposta metodológica para delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morro e em linha de cumeada**. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2002.
- Paz, V. P. S.; Teodoro, R. E. F.; Mendonça, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473, 2000.
- PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD/ Instituto de Pesquisa Econômica

Aplicada (Ipea) **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2010**. Disponível em: < <http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/Ranking-IDHM-UF-2010.aspx> > Acesso em: 06 jul. 2016.

Salomão, F. X. T. Controle e prevenção dos processos erosivos. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S. S.; Botelho, R. G. M. (Orgs). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010. p. 229-267.

São Paulo (Estado). Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT. **Orientações para o combate à erosão no estado de São Paulo, Bacia do Pardo Grande**. São Paulo: IPT, 1990. 184p.

Nunes, M. C. M.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; Kreitlow, J. P.; Chimello, A. M.. Susceptibility to Water Erosion of Soils From the Municipality Salto do Céu, SW Mato Grosso State, Brazil – Brazil. **Revista Geografia**, Rio Claro, SP, v. 38, número especial, p.191-20, 2013.



Análise espacial dos criadouros de dengue no município de Macapá-AP

Chirliane Gomes Duarte¹
Keiliane dos Santos Amaral¹
Magda Azevedo Pinto¹
Fabiano Luís Belem¹
Diane Monteiro Bitencourt¹
Erica Cris da Silva e Silva¹
Elyerson Alexandre Pereira Boaventurac²
Marina Teófilo Pignati¹

¹ Universidade Federal do Amapá
Rod. Juscelino Kubitschek, Km-02, Caixa Postal 6800
68903-419 - Macapá, AP - Brasil
chirlianegomes2009@hotmail.com,
{keilisantos.ka, magda.azvdo, flb.geo}@gmail.com,
{dan1_ap, marinateofilo}@yahoo.com.br
ecrissilva@bol.com.br

² Centro de Controle de Zoonoses de Cuiabá/MT
Av. Mario Palma, s/nº, Ribeirão do Lipa
78040-640 - Cuiabá, MT - Brasil
elyerson@gmail.com

Resumo. Este trabalho propõe realizar uma análise espacial do vetor da dengue e o mapeamento dos dados de criadouros do mosquito *Aedes aegypti* na área urbana do município de Macapá-AP. Os dados sobre os casos de dengue no município são registrados pelo Levantamento de Índice Rápido do *Aedes aegypti* (LIRAA), realizado pela Secretaria Municipal de Saúde (SEMSA), através de ciclos bimestrais, totalizando seis ciclos por ano. A elaboração do trabalho foi realizada através do uso do programa ArcGis 10.0®, onde foi possível trabalhar a espacialização dos dados dos criadouros classificados pelo LIRAA, no ano de 2012. Foi efetivado a soma de todos os dados dos criadouros de cada ciclo, atribuído valores de peso para cada variável, de modo a realizar uma análise de multicritérios, para assim chegar no extrato mais afetado pelos criadouros. Sendo possível, assim, criar o mapa das somas das variáveis e mostrar que região mais propicia para a dengue é a zona sul de Macapá. Pode-se concluir que o depósito que prevalece, dentre as porcentagens maiores em todos os ciclos, é o de lixo e outros resíduos sólidos e que o extrato mais afetado durante todo o ano foi o extrato um que corresponde aos bairros da Fazendinha, Universidade apresentado maior soma durante seis meses. Dessa forma, conclui-se que o diagnóstico espacial contribui para introduzir ações de prevenção nas áreas mais afetadas, auxiliando as autoridades locais responsáveis pela saúde pública na elaboração de medidas preventivas e que promovam saúde a toda a população da área urbana do município de Macapá.

Palavras-chave: *aedes aegypti*, geoprocessamento, levantamento de índice rápido do *aedes aegypti*, dengue.

Abstract. The use of geoprocessing techniques is a modern method that provides more efficient and accurate information that helps in decision making, serving as a guide for concrete assessments and to a lesser term, information databases, efficient and in demarcations of research and may optimize the fight against vectors that transmit diseases. Thus, this work proposes to conduct spatial analysis of dengue vector and mapping of mosquito breeding data *Aedes aegypti* in the urban area of the city of Macapá-AP. Data on cases of dengue in the municipality are recorded by the Index Survey of Fast *Aedes aegypti* (LIRAA) conducted by the Municipal Health (SEMSA), through bi-monthly cycles, a total of six cycles per year. The development work was carried out by using the ArcGIS program 10.0, where it was possible to work on the spatial distribution of data classified by breeding LIRAA, in 2012. This program was conducted the sum of all data of breeding of each cycle, assigned weight values for each variable in order to make an advanced analysis, so as to arrive at the most affected by breeding extract. It can be concluded that the deposit that prevails among the highest percentages in all cycles, is the garbage and other solid waste and the most affected extract all year was the extract one that corresponds to the neighborhoods Fazendinha, University presented larger sum for six months. Thus, the spatial diagnosis helps to introduce preventive measures in the most affected area assisting the local authorities responsible for public health in the development of preventive measures and to promote health for the entire population of the urban area of the city of Macapá.

Keywords: *Aedes aegypti*, Geoprocess, Index Survey of Fast *Aedes aegypti* (LIRAA), Dengue.

1. Introdução

Há uma ligação direta do meio ambiente com a saúde com a efetiva necessidade de cuidar do meio em que se vive para que o ser humano não se torne propício a doenças que se desenvolvem com a falta de precaução das devidas condições do meio ambiental (Caixeta; Souza, 2007). Atualmente, umas das doenças que vêm causando preocupação em geral para a população e aos órgãos de saúde pública é a dengue, uma doença de infecção viral transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti*. O mosquito transmissor encontra condições favoráveis ao seu desenvolvimento em lugares que apresentam clima tropical e subtropical (Barreto, 2006).

A dengue possui quatro tipos de vírus, o DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4, e são encontrados em quase todos os continentes, com exceção do continente europeu, e pode se apresentar de duas formas: a dengue clássica e a hemorrágica, esta última podendo levar a morte. Como não há ainda hoje uma vacina que possa eliminar a doença, o método mais eficiente para evitar a doença é a prevenção da proliferação do mosquito, e para isso deve haver um comprometimento dos órgãos públicos e da população no controle do mosquito e consequentemente da doença (Nascimento, Petta, Farias, 2009).

O uso de tecnologias avançadas tem contribuído para análises de dados espaciais. Uma das ferramentas mais utilizadas é o geoprocessamento, pois contribui na tomada de decisões, servindo de guia para avaliações concretas e em menor prazo, de informações de bancos de dados espaciais. O geoprocessamento nas últimas décadas têm se destacado em trabalhos interdisciplinares pela importância que a temática apresenta, outras ciências têm recorrido, com frequência, a estas discussões, engajando a mesma em seus estudos (Perehouskei; Benaduche, 2007).

Diante disso, as geotecnologias, principalmente, os Sistemas de Informações Geográficas (Sig's) têm sido apontados como instrumentos de integração de dados ambientais, espaciais e sociais, como por exemplo o uso de dados georreferenciados sobre doentes, hospitais, unidades básicas de saúde e de vetores de doença. Desta forma, a pesquisa propõe-se realizar a análise espacial do vetor da dengue e o mapeamento dos dados de criadouros do mosquito *Aedes aegypti* no município de Macapá-AP através do uso da análise espacial de multicritério.

Apesar do alto índice de ocorrências de dengue no município e por ser considerado um dos grandes problemas de saúde pública no estado do Amapá, as discussões em torno do uso de tecnologias avançadas para o monitoramento da dengue ainda são insipientes, e a incorporação

de técnicas de geoprocessamento em saúde pública no Brasil vem crescendo a cada ano. Deste modo, a pesquisa justifica-se por busca compreender a dinâmica do vetor *Aedes aegypti*, alcançando a compressão da dimensão e os bairros que mais são afetados no município de Macapá, uma vez que este modo de análise espacial mostrará quais os locais que podem apresentar maior risco de contaminação e quais são os fatores que contribuem para a proliferação do vetor.

A proliferação da doença no município de Macapá causa preocupação para a sociedade, e os métodos de controle do vetor não são eficientes, devido ao crescimento desordenado da cidade (Tostes et. al, 2016). As atividades humanas prevalecem na proliferação do mosquito que transmite o vírus, e isso é visível quando se observa o descaso da população ao deixar objetos que podem servir de criadouros para mosquito em seus quintais ou até mesmo na sua própria rua.

A forma como o município foi urbanizado, sem nenhum planejamento, através de invasões da população, possibilita a difusão dos criadouros de mosquito. Para isto, fazer uma análise espacial para comprovar que com o monitoramento através do uso do geoprocessamento e suas tecnologias, consegue-se identificar os bairros mais afetados, assim como se avalia as variáveis que dão origem aos criadouros que estão ocasionando a proliferação da doença, para se agir com maior eficácia no problema (Carneiros; Candeias, 2010).

De acordo com Assis e Monteiro (2008), é possível integrar os registros de banco de dados de saúde, correlacionando-o com proximidades de cidades, rios, bordas de floresta e outras características ambientais. Na área da saúde é necessário a elaboração de mapas que mostrem as situações de risco e os problemas de saúde que a população tem que lidar diariamente, promovendo o fornecimento de elementos que possam explicar os problemas no espaço de vivência, facilitando o uso de ações preventivas e orientações Inter setorial específicas (Barcellos; Santos, 1998). Neste sentido, Barcellos e Santos (1998), expressam que as técnicas do geoprocessamento são frequentemente utilizadas, pois dispõem de uma ferramenta, o SIG (Sistema de Informação Geográfica), que é um instrumento que permite o planejamento, monitoramento e avaliações nas ações da saúde. O SIG comporta uma quantidade significativa de dados convencionados espacialmente, que são potencializados e estruturados adequadamente para que tenha integração dos seus três elementos: posição, topologia e atributos. Assim, permite fazer análises e interações de dados complexos formando uma rápida alteração em cenários, podendo ser administrados e utilizados para tomadas de decisões. E, para essa melhor compreensão da saúde da população, as técnicas de geoprocessamento auxiliam através de construções de mapas que nos permite assistir à distribuição espacial de situação risco e a dificuldade em questão à saúde (Fauzino; Sousa-Santos; Oliveira, 2009).

2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo realizar a análise espacial do vetor da dengue no município de Macapá, estado do Amapá. Através disso, detectar os bairros que apresentem maior probabilidade de ter criadouros de dengue durante um ano considerando tanto o período de seca amazônica quanto o período chuvoso.

3. Material e Métodos

Para a realização deste trabalho utilizou-se os dados do Levantamento de Índice Rápido do *Aedes aegypti* (LIRAA). O LIRAA é um instrumento do Programa Nacional de Controle da Dengue (PNCD), criado em 2002, um componente de vigilância epidemiológica desenvolvido com o propósito de atender à necessidade dos gestores e profissionais que operacionalizam o programa de controle de dengue. Dentro do LIRAA (Brasil, 2013) existem três índices mais uti-

lizado para a realização dos riscos de transmissão da dengue, os quais serão expostos a seguir:

1. Índice de Breteau, que se refere ao número de criadouros positivos por cada 100 imóveis pesquisados;
2. Índice de Recipientes, que se refere ao número, de um determinado tipo de recipiente, que deram positivo relativo ao total de recipientes positivos pesquisados;
3. Índice Predial, que se refere a porcentagem de imóveis com presença do *Aedes aegypti* em relação ao total de imóveis pesquisados.

O trabalho foi desenvolvido através do Índice de Infestação Predial, que atribui uma situação de risco, classificado de: baixo (I.I.P < 1,0), médio (I.I.P 1,0 – 3,9) e alto risco (I.I.P > 3,9).

O LIRAA realiza uma classificação dos depósitos que possam se tornar criadouros para o mosquito de transmissão da doença, o qual permite entender a importância epidemiológica desses criadouros promovendo uma ação de controle ao vetor. Os criadores do vetor da dengue são todos os depósitos que podem armazenar água, os quais foram classificados em cinco grupos: grupo A (A1 e A2), grupo B, grupo C, grupo D (D1 e D2) e o grupo E, para facilitar a identificação da doença e suas causas, proporcionando um maior controle e atuação contra o vetor.

O grupo A foi subdividido em dois grupos o A1 que são classificados como depósitos elevados e são todos os depósitos ligado a rede pública e ao sistema de captação mecânica em poços, caixas d'água, depósitos de alvenaria e o A2 depósitos ao nível do solo os quais são depósitos para uso doméstico, tonel, tambores, depósitos de barro (filtros, maringas, potes), cisternas, caixa-d'água, captação de água em poços.

O grupo B, é composto por depósitos móveis, que são: vasos com água, pratos, garrafas, pingadeiras, recipientes de gelo em geladeira, bebedouros em geral, pequenas fontes ornamentais, materiais em depósito de construção (sanitários e etc), objetos religiosos/ rituais.

No grupo C são classificados os depósitos fixos, como: tanque em obras, borracharia em horta, calhas, lajes e toldos em desníveis, ralos, sanitários em desuso, piscinas não tratadas, fontes ornamentais; floreiras/ vasos em cemitérios; cacos de vidro em muros, outras obras arquitetônicas.

O grupo D é subdividido em dois grupos, o D1 que é formado por Pneus e outras matérias rodantes, e o D2 composto pelos lixos e outros resíduos sólidos (recipientes plásticos, garrafas, latas); sucatas, ferros velhos, entulham de construção.

E o grupo E, depósitos naturais, como folhas, buracos em árvores e em rochas, resto de animais (cascas, carapaças etc.).

Usou-se das informações obtidas na Secretaria de Vigilância e Saúde de Macapá que divide o município em três áreas: Zona Sul, Zona Central e Zona Norte. O LIRAA divide os bairros de Macapá em quatorze extratos, conforme pode ser visto na **Tabela 1**.

A partir dos dados levantados a partir do LIRAA procedeu-se o processamento dos dados no programa ArcGis 10.0®. O método abordado foi o quantitativo, que segundo Gerhardt e Silveira (2009) nasce com o pensamento positivista lógico, que diz que a realidade só pode ser compreendida através de dados brutos. A pesquisa quantitativa pode ser quantificada e faz uso da objetividade na coleta de dados, analisando os dados numéricos através de procedimentos estatísticos. O trabalho baseou-se em pesquisas científicas que fizeram uso das técnicas de geoprocessamento e apresentaram resultados favoráveis na criação e elaboração de projetos que contribuem para as melhorias nas políticas públicas da saúde e da população em geral. Isto fez com que este trabalho adotasse a análise de multicritérios.

A análise espacial de multicritérios é um procedimento metodológico de conjunções de variáveis, muito usado em análises espaciais. Segundo Moura (2007), esta forma de análise do espaço é também conhecida como Árvore de Decisões ou como Análise Hierárquica de Pesos. Este método se baseia no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do

grau de relevância, de importância de cada plano e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final. A análise espacial de multicritérios tem como objetivo ter uma conclusão resumida no final, fazendo combinações de diferentes análises e ter um resultado de decisão, ou seja, resumir opiniões, determinando prioridades, analisando situações de conflito, para formular recomendações ou proporcionar orientações de natureza operacional. A avaliação de multicritérios se aplica com critérios de apreciação contraditórios ou quando for difícil a escolha entre os critérios.

Tabela 1. Quadro de divisão dos extratos, zonas e Bairros correspondentes a cada extrato.

Extratos	Zona	Bairros e Conjuntos Habitacionais
1	Sul	Fortaleza, Fazendinha, Rodovia JK, Conjunto Chefe Clodoaldo, Centro Universitário e Conjunto Embrapa.
2	Sul	Jardim Marco Zero, Jardim Equatorial, Pedrinhas, Vila das Oliveiras e Muca.
3	Sul	Araxá, Santa Inês, Beírol e Trem.
4	Sul	Buritizal
5	Sul	Congós
6	Sul	Zerão
7	Central	Central e Jesus de Nazaré
8	Central	Perpétuo Socorro e Cidade Nova
9	Central	Santa Rita, Nova Esperança e Alvorada.
10	Central	Marabaixo, Km 12 Rod. Duque de Caxias, IAPEM, Goiabal, Lagoa dos Índios, Loteamento Platon, Cabralzinho, Janaina Coração e Conjunto Buriti.
11	Norte	Pacoval, Julião Ramos, São Lazaro e Loteamento Pantanal
12	Norte	Infraero I, Loteamento Açaí, Parque dos Buritis, Ilha Mirim, Brasil Novo e Loteamento Ipê.
13	Norte	Jardim Felicidade, Renascer e Infraero II.
14	Norte	Boné Azul, Loteamento São José, Novo Horizonte e Loteamento Sol Nascente.

No mapa a seguir será representado a localização dos extratos da área urbana do município Macapá (**Figura 1**).

Nesta pesquisa foi utilizado o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), desenvolvido por Tomas L. Saaty no início de 1970 que é um dos métodos mais conhecido cientificamente (Marins; Souza; Barros, 2009). O método AHP, trabalha com método de pesos as classes, organizando os componentes mais importantes dentro de uma estrutura hierárquica como em uma árvore genealógica (Moura 2007). O método AHP possui alguns princípios, sendo eles, a construção da hierarquia através da organização dos elementos de modo simples até o foco principal. Além disso é necessário os critérios, as alternativas e as definições de prioridades. Isto gera uma matriz de julgamento de prioridades, quadros normalizados através da soma de elementos de cada coluna de julgamentos, calculando as prioridades médias locais, prioridades globais onde se identifica um vetor que armazene a prioridade em comum que as liguem ao foco principal. O método AHP também se propõe a calcular a razão de consistência de julgamento. Possuindo habilidade de estabelecer relações entre objetos e ideias, que se relacionam bem entre si, representado por $RC < 0,10$. (Marins; Souza e Barros, 2009). O método de análise de multicritérios AHP, faz uso de uma escala de peso, como pode ser observado na **Tabela 2**:

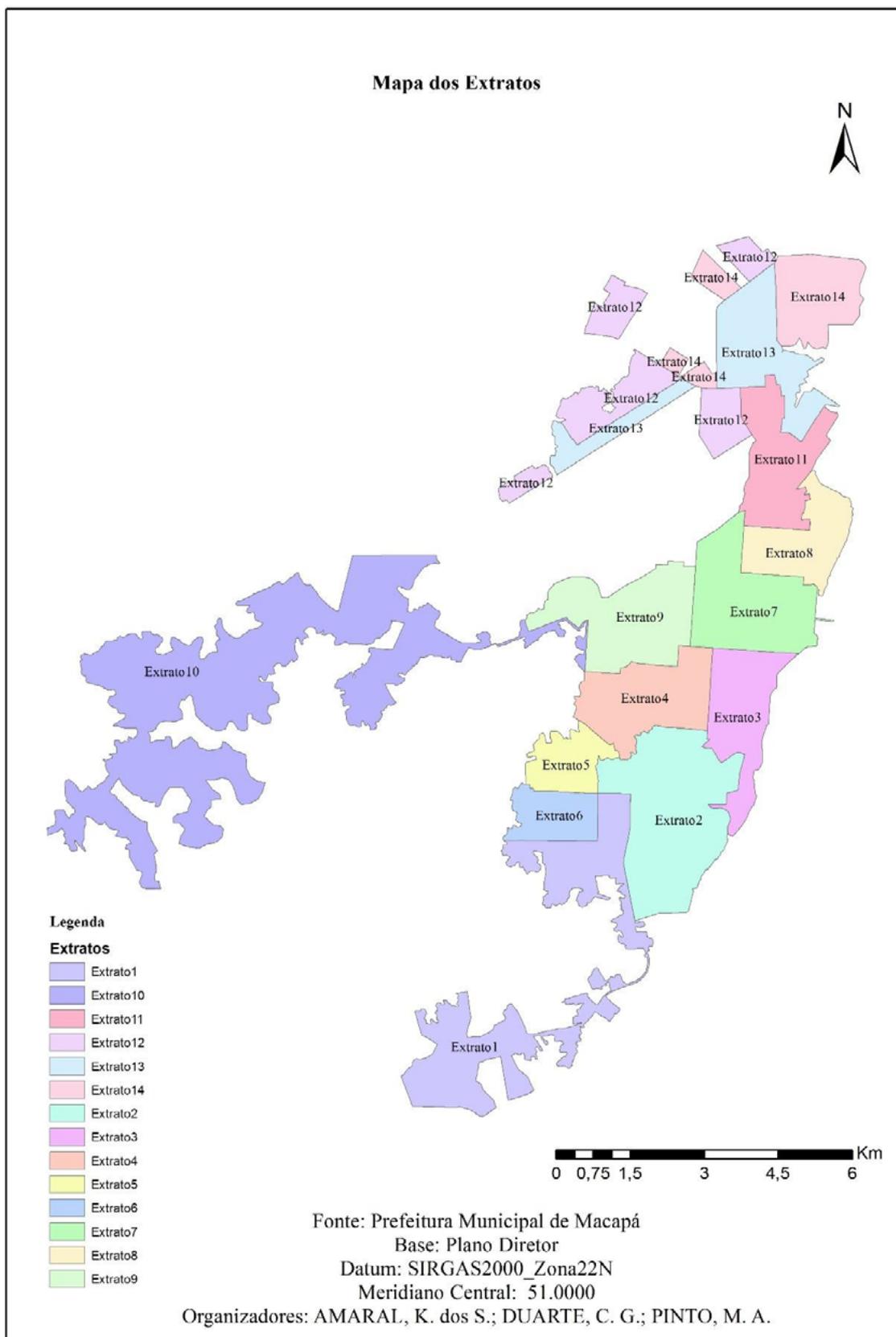


Figura 1. Extratos da área urbana do município de Macapá.

Tabela 2. Escala fundamental de Saaty

Escala	Avaliação	Comentários
Igual importância	1	Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo
Importância moderada	3	A experiência e o julgamento favorecem um critério levemente sobre o outro
Mais importante	5	A experiência e o julgamento favorecem um critério fortemente em relação a outro
Muito importante	7	Um critério é fortemente favorecido em relação a outro e pode ser demonstrado na prática
Importância extrema	9	Um critério é favorecido a outro com mais alto grau de certeza
Valores intermediários	2, 3, 4, 6 e 8	Quando se procura condições de compromisso entre duas dimensões. É necessário acordo

Nesta pesquisa foram trabalhados os conceitos da escala de Saaty. Porém, dividida em duas partes, período chuvoso e período seco, devido serem estas as condições climáticas de Macapá marcadas por irregularidade na precipitação pluviométrica consideradas fator determinante para o desenvolvimento e propagação do vetor da dengue; fornecendo, assim, uma melhor análise dos dados do LIRAA. Estes dados podem possuir valores diferentes devido a quantidade de criadouros de dengue encontrada nos diferentes regiões da cidade e nos diferentes períodos do ano, sendo que o período chuvoso apresenta maior probabilidade de se ter uma maior quantidade de criadouros do mosquito *Aedes aegypti*. Segundo Tavares (2014), o período chuvoso em Macapá- AP ocorre nos meses de dezembro a julho, tendo uma grande probabilidade de acúmulo de água parada, isto ocorre devido aos vários dias de chuva forte, o que deixa vários bairros vulneráveis. De agosto a novembro ocorre o período seco, com os meses de outubro a novembro apresentando temperaturas mais elevadas.

No período seco, os criadouros classificados pelo LIRAA de depósitos de água elevados, depósitos de água ao nível do solo, depósitos moveis, depósitos fixos e depósitos naturais serão avaliados de um, três e cinco, sendo a quantidade de criadouros menor no número um, moderada no número três e maior no número cinco (**Tabela 3**).

Já para os depósitos de pneus e outros materiais rodantes e lixo e outros resíduos sólido, serão avaliados de sete e nove, pois estes apresentam um índice de criadouros bastante elevado em todos os ciclos estudados. Nestas categorias o valor sete da escala representa uma porcentagem menor que o nove (**Tabela 4**).

Tabela 3. Escala de peso proposta: Agosto a Novembro (para depósitos de água elevados, depósitos de água ao nível do solo, depósitos moveis, depósitos fixos e depósitos naturais).

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Baixo Risco	Quantidade menor de criadouro encontrado
3	Médio Risco	Quantidade moderada de criadouros encontrada
5	Alto Risco	Quantidade elevada de criadouros encontrada

Tabela 4. Escala de peso proposta: Agosto a Novembro (depósitos de pneus e outros materiais rodantes e Lixo e outros resíduos sólido)

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
7	Médio Risco	Quantidade moderada de criadouro encontrado
9	Alto Risco	Quantidade elevada de criadouros encontrada

Para o período chuvoso, será usada outra tabela, ainda baseada na escala de Saaty, porém alguns criadouros que antes eram considerados na escala de peso de um, três e cinco (depósitos de água elevados, depósitos de água ao nível do solo, depósitos fixos) não serão mais incluídos devidos apresentar um aumento na proporção de criadouros. Assim para a escala de peso um, três e cinco serão considerados somente os criadouros de depósitos moveis e depósitos naturais, pois estes segundo os dados do LIRAA, apresentam dados ainda menores no período chuvoso. Sendo a quantidade de criadouros menor no número um, moderada no número três e maior no número cinco (**Tabela 5**).

Para os depósitos de água elevados, depósitos de água ao nível do solo, depósitos fixos, pneus e outros materiais rodantes e lixo e outros resíduos sólido, serão avaliados valores de sete e nove na escala de Saaty, pois apresentam um índice elevado de criadouros em todos os ciclos estudados, onde o valor sete da escala, representa uma porcentagem menor que o nove.

Tabela 5. Escala de peso proposta: Dezembro a Julho (para os depósitos moveis e depósitos naturais).

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
1	Baixo Risco	Quantidade menor de criadouro encontrado
3	Médio Risco	Quantidade moderada de criadouros encontrada
5	Alto Risco	Quantidade elevada de criadouros encontrada

Diante disso os depósitos de água elevado, ao nível do solo e fixos que no período seco estavam na escala de peso menor, no período chuvoso se apresentam na escala maior, ficando na escala de Saaty menor somente que os depósitos moveis e os naturais (**Tabela 6**). Isto mostra que na escala de Saaty existe uma variação crescente de criadouros.

Tabela 6. Escala de peso proposta: Dezembro a Julho (para depósitos de água elevados, depósitos de água ao nível do solo, depósitos fixos, depósitos de pneus e outros materiais rodantes e Lixo e outros resíduos sólido).

Escala Numérica	Escala Verbal	Explicação
7	Alto Risco	Quantidade elevada de criadouros encontrada
9	Médio Risco	Quantidade moderada de criadouro encontrado

4. Resultados e Discussão

A análise de multicritérios, como mostra a figura acima, que detectou a soma de todas as variáveis que foram estudadas, demonstra que o extrato que apresentou o resultado maior diante da escala de peso proposta foi o extrato quatro, bairro do Buritizal, localizado na zona sul de Macapá. Este bairro tem várias áreas de invasão o que comprova que planejamento urbano no município de Macapá é um dos fatores que provocam os criadouros de dengue. Além disso, os extratos quatorze e onze que correspondem aos bairros da zona norte de Macapá, como por exemplo, Boné Azul, Brasil Novo, Pantanal apresentam alto valores de criadouros de dengue. Isto ocorre porque estes bairros se localizam em zonas alagadas do município de Macapá.

Esta metodologia do uso do LIRA para a identificação dos criadouros de dengue e análise espacial multivariada utilizando AHP pode se tentar utilizar para localizar as áreas de maior probabilidade de ter criadouros de dengue numa região. Mas, principalmente, em áreas que sofrem alagamentos esporádicos durante o ano como, por exemplo, na região pantaneira que sofre alagamentos no período de chuvas.

Assim, observa-se que a classificação dos criadouros através do LIRAA feita pelo software proporciona maior controle do vetor sobre os mesmos. E os usos das tecnologias do geoprocessamento de coleta de dados contribuem para o reconhecimento das condições de risco no

território, este se transformou em um instrumento válido para auxiliar na construção dos mapas e ajudar no planejamento, monitoramento e na avaliação das ações em saúde (Nardi; et al, 2013). Isto provocou a distribuição espacial dos dados, através de mapas de cada criadouro na área urbana do município de Macapá, mostrando onde há maior probabilidade de ocorrência do vetor *Aedes aegypti* (Figura 2).

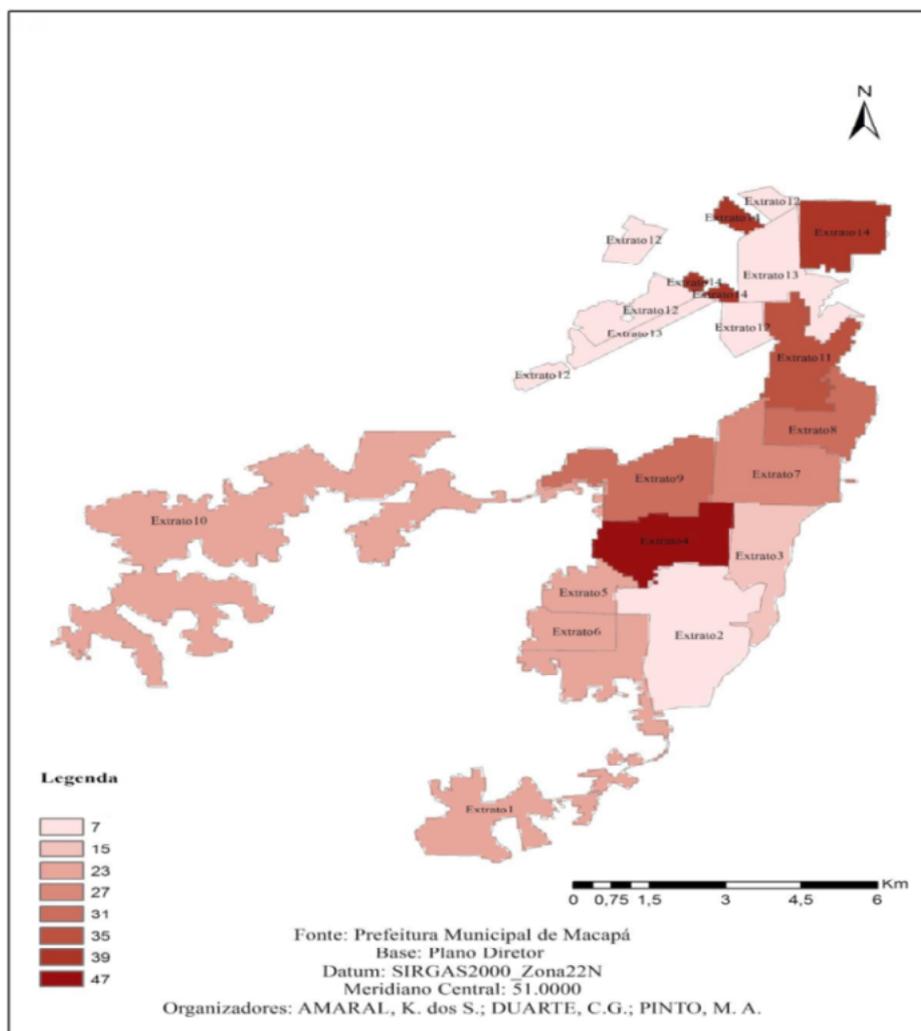


Figura 2. Mapa de probabilidade de criadouros de dengue.

5. Conclusões e Sugestões

Através da tabulação dos dados registrado pela secretaria de saúde, foi possível fazer a espacialização dos depósitos classificados pelo LIRAa que podem servir como criadouro para o mosquito *Aedes aegypti*. Pode-se concluir que o depósito que prevalece dentre as porcentagens maiores em todos os ciclos é o de lixo e outros resíduos sólidos. Sendo assim, detectado que os resíduos sólidos é entre os criadouros o que precisa de maior cuidado, necessitando de descarte corretos e adequados pela população e de coletas seletivas, pela prefeitura do município. Este estudo pode auxiliar as autoridades locais, responsáveis pela saúde pública na elaboração de medidas preventivas e que promovam a saúde a toda a população da área urbana do município de Macapá, bem como identificar se a falta de infraestrutura dos bairros tem influência direta com a dengue.

Este trabalho tem uma relevância porque identificou as áreas com maior probabilidade de

haver criadouros de dengue em municípios que tem problemas de alagamento em épocas do ano ou durante todo o ano Isto faz com que este trabalho se torne uma ferramenta para políticas públicas da área de saúde. Além disso, Macapá é uma região urbana semelhante a outras que sofrem com o processo de urbanização mal planejada em áreas que são alagadas esporadicamente. Isto também ocorre nas áreas urbanas localizadas no pantanal brasileiro.

6. Referências

- Assis, M. C. de; Monteiro, A. M. V. **O uso do geoprocessamento para estudos de relações entre a dinâmica ambiental e a da malária na bacia do rio Purus**. Dissertação Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia (IMPA), Manaus. abr., 2008.
- Barcellos, C.; Santos, S. M. Colocando dados no mapa: a escolha da unidade espacial de agregação e, integração de bases de dados em saúde e ambiente através de geoprocessamento. **Informe Epidemiológico do SUS**, Brasília, v. 6, n. 1, p. 21-29, 1998.
- Barreto, C. F. et al. Estudo das alterações morfo-histológicas em larvas de *Aedes aegypti* (diptera, culicidae) submetidas ao extrato bruto etanólico de *Sapindus Saponária* Lin (SAPINDACEAE). **Artigo Original** Vol. 35 (1): 37-57. jan. -abr. 2006 Goiânia/GO, 2006.
- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis. **Levantamento Rápido de Índices para *Aedes Aegypti* (LIRAA) para vigilância entomológica do *Aedes aegypti* no Brasil: metodologia para avaliação dos índices de Breteau e Predial e tipo de recipientes / Ministério da Saúde**, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis – Brasília : Ministério da Saúde, 2013. 84 p.: il.
- Caixeta, D. M.; Sousa, F. G. de. A utilização de ferramentas e técnicas de geoprocessamento na identificação e análise das áreas de maior ocorrência de casos de dengue em Goiânia-GO. IN: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 21-26 abril de 2007, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis: INPE, 2007, p. 2373-2379.
- Fauzino, R. F; Souza-Santos R; Oliveira R. M. Dengue, geoprocessamento e indicadores socioeconômicos e ambientais: um estudo de revisão. **Revista Panam Salud Publica**, Pan Am, J Public Health. Volume 5, [número](#) 25.
- Gerhardt, T. E.; Silveira, D. T. (Org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2009.
- Marins, C. S.; Souza, D. de O.; Barros, M. da S. O uso do método de análise hierárquica (ahp) na tomada de decisões gerenciais – um estudo de caso. XLI Simposio Brasileiro de Pesquisa Operacional. **Anais**, 21-27 maio de 2009, São Paulo, SBPO, 2009, p.500-507 .
- Moura, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em análises de multicritérios. IN: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2007, Florianópolis. **Anais...**, Florianópolis: INPE, 2007, p. 7800-7807.
- Nascimento, P. S. de R.; Petta, R. A.; Farias, D. R. Análise espaço-temporal da incidência dos casos de dengue no Rio Grande do Norte entre os anos de 2004 e 2007. IN: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 25-30 abril 2009, Natal, **Anais...**, Florianópolis: INPE: 2009, p. 7561-7568.
- Nardi, S. M. T. et al. Geoprocessamento em saúde pública: fundamentos e aplicações. **Revista instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 72, n. 3, p. 85-91. 2013
- Perehoukei N. A.; Benaduche, G. M. C. Geografia da saúde e as concepções sobre o território. **Revista Gestão & Regionalidade**, v. 23, n. 68, set-dez, p. 44, 2007.
- Tavares, J. P. N. Características da climatologia de Macapá – AP. **Revista on line caminhos de geografia**. volume 8.numero 10. Uberlândia, 2014.
- Tostes, J. A.; Barrozo, J. M.; Cordeiro, N. F.; Rezende, T. G. Macapá: o mito da cidade no meio do mundo. Disponível em:< <http://www.anppas.org.br>> Acesso em: 9 abr. 2016.



Análise multitemporal da mudança da paisagem e suas influências na evolução do desenvolvimento do turismo em Bonito, Mato Grosso do Sul.

Waldir Leonel¹
Mercedes Abid Mercante²
Mauro Henrique Soares da Silva²

¹Doutorando do Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional
Rua Goiás, 1349, Bl. 05 Ap.43 – Jardim dos Estados
79.020-101 – Campo Grande – MS, Brasil
waldir.leonel@gmail.com

²Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional
Universidade Anhanguera-Uniderp, UDA, Bloco E2
Rua Alexandre Herculano, 1.400, Bairro Jardim Veraneio
79.037-280 - Campo Grande/MS, Brasil
mercante@terra.com.br
mauro.soares@uniderp.edu.br

Resumo. Busca-se analisar de forma multitemporal a dinâmica da mudança da paisagem e suas influências na evolução do turismo em Bonito, Mato Grosso do Sul, o qual teve um rápido desenvolvimento, no estabelecimento de empreendimentos turísticos nos últimos 30 anos, apresentando diferentes impactos antrópicos, que possam comprometer a sua qualidade ambiental. Assim, buscou-se compreender a dinâmica de evolução, no meio rural e urbano do Município, por meio da identificação de aspectos relacionados às mudanças da paisagem. Utilizou-se de referências bibliográficas, pesquisa de campo em instituições públicas e privadas, posteriormente realizou-se um trabalho de laboratório, onde foi utilizado o software Spring versão 5.2.6 para o geoprocessamento de três imagens de satélite Landsat 5/TM em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) e uma do satélite Landsat 8/OLI da USGS (United States Geological Survey). Foram usadas imagens com intervalos de dez anos, desde 1984 a 2014, para análise comparativa das épocas. Justifica-se a escolha da primeira imagem, visto ser a década em que a atividade turística iniciou-se na localidade. Verificou-se nas imagens grande alteração no uso do solo, havendo decréscimo de vegetação em geral, corpo hídrico e solo exposto, aumento da vegetação de pastagens, área urbana, de atrativos turísticos e de lavouras temporárias. Os resultados demonstraram diferenças entre os anos de 1984 e 2014 na mudança da paisagem. As análises multitemporais contribuíram na compreensão da necessidade do planejamento em relação ao uso e ocupação de determinadas áreas, minimizando impactos decorrentes das ações antrópicas, pois se estabelece como área turística de relevante potencial ecoturístico.

Palavras-Chaves: Uso e ocupação do solo, Ambiente, Sensoriamento remoto, Geotecnologias, paisagem.

Abstract. Seeks to analyze multi-temporal shape the landscape changing dynamics and their influence on the evolution of tourism in Bonito, Mato Grosso do Sul, which had a rapid development in the establishment of tourist facilities in the last 30 years, with different human impacts, that might compromise their environmental quality. Thus, we sought to understand the dynamics of development in rural and urban areas of the municipality, through the identification of aspects related to landscape changes. It was used references, field research in public and private institutions, later carried out a laboratory work, where we used the software version 5.2.6 Spring for three satellite images geoprocessing Landsat 5 / TM in GIS (Geographic Information System) and satellite Landsat 8 / OLI USGS (United States Geological Survey). They were used images at intervals of ten years from 1984 to 2014, for comparative analysis of times. Justified the choice of the first image, as it is the decade in which the tourist activity began in the locality. It was the major change images in land use, with decrease of vegetation in general, water body and exposed soil, increasing vegetation pastures, urban, tourist attractions and temporary crops. The results showed differences between the years 1984 and 2014 in changing the landscape. The multi-temporal analysis contributed to the understanding of the need for planning in relation to the use and occupation of certain areas, minimizing impacts of human activities, as is established as a tourist area relevant ecotourism potential.

Key-words: Ground use and occupation, Landscape, Environment, remote sensing, Tourism.

1. Introdução

Bonito, Mato Grosso do Sul, está localizado na região sudoeste, na borda meridional da bacia do Alto Paraguai, na microrregião geográfica da Bodoquena (MRG 09), com área territorial de 4.934 km e altitude média de 315 metros. Segundo Vargas (2001), o núcleo habitacional que compõe a cidade de Bonito teve início nas terras da Fazenda Rincão Bonito, propriedade particular, adquirida em 1869, sendo seu proprietário considerado o desbravador da localidade.

Nesse município, verificou-se em curto intervalo de tempo o desenrolar de grandes transformações sócio-espaciais. Tradicionalmente sua economia, que era baseada na pecuária e agricultura, juntou-se ao desenvolvimento do turismo; o que se pode afirmar que tais alterações se deram em virtude desta atividade, fortalecida nos últimos 30 anos.

Os atrativos naturais da região estão associados à riqueza em biodiversidade do Cerrado (Floresta semi-decídua ou estacional) e das matas de galeria. Os principais rios do município são: Miranda, Formoso e da Prata, todos da Bacia hidrográfica do Alto Paraguai (PNRH, 2006).

Os rios da região são cársticos, desaparecendo no subsolo em alguns trechos: Boggiani et al.(1999) destacam que a área possui um maciço rochoso calcário elevado, no Planalto da Bodoquena, onde as águas infiltram e ressurgem na planície abaixo, formando os olhos d'água e rios transparentes. Estes elementos, aliados à infraestrutura turística para o Município trouxeram o destaque à região para que se tornasse objeto nacional e internacional, por meio das belezas cênicas, um potencial ecoturístico.

Em termos geotécnicos, a cidade é caracterizada pela presença litológica do calcário, com relevo definido basicamente em duas unidades: Planalto da Bodoquena e a depressão de Miranda.

A Serra da Bodoquena é parte do planalto que circunda o Pantanal, planície ocupada por fazendas que desenvolvem atividades turísticas, geralmente, com área superior a 2000 hectares e, na maioria das vezes, administradas pelos próprios proprietários. As áreas em Bonito variam de três a 700 hectares, com implantação de pluriatividades, tendo o turismo como uma das principais atividades ao final da década de 1980. O estudo do turismo, com o uso de geotecnologias, poderá contribuir para estudos turísticos na região do Pantanal. Que hoje existe uma relação no estado de Mato Grosso do Sul, de visitantes que buscam tanto a região de Bonito, como o Pantanal para a prática da atividade.

Segundo Behr (2001), a gruta do Lago Azul, em Bonito, foi o primeiro atrativo a ser formatado e adequado para receber visitantes. Em 1986, foi criado o Conselho Municipal de Meio Ambiente – CONDEMA. Em 1987 e 1988, a Prefeitura desapropriou a área, onde atualmente está localizado o Balneário Municipal. Em 1989 foi instalada a primeira agência de turismo, a

Hapacany.

A atividade turística ganhou maior impulso a partir do biênio 1992/1993, como destacam Vargas (2001) e Boggiani (2001). Boggiani (2001) afirmam que a Expedição Franco-brasileira, Bonito 92 e o primeiro curso de formação de guias são “fatos que podem ser considerados como marcos do início do processo que tirou a região do amadorismo e a colocou no caminho da profissionalização da atividade turística”.

Neste contexto, destaca-se o município, o qual apresenta uma necessidade de estudos e análises, por apresentar fortes contrastes em sua configuração ocupacional, que esteve sustentada em uma lógica em que o turismo ecológico é fator condicional para a manutenção da qualidade ambiental na região de influência turística.

2. Objetivo

Compreender a dinâmica de evolução do turismo, no meio rural e urbano do Município de Bonito, a partir da década de 1980, por meio da identificação de aspectos relacionados às mudanças da paisagem. Especificamente pretendeu-se elaborar mapas de épocas distintas, sendo uma em 2014 e outras pretéritas (1984, 1994 e 2004) para, assim, realizar uma análise comparativa da mudança da paisagem no decorrer deste período.

3. Material e Métodos

Para a análise do uso e ocupação do solo de Bonito, a primeira etapa consistiu na aquisição das imagens de satélites do referido Município, adquiridas no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e que se encontram disponíveis para download no formato TIFF, aos usuários cadastrados. As imagens orbitais são do satélite/sensor Landsat 5/TM, referentes à órbita e ponto 226/74 e 226/75, passagem de 18/set/1984, 10/jun/1994 e 05/jun/2004, intervalo de tempo considerado suficiente para identificar as mudanças na paisagem. Para o ano de 2014, utilizaram-se imagens do satélite Landsat 8/OLI, disponível no site da United States Geological Survey (USGS), órbita e 226/74 e 226/75 de 21/set/2014 (**Quadro 1**).

Na obtenção das imagens, buscou-se um padrão, ocorrendo a escolha entre os meses do ano em que fosse observado o intervalo máximo de três meses entre estas datas, para haver menos interferência de estações secas e chuvosas. Não foi possível imagens mais próximas das datas, pela ocorrência de nuvens na área de estudo.

Quadro 1. Satélite, Data da Imagem, Órbita Ponto e Bandas utilizadas em cada imagem no Mapeamento.

Satélite/Sensor	Data da Imagem	Órbita; Ponto.	Bandas Utilizadas
Landsat 5/TM	18/09/1984	226; 74 e 75.	3,4 e 5.
Landsat 5/TM	10/06/1994	226; 74 e 75.	3,4 e 5.
Landsat 5/TM	05/06/2004	226; 74 e 75.	3,4 e 5.
Landsat 8/OLI	21/09/2014	226; 74 e 75.	4, 5 e 6.

3.1. Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto das Imagens

Os processos utilizados para o período de 1984 a 2014 foram feitos no software SPRING® versão 5.2.6, um Sistema de Informações Geográficas (SIG) livre, desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens do INPE e de aquisição gratuita por meios eletrônicos e também do ArcGis 10®.

As imagens de 2014, foram primeiramente georeferenciadas, no Software ArcGis 10®, baseado numa imagem Geocover corrigida da Nasa S22-20-2000 (GLCF, 2013).

Em seguida, as imagens foram recortadas a partir de um Shapefile do limite do Município. Dispondo das imagens devidamente recortadas, foi realizada então a composição das bandas, utilizando as bandas 3(B), 4(G) e 5(R), para a melhor diferenciação dos elementos para as três primeiras décadas, para 2014, utilizou-se das bandas 4(G), 5(R) e 6(B). Anteriormente à composição colorida, aplicou-se contraste Histograma sobre cada banda monocromática. A segmentação foi executada pelo método de crescimento de regiões (SCHOENMAKERS et al., 1991). Optou-se pelo nível de similaridade 08, com área mínima ou limiar para segmentação de 20 pixels. Após a segmentação, efetuou-se o treinamento do sistema, por meio do qual foram obtidas amostras de regiões representativas de acordo com suas áreas de segmentação, para cada uma das classes definidas. Em seguida, foram submetidas à análise da matriz de confusão para ajustes.

Posteriormente, efetuou-se a classificação das imagens, com a utilização do classificador de Histograma com limiar de aceitação de 99%. Para a definição das sete classes: Áreas de lavouras temporárias (agricultura), vegetação de pastagens, solo exposto (área com superfície do solo nu, com mineração ou áreas desmatadas), área de várzea (áreas alagadas ou úmidas), área urbana (construções residenciais, comerciais, rodovias), corpos hídricos (rios, córregos, lagoas intermitentes e permanentes, nascentes), utilizou-se o Manual técnico de uso da Terra (IBGE, 2006), com pequenas adaptações nas classificações devido à escala utilizada e à área bastante diversificada (**Figura 1**).

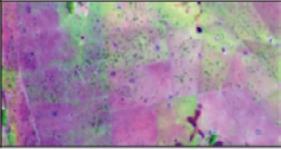
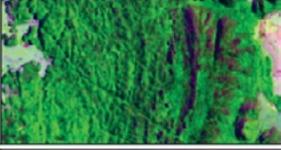
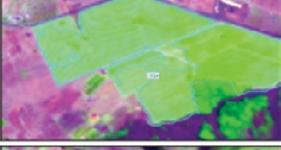
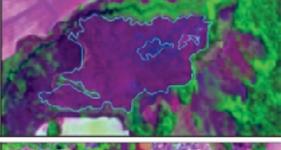
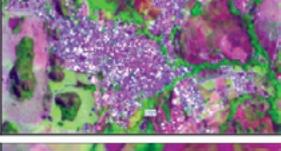
CLASSES	DESCRIÇÃO	CHAVE DE INTERPRETAÇÃO
Vegetação de Pastagens	Todo tipo de vegetação rasteira.	
Vegetação Natural Florestal	Todo tipo de vegetação de médio e alto porte, levando em consideração, que sejam vegetações naturais.	
Áreas de lavouras temporárias	Todo tipo de Lavoura existente na região.	
Solos Expostos	Solos com reduzida ou sem qualquer cobertura vegetal.	
Áreas de Várzea	Áreas permanentemente ou temporariamente alagadas.	
Área Urbana	Foram considerados ruas, avenidas, logradouros, praças, estacionamento, cemitério, estabelecimentos comerciais e residências	
Corpos Hídricos	Todos os Cursos Fluviais, canais Lênticos e Lóticos	

Figura 1. Chave de interpretação de classes utilizadas e suas descrições.

Para as Áreas de Atrativos Turísticos (foram analisados os locais em que se encontram os atrativos turísticos), ocorreu uma sobreposição dos pontos.

Com a finalidade de refinar o mapa de uso do solo, procedeu-se à edição matricial e a pós-classificação, permitindo assim, transformar a imagem classificada em uma imagem de modelo temático (**Quadro 1**). Por fim, foram confeccionados mapas temáticos a partir das imagens classificadas, gerando os mapas de uso e ocupação do solo dos anos de 1984 a 2014, utilizando o módulo Scarta 5.2.6.

3.2. Trabalho de Campo

O trabalho de campo realizado no mês de junho de 2016, período de estação seca, também chamada de verdade terrestre, teve como objetivo a identificação das características espectrais encontradas na imagem com os tipos de cobertura e uso do solo existente na região. Para esta fase da pesquisa foram utilizados como apoio os seguintes materiais: caderno de campo, GPS (*Global Positioning System*), imagem reproduzida na escala de 1:450.000 contendo interpretação preliminar via *Google Earth*, máquina fotográfica Nikon EH-69P 42X Optical Zoom, informações sobre a área e roteiro de percurso para observações dos alvos a serem identificados

segundo os padrões de forma, cor, arranjos e texturas, e ainda, a contratação de guia local para acompanhamento das áreas identificadas e contextualização de informações sobre os aspectos ou modificações ocorridas nos pontos analisados.

Após o trabalho de campo e com base nas informações observadas aliadas aos registros fotográficos realizou-se o processo de interpretação da imagem de satélite (**Figura 2**).

Para Florenzano (2011) a relação de interação do homem com a máquina, o conhecimento sobre o objeto (ou tema) de estudo (relevo, vegetação, área urbana, turismo) facilita o processo de interpretação e aumenta o potencial de leitura de uma imagem sobre a área geográfica, pois é maior o potencial de informação que ele pode extrair da imagem.

4. Resultados e Discussão

A partir da metodologia selecionada foi possível realizar mapas temáticos representando a evolução do processo de uso e ocupação do solo de Bonito – Mato Grosso do Sul, de acordo com a **Figura 3**.

Analisando as imagens de uso e ocupação do solo (**Figura 3**), assim como, a quantificação da evolução das áreas (**Tabela 1**), observa-se grandes mudanças na paisagem da região realizadas pelo processo de ocupação do espaço ao longo das quatro últimas décadas.

Em 1984, os recursos não eram utilizados como atrativos, já em 2004 e 2014 a maior parte dos atrativos de Bonito já estava em operação, em uma porcentagem de crescimento de área de quase 100% entre as duas décadas, indo de 3,32 km² em 2004 para 5,78 km², 2014.

Concomitante, observa-se um acréscimo da área urbana, que em 1984 apresentava 2,50 km² e em 2014, 6,36 km², um aumento de 39,30%, alguns loteamentos foram implantados após 2004, como o Loteamento Tarumã e o Loteamento Portal do Rio Formoso (Foto 1), e também o Loteamento Solar dos Lagos, que foi uma obra embargada por mais de oito anos, devido a fragilidade da área, local conhecido como “Calcarinho” (Foto 2).

Enquanto as classes que destacam o valor de conservação ambiental demonstraram resultados referentes à perda de vegetação natural florestal, que mostram uma redução de aproximadamente 800 km², entre as décadas de 1984 e 2014, bem como referentes aos corpos hídricos, uma redução de quase 8 km². E ainda, o aumento de área de solo exposto em 2014, em uma área aproximada de 4,21 km².



Foto 1



Foto 2

Figura 2. A Foto 1 corresponde ao Loteamento Tarumã e a Foto 2 ao Loteamento Solar dos Lagos.

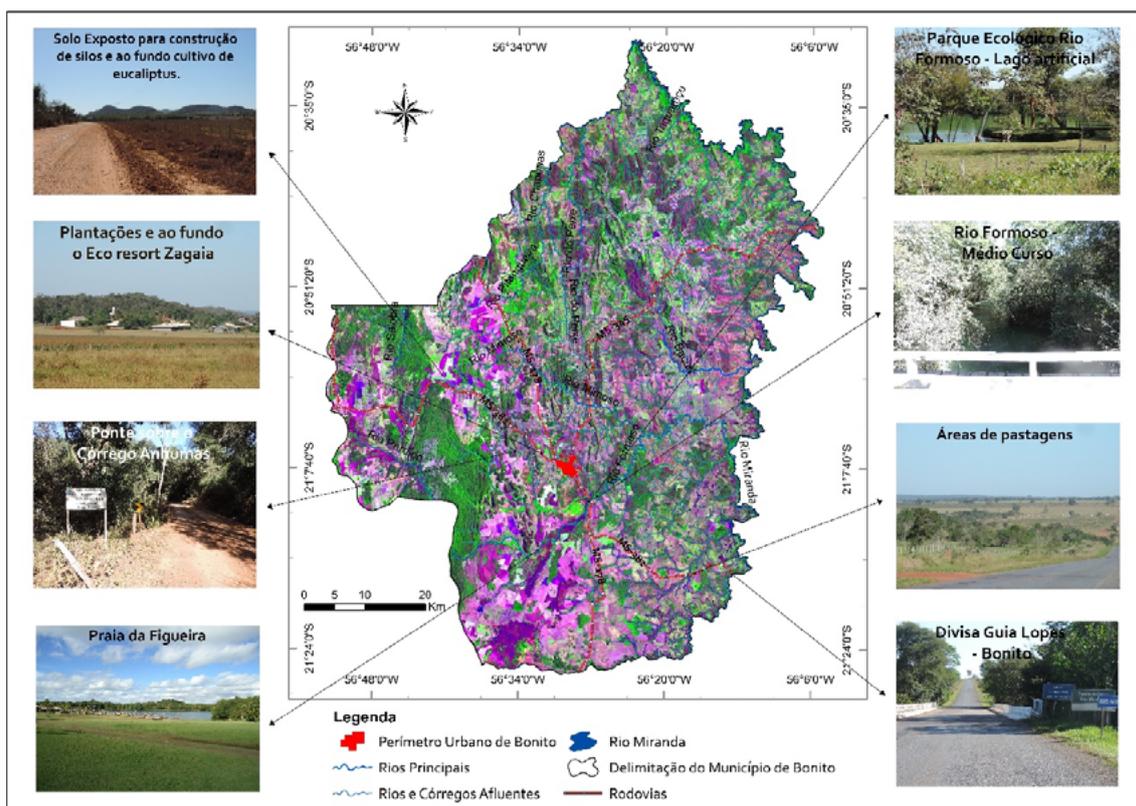


Figura 3. Chaves de interpretação: 1) Solo exposto, e ao fundo plantação de Eucaliptus (*Eucalyptus sp.*); 2) área de lavouras temporárias – milho (*Zea mays*) e ao fundo empreendimento turístico; 3) Corpo hídricos – Córrego Anhumas; 4 e 5) Empreendimento turístico; 6) Corpo hídrico – Rio Formoso; 7) Contraste de tonalidade entre tipos de pasto, a beira da estrada observa-se um misto de capim braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim rabo de burro (*Andropogon condensatus*); 8) Corpo hídrico – Rio Miranda (Divisa de municípios).

Na **Figura 4**, podem ser observados os mapas temáticos referentes ao uso e ocupação do solo das imagens do município de Bonito, para os anos de 1984, 1994, 2004 e 2014.

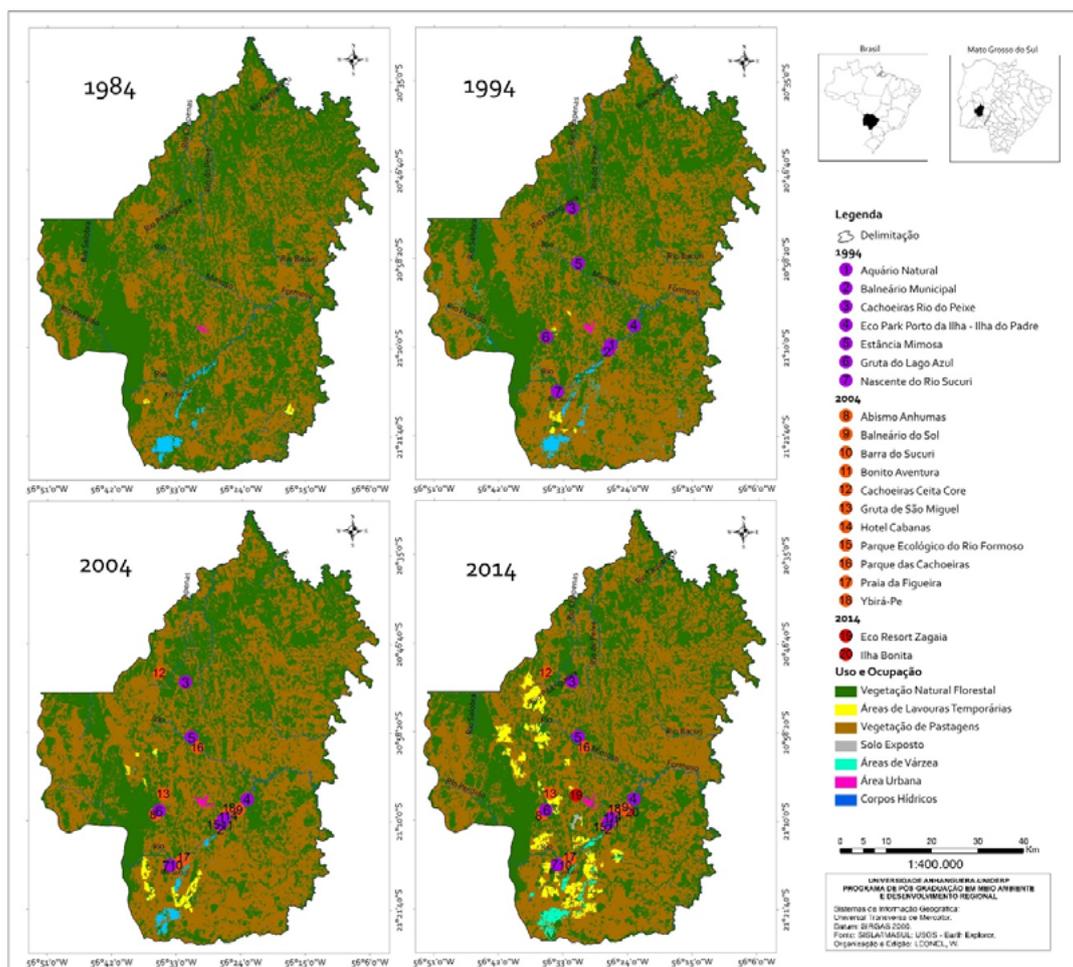


Figura 4. Mapa do uso e ocupação do solo do município de Bonito, Mato Grosso do Sul.

Um aumento significativo referente aos aspectos do surgimento de outras economias, os dados demonstraram um acréscimo substancial de áreas relativas a vegetação de pastagens e lavouras temporárias, esta última um acréscimo de 160 km² (Tabela 1).

Os dados apresentam um aumento da área urbana considerável: acreditava-se em um crescimento da área urbana, tendo em vista a implantação de novos atrativos turísticos, mas os gráficos não destacam tal expansão. Porém, chama a atenção o acréscimo da vegetação de pastagens em detrimento da vegetação natural do município, fato preocupante, considerando que a natureza é o produto vendido pelo ecoturismo da região.

A maior pressão sobre a vegetação pode ser explicada levando-se em consideração o fato de a atividade pecuária ter se desenvolvido nas últimas décadas. Conforme dados do IBGE (2004), o plantel de cabeças de gado cresceu de 58.523 em 1970, para 236.267 em 1985. Em 1995 havia 303.506, em 2004 350.923 e em 2010 foram contabilizadas 401.933 cabeças de gado (SEMACE/IMASUL, 2010).

Pode-se verificar, portanto, que houve grande alteração no uso do solo ao correlacionar a evolução das classes mapeadas no período analisado, sobretudo, com destaque para alguns usos como área urbana e áreas de atrativos naturais (Figura 5).

Tabela 1. Evolução do Uso e Ocupação do Solo no Município de Bonito/MS nos anos de 1984, 1994, 2004 e 2014

Classes de Uso do Solo	1984		1994		2004		2014	
	Área (Km ²)	Área (%)						
Vegetação Natural Florestal	2.786,15	56,50	2326,97	47,19	2163,63	43,88	1994,93	40,45
Vegetação de Pastagens	2073,07	42,04	2497,98	50,66	2670,96	54,17	2699,95	54,75
Área Urbana	2,50	0,05	3,85	0,08	5,46	0,11	6,36	0,13
Áreas de Atrativos Turísticos	0,00	0,00	1,52	0,03	3,32	0,07	5,78	0,12
Áreas de Lavouras Temporárias	4,67	0,09	10,86	0,22	35,16	0,71	162,51	3,30
Corpos Hídricos	28,77	0,60	28,54	0,58	22,54	0,46	21,76	0,44
Áreas de Várzea	35,73	0,72	61,12	1,24	29,82	0,60	35,39	0,72
Solo Exposto	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	4,21	0,09
	4930,89	100,00	4930,89	100,00	4930,89	100,00	4930,89	100,00

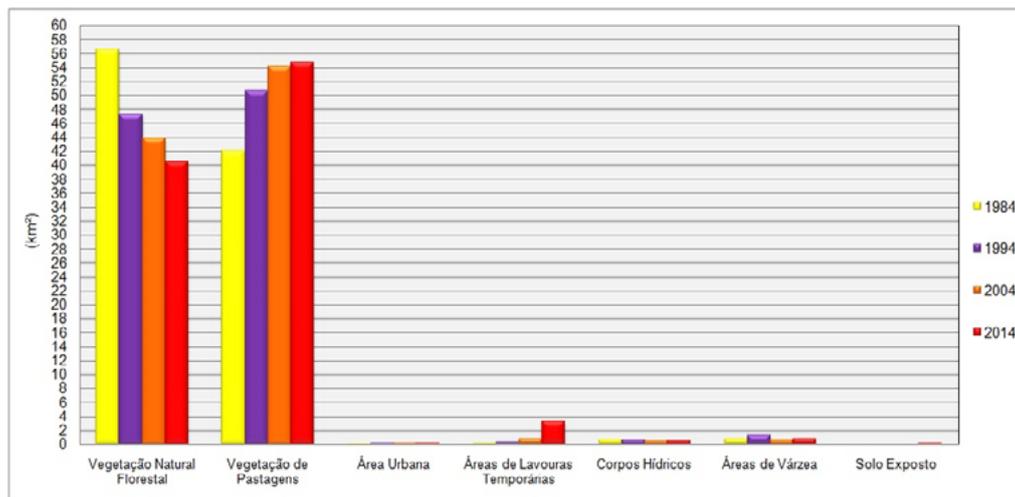


Figura 5. Comparação da área em km², entre 1984 e 2014, das classes temáticas de uso e ocupação do solo.

O aumento da área urbana, mesmo que pequeno, justifica-se uma vez que ocorreram grandes loteamentos na área para construção de residenciais, havendo também a abertura de vias terrestres, como avenidas, ruas e logradouros. Assim, os contribuintes principais para essas mudanças foram: a mudança do centro para regiões periféricas da população, abertura de loteamentos e construção de condomínios. A diminuição dos recursos hídricos pode ser justificada pelas obras de canalização e construção de vias terrestres sobre os principais córregos da hidrografia da bacia.

Rezende (2004), procura realçar o caráter de fenômeno social do turismo, envolvendo a

prestação de serviços em estreita relação com meio ambiente, que é capaz de produzir impactos com dimensões positivas ou negativas de natureza tanto físico/ambiental, como econômico e cultural. Destacam ainda que tais impactos podem ser minimizados através de formas de planejamento que produzam ações voltadas para potencializar as suas dimensões positivas e neutralizar as negativas.

Para Barioulet e Vellas (2000), um dos fatores que devem ser integrados ao planejamento turístico são os indicadores de impactos sociais. Sendo de grande importância selecionar percentuais que possam permitir uma mensuração da contribuição do projeto ao desenvolvimento dos níveis socioeconômicos e educacionais das populações locais também.

Muitas vezes o processo de planejamento do turismo nas cidades tende a ser algo mais simples, ou mesmo inexistente. De acordo com Hardy et al.(2002), é comum que as destinações turísticas seja criadas por empreendedores, empresas privadas ou mesmo pelo governo nacional, e todo o planejamento parte dessa perspectiva serem elaborados pelos mesmo. Ressaltando assim que o ponto crítico destas formas de planejamento é que todos os afetados pelo plano, devem ser efetivamente trazidos para o processo de planejamento, e não incorporados de forma meramente simbólica, pois dessa forma poderão gerar impactos negativos futuramente.

Portanto, o processo de uso e ocupação do solo no Município de Bonito deve ocorrer de forma planejada, ou seja, seguindo diretrizes urbanísticas e de planejamento ambiental e turístico, que possam garantir o máximo de proximidade da dinâmica natural dos sistemas, pois consequentemente evitarão problemas relacionados à redução de vegetação e recursos hídricos, elementos essenciais no uso de recursos para a sustentabilidade dos atrativos comercializados em Bonito. Ainda, as imagens ilustram os atuais impactos ambientais e uma previsão de possíveis impactos futuros ambientais negativos.

5. Conclusão

Podemos considerar que o uso de geotecnologias para a análise das modificações da paisagem, a exemplo do estudo realizado nas imagens de 1984 e 2014. Cabe ressaltar a importância de se levantar os impactos e os riscos ambientais de uma determinada região.

A análise das imagens realizada com o auxílio do software SPRING e ArcGIS, mostrou-se uma importante ferramenta para a avaliação da qualidade ambiental, visto que conseguiu diferenciar as alterações ocorridas no decorrer destas décadas, ou seja, diagnosticar a realidade referente às classes estudadas, cabendo destaque para os atrativos turísticos.

Pode-se verificar visualmente uma grande alteração no uso do solo, com decréscimo de vegetação em geral, corpo hídrico e aumento do solo exposto e da área urbana. A maior pressão sobre a vegetação pode ser explicada levando-se em consideração o fato de investimentos em outras economias (pecuária e agricultura), além do turismo, o que confirma não ser a atividade principal do município.

Ainda, o estudo da multitemporalidade contribuiu para o entendimento do processo de construção e análise da região, ao mesmo tempo em que foi aplicado nesta área escolhida. Assim, este estudo poderá ser utilizado como referência para futuros trabalhos que tenham a intenção de comparar a qualidade ambiental no município, bem como compreender a evolução das atividades implementadas na localidade, visto o objeto turismo não ser a atividade principal, em detrimento de atividades que levam a uma deterioração dos recursos naturais, como a vegetação, os recursos hídricos e o surgimento de solos expostos.

6. Referências Bibliográficas

BARIOULET, H.; VELLAS, F. Checklist for Tourist Projects based on Indicators of Sustainable Tourism.

Groupe Développement, 2000. 21 p.

BEHR, M. F. V. Serra da Bodoquena: história, cultura, natureza. Campo Grande: Free, 2001. 143p.

BOGGIANI, P. C. Ciência, meio ambiente e turismo em Bonito: a combinação que deu certo? In: BANDUCCI, A.; MORETTI, E. C. (Eds.). Qual paraíso: turismo e ambiente em Bonito e no Pantanal. Campo Grande: Chronos, 2001. p. 151-165.

BOGGIANI, P. C.; COIMBRA, A. M.; GESICKI, A. L.; SIAL, A. N.; FERREIRA, V. P.; RIBEIRO, F. B.; FLEXOR, J. M. Tufas Calcárias da Serra da Bodoquena. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN, M. (Edit.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1999. Disponível em: <<http://sigep.cprm.gov.br/sitio034/sitio034.htm>>. Acesso em 05 set. 2015.

FLORENZANO, T. G. Imagens de Satélite para estudos Ambientais. 3 ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2011. 114 p; 115 p.

GLCF. Global Land Cover Facility. Earth Science. Data Interface. 2014. Disponível em: <<http://glcfapp.glc.umd.edu:8080/esdi/index.jsp>>. Acesso em: 15 set. 2014.

HARDY, A.L.; BEETON, R.J.S. & PEARSON, L. Sustainable tourism: na overview of the concept and its position in relation to conceptualization of tourism. *Jornal of Sustainable Tourism*, v. 10, n. 6, p. 475,496, 2002.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manuais técnicos em geociências. 2ed. Rio de Janeiro: IBGE. 2006. n. 7. 91p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Biomas e de Vegetação. Brasília, [Online], 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shtm>>. Acesso em: 09 set. 2014.

PNRH. Plano Nacional de recursos hídricos: prioridades 2015-2015. Brasília: CNRH/CTPNRH, 2011. 120p.

REZENDE, C. F. Ecoturismo como instrumento de desenvolvimento: limites, desafios e potencialidades. 2004. 115p. Dissertação (Mestrado em Administração) -Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SCHOENMAKERS, R. P. H. M.; WILKINSON, G. G.; SCHOUTEN, T. E. Segmentation of remotely-sensed images: a re-definition for operational applications. In: *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 1, 1991, Espoo. Anais... Espoo: IGARSS'91, 3-6, 1991. Digest. Piscataway, IEEE, v.2, p.1087-1090. 1991.

SEMAC/IMASUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente, do Planejamento, da Ciência e Tecnologia e Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. Plano estadual de recursos hídricos de Mato Grosso do Sul: resumo executivo. Campo Grande: Editora UEMS, 2010. 114p.

VARGAS, I. A. A gênese do turismo em Bonito. In: BANDUCCI JÚNIOR, Á.; MORETTI, E. C. (orgs.). Qual paraíso? Turismo e ambiente em Bonito e no Pantanal. São Paulo: Chronos/UFMS, p. 127-149. 2001

XAVIER, L. S. S. Implicações socioambientais do turismo e o Licenciamento na Bacia do Rio Formoso, Bonito, MS. 2011. 110f. Tese Doutorado (Ecologia Aplicada) – Esalq – Centro de Energia Nuclear na Agricultura. Universidade de São Paulo, Piracicaba.



Impactos da inundação do rio Aquidauana (MS) sobre o ambiente e a saúde da população ribeirinha em 2016

Eva Teixeira dos Santos¹
Lenita da Silva Vieira Ximenes¹
Alfredo Aguirre da Paixão¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso do Sul- UFMS/ CPAq- Unidade II
R. Oscar Trindade de Barros, s/n-
792000-000 - Aquidauana, MS - Brasil
eva.teixeira@ufms.br
lenitaximenes@yahoo.com.br
alfredoadp@hotmail.com

Resumo: No ano de 2016, o rio Aquidauana, em Aquidauana/MS, alcançou níveis recordes, sendo classificada como a sétima maior inundação dos últimos quarenta e oito anos. Este trabalho analisou os efeitos desta inundação sobre o ambiente e a saúde da população ribeirinha do município de Aquidauana, a partir da percepção dos mesmos, com auxílio de registro fotográfico. Para o desenvolvimento do trabalho, foi realizado levantamento bibliográfico, além de pesquisa quali-quantitativa. As saídas a campo ocorreram no período de cheia do rio Aquidauana até meados do mês de janeiro de 2016, e nos períodos em que o rio voltava ao seu curso normal no final de janeiro. Constatou-se que 23 famílias ficaram desabrigadas, sendo a maioria acolhidas em casas de familiares ou em escolas da cidade de Aquidauana, localizadas no bairro Guanandy e bem próximas à área afetada pela inundação. Quando perguntado aos moradores a quem eles atribuem à responsabilidade das inundações, alguns afirmaram ser culpa da “Natureza”, outros culparam a “prefeitura”, alguns atribuíram ao “desmatamento” e a “população”. A falta de planejamento urbano na área ribeirinha aumenta o risco de inundações e dessa forma, atinge as residências causando danos materiais e à saúde dos moradores. Além disso, há a perda de móveis, documentos e objetos pessoais. Com relação à saúde da população ribeirinha, de acordo com informações da Estratégia de Saúde da Família, localizada no bairro Guanandy, não houve registro de aumento no número de doenças após a cheia do rio Aquidauana.

Palavras-chave: planejamento urbano, saúde, zoneamento.

Resumen: El año de 2016, el río Aquidauana en Aquidauana/MS, alcanzó niveles récords, siendo clasificada cómo la séptima mayor inundación de los últimos cuarenta y ocho años. Este trabajo analizó los efectos de esta inundación sobre el ambiente y la salud de la población ribereña del municipio de Aquidauana, a partir de la percepción de los mismos, con ayuda de registros fotográficos. Para el desarrollo del trabajo, fue realizado levantamiento bibliográfico, además del investigación cuali-cuantitativa. Las salidas a campo ocurrieron en el período de desbordamiento del río Aquidauana hasta mediados del mês de enero de 2016, y en los períodos en que el río volvía al su cursillo normal al final de enero. Constatouse que 23 familias quedaron desabrigadas, siendo la mayoría acogidas em casa de familiares o en escuelas de la ciudad del Aquidauana, ubicadas en lo barrio Guanandy y bien próximas la área afectada por la inundación. Cuando preguntado a los moradores a quién ellos atribuyen la responsabilidad de las inundaciones, algunos declaran ser culpa de la “Naturaleza”, otros culparán el “ayuntamiento”, algunos atribuyeron la “deforestación” y la “población”. La falta de planificación urbano en la área ribereña aumenta el riesgo de inundaciones y de esa manera, afecta las residência causando daños materiales y en la salud de los moradores. Además de isso, hay la pérdida de muebles, documentos y objetos personales. Con relación a la salud de la población ribereña, de acuerdo con informaciones de la Estrategia de Salud da Família, humbicada en el barrio Guanandy, no hubo registro de aumento en el número de enfermedades después desbordamiento del río Aquidauana.

Palabras clave: planificación urbana, salud, zonificación.

1. Introdução

A área urbana do município de Aquidauana, por ocasião de sua formação em 1892, sofreu grande influência positiva do rio (com o mesmo nome) uma vez que as embarcações traziam mercadorias para a população, além de transportar a produção local, sendo considerada a principal via de integração e acesso a outras regiões (**Figura 1**). Com isso, a ocupação se deu de imediato no entorno de suas margens (Joia; Anunciação, 2013, p. 7).



Fonte: Arquivos Aquidauana Cult (Facebook)

Figura 1. Embarcações e vista aérea da área de ocupação inicial de Aquidauana

Desde então, foi possível observar as transformações ocorridas ao longo de mais de um século de existência, nas adjacências do rio Aquidauana (área ribeirinha), como consequência da ocupação irregular das margens e planícies aluviais, prejudicando a infiltração e favorecendo o escoamento mais veloz para o curso do rio. Com o passar dos anos, houve a expansão da malha urbana e essas áreas foram gradativamente ocupadas, fator que tem contribuído para o aumento da vulnerabilidade socioespacial em época de cheias. Tal ocupação, aliada à ocorrência de desastres naturais que de forma geral, são determinados pela relação homem natureza. Para Kobiyama et al. (2010, p. 1), “[...] desastres naturais resultam das tentativas humanas em dominar a natureza, que, em sua maioria, acabam derrotadas. [...] quando não são aplicadas medidas

para a redução dos efeitos dos desastres, a tendência é aumentar a intensidade, a magnitude e a frequência dos impactos”.

Atualmente, observa-se o aumento do número de registro de desastres naturais em várias regiões do mundo, considerando-se o aumento da população, a ocupação desordenada e o intenso processo de urbanização e industrialização. Além disso, os eventos climáticos como precipitações extremas tem acarretado o aumento da ocorrência e incidência dos desastres naturais (KOBİYAMA et al., 2010).

Dessa forma, os agravantes decorrentes desastres naturais ocasionados por precipitações, de acordo com Joia; Anunciação (2013, p. 8),

[...] são inerentes ao período sazonal de maior precipitação, ocasião em que a população residente em espaço mais próximo ao rio sente-se apreensiva quanto ao risco de inundações. Além disso, existem locais no ambiente urbano em que o terreno apresenta cotas altimétricas mais baixas em relação às vias de circulação, espaços também vulneráveis a alagamentos em períodos de precipitação intensa.

No que se refere aos aspectos conceituais, é preciso entender a diferença entre inundação, enchente (cheia) e alagamentos (**Figura 2**).

Para França; Mendonça (2015, p. 64),

Os desastres naturais de origem pluvial decorrem de eventos pluviais extremos em suas mais diversas escalas têmporo-espaciais. No Brasil, a Defesa Civil diferencia os seguintes tipos de desastres dessa natureza: 1) enchentes e inundações graduais; 2) enxurradas e inundações bruscas; 3) alagamentos; e 4) inundações litorâneas. As definições dessas diferentes tipologias são confusas e até mesmo contraditórias. Popularmente, conceitos cientificamente distintos como enchente (cheia), inundação e alagamento são utilizados de forma indiscriminada.

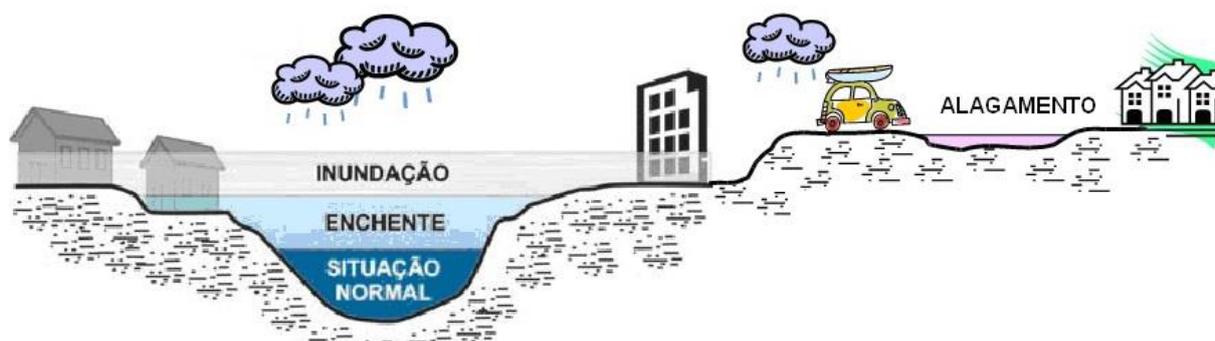


Figura 2 - Enchente, inundação e alagamento

Fonte: Defesa Civil apud França; Mendonça (2015, p. 65)

Desta forma, Kobiyama et al. (2010, p. 45-46), mencionam que:

A inundação, popularmente tratada como enchente, é o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo o transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele. Estas áreas planas próximas aos rios sobre as quais as águas extravasam são chamadas de planícies de inundação. Quando não ocorre o transbordamento, apesar do rio ficar praticamente cheio, tem-se uma enchente e não uma inundação. Por esta razão, no mundo científico, os termos “inundação” e “enchente” devem ser usados com diferenciação.

Atualmente, na área ribeirinha de Aquidauana, vêm aumentando gradativamente a frequência com que ocorrem as inundações e também os prejuízos que elas causam. Isto pode estar associado ao aumento do número e formas de ocupações na planície de inundação, uma vez que as residências dos ribeirinhos estão localizadas em locais inadequados para construção, sofrendo as consequências da vulnerabilidade socioambiental nos períodos de inundação.

Associado a isso, Joia; Anunciação (2013, p. 9), acrescentam alguns fatores que corroboram para que a intensidade, a magnitude e a frequência dos impactos sejam mais aparentes:

A precipitação pluviométrica apresenta grande variabilidade. O maior volume resulta de processos de meso e macro escalas, particularmente de invasões da frente Polar Atlântica, pois a localização da cidade propicia-lhe ser um campo de alternância entre sistemas tropicais e polares. A sazonalidade das chuvas na região mostra maior concentração de precipitação acumulada nos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, que representam o verão, podendo chegar a 49,2% da precipitação média anual. A época com os maiores índices de precipitações pluviométricas corresponde ao período primavera-verão, quando as temperaturas estão mais elevadas, ultrapassando a marca dos 30°C nos meses de fevereiro, março, outubro e dezembro.

Para Nagem (2008, p. 15), “à medida que a ação antrópica desenha as cidades, modifica o sistema de drenagem natural que por consequência intensifica o cenário das inundações”. Ainda segundo Nagem (2008), tais ações, podem ser exemplificadas como à construção em áreas potencialmente alagáveis em conjunto com lançamento irregular de resíduos sólidos e construções de cunho social sem as medidas adequadas.

Segundo Tucci (2002), as enchentes ribeirinhas ocorrem por processos naturais do seu ciclo hidrológico, sendo que seu rio escoar pelo leito maior, quando a população ocupa este leito maior, ou seja, área de risco, os impactos são frequentes, e tem sua ocorrência relacionada à descaso quanto a restrição do uso de loteamento em áreas de risco, invasão de áreas ribeirinhas pertencente ao setor público, e ocupação de áreas de risco médio onde a frequência de ocorrência de cheia é menor.

Ainda Tucci (2002), lembra que os principais impactos a atingir a população ribeirinha são: perdas materiais e humanas; contaminação por doenças de veiculação por meio hídrico, tais como, leptospirose, cólera, dentre outros; e contaminação da água por inundação de depósitos tóxicos, estação de tratamento, etc.

De acordo com Artigas; Loubet; Andrade, (2012, p. 56) os problemas sociais e ambientais refletem diretamente na ocorrência de inundações na área:

A cidade de Aquidauana-MS/ Brasil particularmente retrata um quadro da problemática socioambiental representado nas enchentes e inundações. A evolução gradual das inundações está relacionada ao avanço da urbanização aliado à ineficácia do planejamento urbano. Dentre os fatores que potencializam a ocorrência de inundações destacam-se as impermeabilizações do solo, ocupação desordenada das margens do rio, o aumento do nível do rio Aquidauana, o sistema de drenagem urbana deficitário.

A cidade de Aquidauana sofre com os danos causados com a inundação, sendo que nos últimos anos “moradores que ocupam a borda do rio Aquidauana foi afetada todos os anos, visto que não houve intervalos de recorrência nas inundações, tendo ocorrido somente mudança na espacialidade dos eventos, acarretando magnitudes de intensidade média (2010, 2014), excepcional (2011), pequena (2012) e grande (2013)”. (FERNANDES, 2015, p. 13).

Para o ano de 2016 não foi diferente, quando desde o final do mês de novembro de 2015 ocorreram fortes chuvas nas bacias do rio Taquari, Negro, Taboco, Aquidauana e Miranda. O rio Aquidauana superou a marca de 9 metros, desabrigoando 23 famílias ribeirinhas. O nível mais alto que o rio atingiu foi de 10,07 metros no ano de 2011. Segundo o corpo de bombeiros da cidade o nível normal do rio 2,38 metros. Neste sentido França; Mendonça (2015, p. 65) faz a descrição dos danos causados após o período de cheia, enchente e alagamentos:

Os desastres associados a enchentes, inundações e alagamentos resultam em danos materiais e humanos, a exemplo da destruição de habitações e cultivos; mortes por afogamento (de humanos e animais); comprometimento de serviços essenciais, como saneamento básico, distribuição de energia elétrica, transportes, comunicações; intensificação de acidentes por animais peçonhentos; disseminação de doenças veiculadas pela água e alimentos contaminados (diarreias e hepatite, por exemplo); além da ocorrência de infecções respiratórias agudas .

Segundo Tucci (2008), os principais problemas relacionados com a infraestrutura de água no ambiente urbano são: falta de tratamento de esgoto; implantação de rede de esgoto sem implementação de rede de drenagem urbana; ocupação de leito inundações ribeirinha; impermeabilização e canalização dos rios, assim aumentando a sua vazão de cheia (sete vezes) e sua frequência; e deterioração da qualidade da água por falta de tratamento de seus afluentes e por consequência cria-se potenciais riscos ao abastecimento dessa população.

Nagem (2008), ilustra os impactos da urbanização nas cheias urbanas da seguinte forma: a canalização (aumenta a velocidade do escoamento transferindo a enchente para a jusante); a favelização e o desmatamento (aumenta o número de erosões e assoreamentos dos canais); o lixo (entope as galerias e bueiros, afetando a qualidade da água, e aumentando a propensão a doenças); as construções de pontes e travessias (impedem o escoamento natural principalmente nas enchentes); a impermeabilização (aumentam os picos e as vazões); e a ocupação de várzeas (aumenta o limite das inundações).

Quando ocorre evento de cheia e os níveis da água do canal saem de suas margens, este evento passa a ser uma inundações, esta quando ocorre em área urbanizada, conhecida como área ribeirinha, onde os níveis de infraestrutura e tratamentos sanitários são menores, por conseguinte ocorre a proliferação de doenças favorecidas pelas condições particulares ali ocasionadas.

Segundo Tucci (2008), a poluição dos recursos hídricos brasileiros provoca doenças transportadas por esses recursos e conseqüentemente deterioração do ambiente natural. Ainda sobre doenças, Tucci (2002, p. 7) explica:

As doenças de veiculação hídricas podem ocorrer devido: a) à falta de água segura para o abastecimento da população, que envolve o abastecimento de água. Nesse caso a diarreia é a doença mais comum. [...] b) as doenças que dependem da higiene das pessoas, relacionada com a educação; c) às doenças relacionadas com o ambiente e a disposição da água, como a malária, dengue e esquistossomose, entre outros; d) às doenças relacionadas a inundações como a leptospirose, que é a contaminação da urina do rato na água de inundações.

Embasado nos autores anteriores aqui citados, pode-se dizer que as doenças causadas como consequência das inundações de áreas urbanas (ribeirinhas), são comumente relacionadas à deficiência ou inexistência da infraestrutura governamental e o descaso populacional quanto a condições de higiene (refletindo além das doenças aqui enfatizadas, na qualidade de vida desta população).

2. Objetivo

O objetivo deste estudo foi analisar os efeitos da inundação no ano de 2016 sobre o ambiente e a saúde da população ribeirinha do município de Aquidauana, a partir da percepção dos mesmos, com auxílio de registro fotográfico.

3. Material e Métodos

O município de Aquidauana é um dos maiores do Estado do Mato Grosso do Sul com área 16.957,747 Km², possui uma população 45.614 (IBGE, 2010). Localizada na região Centro-Oeste Aquidauana entre os paralelos 18° 48' 15" e 20° 28' 57" de latitude sul e os meridianos de 54° 55' 45" e 56° 59' 15" de longitude oeste. A região possui duas estações bem distintas: uma seca e a outra chuvosa, com clima subtropical- ameno que variam em médias anuais entre 28°C e 32°C. A temperatura baixa às vezes bruscamente podendo atingir 5°C, durante o verão a temperatura tende a aumentar ficando normalmente entre 35°C e 40°C (Robba, 1992).

Para o desenvolvimento do trabalho, foi realizado levantamento bibliográfico sobre o tema para um melhor embasamento teórico, utilizando livros, artigos, teses e dissertações.

Trata-se de uma pesquisa quali-quantitativa, pois além de pontuar questões respondidas pelos ribeirinhos durante o campo, foram observadas características do local, bem como os danos causados pela inundação do rio Aquidauana. As saídas a campo ocorreram no período de cheia do rio Aquidauana até meados do mês de janeiro de 2016, e nos períodos em que o rio voltava ao seu curso normal no final de janeiro.

O formulário foi elaborado com perguntas abertas e fechadas, relacionadas ao perfil dos entrevistados como: profissão, idade, estado civil, escolaridade e sexo. Também foram perguntadas características ambientais, os motivos pelos quais levaram o morador não aceitar a proposta do poder público municipal para mudar de residência, se durante a enchente perdeu algum objeto, precisou sair da residência, recebeu algum auxílio financeiro do poder público, onde ficou abrigado, número de pessoas que moram na residência e, se teve algum tipo de doença após a cheia.

Para a espacialização dos domicílios com a predisposição em sair da área afetada pela inundação, utilizou-se imagem óptica de alta resolução do satélite GeoEye (escala 1:5000) disponível no ArcGis Online e GPS mobile mapper 100 para coleta dos dados em campo e todo procedimento foi realizada em ambiente ArcMap 10 (ESRI).

4. Resultados e Discussões

De acordo com o IMASUL, a inundação de 2016 foi a sétima maior dos últimos 48 anos, registrando às 17h30min do dia treze de janeiro 9,34m, cujo nível normal do rio Aquidauana é de 2,99m, vindo a baixar gradativamente a partir do dia quatorze de janeiro. No dia vinte e dois de janeiro o poder público municipal decretou estado de emergência após contabilizar os prejuízos com o evento. Com isso, 23 famílias ficaram desabrigadas, sendo que a maioria foi acolhida em casas de familiares ou em escolas da cidade de Aquidauana (Escola Estadual Cândido Mariano e a Escola Municipal Rotary Club), ambas localizadas no bairro guanandy e bem próximas à área afetada pela inundação. O número de famílias atingidas foi bem maior, porém algumas famílias não precisaram deixar a sua residência, pois a água não chegou dentro da casa, deixando muitas famílias ilhadas. As famílias que precisaram se abrigar em outro local, das (28) entrevistadas, (20) deixaram algum parente na residência, pois mesmo as famílias estando em situação vulnerável, ainda existem pessoas que entram nas residências quando estão vazias para roubar os pertences dos moradores.

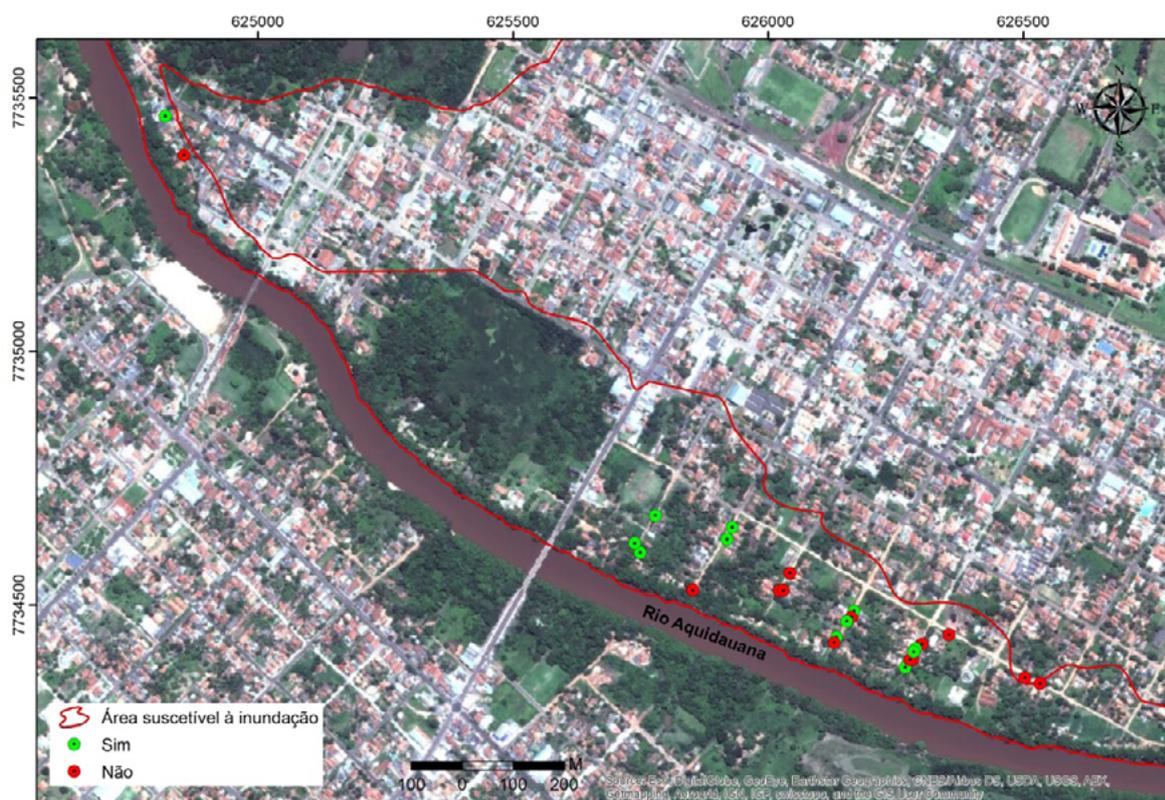


Figura 5. Espacialização da predisposição em deixar a área afetada pela inundação
Organizado: Cunha, E. R. da. (2016).

Pode-se notar que ação da prefeitura não atingiu toda população, desta forma fica claro a importância da implantação de políticas públicas mais eficazes com esta população e “o investimento em planejamento urbano com o objetivo de minimizar os prejuízos como por exemplo o mapeamento e zoneamento dessas áreas de risco com o intuito de impedir que mais residências sejam construídas nesses locais”(Artigas; Loubet; Andrade; 2012, p.62). Assim espera-se que o rio o bem tão importante para a cidade seja protegido, para que as próximas gerações também possam utilizá-lo de forma sustentável.

5. Conclusão

A falta de planejamento urbano na área ribeirinha aumenta o risco de inundações e dessa forma, atingir as residências causando danos materiais e à saúde dos moradores. Além disso, há a perda de móveis, documentos e objetos pessoais. Com relação à saúde da população ribeirinha, de acordo com informações da Estratégia de Saúde da Família, localizada no bairro Guanandy, não houve registro de aumento no número de doenças após a cheia do rio Aquidauana. Mesmo não tendo registro, é notório que no período de estiagem doenças de pele, dengue e zika são comuns entre a população ribeirinha. Porém, muitas vezes os ribeirinhos não procuram os serviços de saúde e tratam as doenças na sua própria residência, com a automedicação, o que não é indicada pelo serviço de saúde, mas infelizmente pela falta de informação ou mesmo facilidade acaba acontecendo.

Em razão da doação de casas no conjunto habitacional não contemplar todos os moradores atingidos pela inundação, ainda existem na área, ribeirinhos que sofreram com a última cheia e que possivelmente permanecerão até o próximo período chuvoso. Desta forma, é necessário

que o poder público implante novas políticas públicas que visem à melhoria da qualidade de vida dos ribeirinhos, visto que esta população vem sofrendo há anos com os efeitos da inundação e, mesmo assim não tem consciência de que a melhor opção seria a locomoção para uma área segura da cidade.

6. Referências

Anunciação, V. S. da; Joia, P. R. Inundações urbanas e vulnerabilidade socioespacial na cidade de Aquidauana. **Geografia** (Londrina), v.22, n.2. p. 05-23, maio/ago. 2013. Disponível em: < <http://goo.gl/6nJVbk>>. Acesso em: 06 jul. 2016.

Anunciação, V. S. da; Silva, J. F. da; Fernandes, E. F. de L.. **Ordenamento e gestão do espaço risco e vulnerabilidade climática na cidade de Aquidauana/MS Brasil**. In: Encontro de Geógrafos de América Latina - EGAL, 2013, Lima. **Anais...** Peru: 2013. p. 1-16. Disponível em: < <http://goo.gl/bOvLju>>. Acesso em: 06 jul. 2016.

Artigas, E. F.; Loubet, E. N.; Andrade, V. S. da A. Inundações e Riscos na cidade de Aquidauana- MS, **Revista Territorium**, nº 19, 2012.

Fernandes, E. F. de L. **Representação socioespacial no baixo curso do Rio Aquidauana: estratégias educativas para gestão de desastres naturais**. 2015.115 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Aquidauana, MS.

França, R. R. da; Mendonça, F. de A. A Cheia Histórica do Rio Madeira no Ano de 2014: Riscos e Impactos à Saúde em Porto Velho (RO). **Hygeia**. 11 (21): 62 - 79, Dez/2015.

IBGE - (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas) Cidades – Aquidauana, Mato Grosso do Sul. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=500110&search=mato-grosso-do-sul|aquidauana>>. Acesso 20 de Junho de 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Arquivos Shapefiles 2015**. Disponível em: <<http://goo.gl/sd6GFo>>. Acesso em 15 de junho. 2016.

Kobiyama, M.; Mendonça, M.; Moreno, D. A.; Marcelino, I.P.V.O; Marcelino, E.V.; Gonçalves, E.F.; Brazetti, L.L.P.; Goerl, R.F.; Mollerli, G.s.f.; Rudorff, F.m. 2006. Prevenção de Desastres Naturais: Conceitos Básicos. Curitiba: Ed. Organic Trading. 109 p. Disponível em < <http://logatti.edu.br/images/prevencaodesastres.pdf>>. Acesso em 09 de julho de 2016.

Nagem, Fernanda Raquel Maximiano. **Avaliação econômica dos prejuízos causados pelas cheias urbanas [Rio de Janeiro]**. 2008, 114 p. 29,7 cm. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.

Prefeitura Municipal de Aquidauana, Lei Complementar 009/2008. Institui o Plano Diretor de Aquidauana, e cria o sistema de planejamento municipal e dá outras providências. **Jornal Notícias do Estado**, Aquidauana 30 abr. 2008, 36p.

Robba, C. **Aquidauana: ontem e hoje**. Campo Grande, MS: Tribunal de Justiça de Mato Grosso do Sul, 1992. 147 p.

Tucci, Carlos E. M. Águas Urbanas, **Revista Estudos Avançados** 22 (63), 2008
_____. Gerenciamento da drenagem urbana. **RBRH- Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, volume 7, nº1 Jan/Mar 2002, 5- 27.



Análise das paisagens observadas a partir da orla do Rio Paraguai na cidade pantaneira de Cáceres/MT: uma contribuição para o turismo local

Marcela de Almeida Silva ¹
Miriam Raquel da Silva Miranda ¹
Sandra Mara Alves da Silva Neves ¹
Ronaldo José Neves (*In memoriam*) ¹

¹ Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT
Av. Santos Dumont, s/n - Bairro Santos Dumont
78200-000 - Cáceres/MT, Brasil
{marcellaalsi, miriamraquel18}@gmail.com
{ssneves, rjneves}@unemat.br

Resumo. A paisagem é considerada para o turismo um dos aspectos básicos para o desenvolvimento da atividade, somada a outros elementos em um determinado lugar atua como fator motivacional da demanda. Nesse sentido, neste trabalho objetivou-se investigar a qualidade visual das paisagens turística do rio Paraguai da cidade pantaneira de Cáceres/MT, considerando os indicadores de qualidade visual, com vista a subsidiar o processo de planejamento para a qualificação turística, bem como para o desenvolvimento do turismo local. Realizou-se pesquisa bibliográfica e de campo; em laboratório fez-se análise de indicadores de qualidade visual de paisagem (diversidade, naturalidade, singularidade e detratores); constituiu-se um BDG e gerou-se mapas temáticos (localização e identificação dos locais de observação) e para melhor descrição dos resultados utilizou-se a estatística descritiva. Das paisagens analisadas 60% apresentaram qualidade visual média; 30% superior e 10% inferior. A análise visual da paisagem de Cáceres mostrou-se uma ferramenta útil, portanto concluiu-se que os indicadores aferidos contribuem para o planejamento da qualificação turística e o desenvolvimento do turismo local.

Palavras-chave: destino turístico, geotecnologias, indicadores de qualidade visual, planejamento, cidade no Pantanal - Mato Grosso.

Abstract. The landscape is considered for tourism one of the basic aspects for the development of the activity, added to other elements in a given place acts as motivational factor of demand. In this sense, this work aimed to investigate the visual quality of the tourist landscapes of the River Paraguay Pantanal of Cáceres city/MT, considering the visual quality indicators, in order to subsidize the planning process for the tourist as well as for the development of local tourism. Bibliographical research was conducted and field; in the laboratory there was analysis of visual quality of landscape indicators (diversity, naturalness, singularity and detractors); has a BDG and share thematic maps (location and identification of locations of observation) and to better describe the results we used the descriptive statistics. Of the analyzed 60% presented visual quality average; 30% presented higher and 10% presented lower. The visual analysis of the landscape of Cáceres was shown to be a useful tool, therefore it was concluded that the measured indicators contribute to the planning of tourism qualification and the development of local tourism.

Key-words: tourist destination, geotechnology, visual quality, planning, city in the Pantanal-Mato Grosso.

1. Introdução

A paisagem é resultante de um processo de acúmulo contínuo no espaço e no tempo, que compõe e resulta de um mosaico de tempos e objetos datados, formador de um conjunto de formas e funções em constante transformação visíveis, que indicam uma nova estrutura espacial, com princípios, invisível e resultam sempre da união da paisagem com a sociedade (Santos, 1997) e retratam o sentido da relação de uma sociedade com o espaço e com a natureza (Berque, 1998).

Segundo Pereira et al. (2012) a paisagem é elementarmente cultural, constituída por elementos que a colocam como portadora de diferentes valores, conferindo-lhe interesse patrimonial, sendo que a noção de patrimônio está vinculada a três categorias: tempo, espaço e valor. Assim, a paisagem preserva e testemunha dados de épocas passadas, sob os pontos de vista arqueológico, geológico e paleontológico e, por isso, qualquer marca que o homem insira na paisagem significa uma transformação para sempre, um novo significado e um valor patrimonial diferente.

Cruz (2003) ressalta que a atividade turística enquanto uma atividade socioeconômica e espacial tem a possibilidade de criar e recriar espaços de acordo com o interesse de agentes envolvidos, sendo esta atividade a principal prática social que consome elementarmente o espaço construído ou natural. Em outras palavras, Pereira et al. (2012) afirmaram que a paisagem de um lugar está diretamente relacionada com o turismo, exercendo influência direta na percepção individual de quem observa esta paisagem tornando-se um atrativo turístico de grande amplitude, pois é a sincronia entre natural e cultural.

As geotecnologias vêm ganhando destaque em estudos multidisciplinares, por agregarem ferramentas que operacionalizam técnicas que manipulam e integram uma diversidade de dados. Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), exemplo de um tipo de geotecnologias, por sua vez permite a aquisição de dados, mapeamentos, combinação de informações, bem como realização de análises espaciais.

Nos estudos turísticos as geotecnologias auxiliam na espacialização de informações, bem como, na visitação turística (Matias, 2010). Assim no estudo da paisagem, como indicador para o desenvolvimento da atividade turística, estas tornam-se uma ferramenta fundamental para o seu planejamento, uma vez que permite e facilita a análise, gestão ou representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem.

O presente estudo foi desenvolvido na cidade de Cáceres tendo como álibi temático, os aspectos que envolvem a cidade, que foi fundada em 06 de outubro de 1778, como posto de fiscalização do ouro das minas do rio Cuiabá. Sua base econômica pauta-se na agropecuária e destaca-se no cenário nacional pelo turismo de pesca, com a realização do Festival Internacional de Pesca Esportiva - FIPE.

Neves et al. (2009) ao estudar o turismo no Pantanal de Cáceres verificaram que no município a atividade turística estruturada se detém apenas ao corredor fluvial do Rio Paraguai. Porém, vale ressaltar, que o município possui outros atrativos com potenciais para o desenvolvimento turístico, podendo citar as diversas paisagens ao longo do rio Paraguai, seu centro histórico e a Província Serrana (Silva et al., 2010).

Cáceres faz parte dos 65 municípios indutores do turismo, que é um plano nacional estratégico do Governo Federal, realizado pela Fundação Getúlio Vargas para o desenvolvimento da competitividade de destinos turísticos (FGV/MTUR, 2010). Em 2010, o Instituto do Patrimônio Histórico Artístico Nacional - IPHAN conferiu o tombamento do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico, ampliando o perímetro do Centro Histórico de Cáceres e seu entorno, tombado em 2002, pelo estado de Mato Grosso. Em 2012, a cidade recebeu o título de patrimônio cultural brasileiro (BRASIL, 2012).

2. Objetivo

Investigar a qualidade visual das paisagens turística do rio Paraguai na cidade pantaneira de Cáceres/MT, considerando os indicadores de qualidade visual, com vista a subsidiar o processo de planejamento para a qualificação turística, bem como para o desenvolvimento do turismo local.

3. Material e Métodos

3.1 Área de estudo

O município de Cáceres situa-se na região sudoeste de planejamento do estado de Mato Grosso (Mato Grosso, 2012), sendo que sua sede dista 215 km, via BR 070, da capital - Cuiabá (**Figura 1**). A área territorial urbana é de 68,95 km², distribuída em 43 bairros (Cochev et al., 2010), em que vivem 87.942 habitantes, correspondendo a 3,61 hab/km² (IBGE, 2016). No segmento urbano este estudo foi desenvolvido na orla do rio Paraguai, cuja extensão totaliza 7,365 Km.



Figura 1. Município de Cáceres e sua sede urbana/MT.

Fonte: os autores (2016).

Cáceres desempenha a função de polo regional nas áreas de saúde, educação superior e prestação de serviços, embora sua economia seja sustentada pela atividade pecuária. Para Neves (2008) e Neves (2009) em Cáceres há o predomínio do ambiente pantaneiro ocupando 57,08% da extensão territorial municipal, sendo 50,70% (12.371 Km²) referente ao Pantanal de Cáceres e 6,38% (1.556,02 Km²) do Pantanal de Poconé, o que o configura como o principal sistema ambiental e confere uma singularidade ao município. Não menos importante, ocorre a Província Serrana, situada na porção nordeste municipal, sendo recoberta por vegetação de Cerrado, nas serras; e pastagens, que ocupam os seus vales.

O clima é o Tropical, com duas estações definidas, uma chuvosa de novembro a abril e uma seca de maio a outubro. A pluviosidade média 1.335 mm/ano. A média anual das temperaturas máximas e mínimas é de 32°C e 21°C, respectivamente. Sendo que as máximas diárias durante a primavera podem ultrapassar 41°C, e no inverno a mínima pode cair até aproximadamente -1°C (Neves et al., 2011).

3.2 Procedimentos metodológicos

Esta pesquisa utilizou como referencial a proposta de Pires (2005) com adaptações, que propõe critérios para avaliação da qualidade visual da paisagem por meio de indicadores (**Quadro 1**), decompostos por variáveis, que possibilitam a sua classificação.

Quadro 1. Critérios de análise da qualidade visual da paisagem.

1. DIVERSIDADE				
Componentes	Elementos visuais	Nível		
		Grande (peso 6)	Moderado (peso 3)	Pouco (peso 1)
Relevo	Forma			
Vegetação	Nativo			
	Exótica			
Água	Cor/Tonalidade			
Atividades Humanas	Forma/ Função			
	Estrutura			
	Processo			
Subtotal (nº de ocorrência x peso)				
Somatório				
Escala de Classificação	De 22 a 42 - Alta diversidade		Classificação	
	De 11 a 21 – Média diversidade			
	Até 10 - Baixa diversidade			
2. NATURALIDADE				
Classes	Gradiente de modificação da paisagem natural			
Superior	Paisagem natural sem alterações visíveis. Paisagem natural pouco alterada. Paisagem predominantemente natural com alterações pequenas e moderadas.			
Média	Paisagem tipicamente rural ou com pouca intervenção humana. Paisagem urbana/Periurbana com entorno predominantemente natural. Paisagem periurbana misturada com elementos de paisagem rural. Paisagem urbana/periurbana com presença de elementos naturais ou expressiva presença de áreas verdes em seu entorno.			
Inferior	Paisagem urbana com poucos elementos naturais ou áreas verdes.			
3. SINGULARIDADE				
Classes	Gradiente de Modificação da Paisagem Natural			
Grande	Grande potencial de atratividade turística (nível nacional e internacional)			
Razoável	Razoável potencial de atratividade turística (nível estadual e regional)			
Limitada	Limitado potencial de atratividade turística (nível municipal e estadual)			

4. DETRATORES	
Classes	Gradiente de modificação da paisagem natural
Pouca	Pequena intrusão (pouca artificialização e distanciamento das condições naturais da paisagem)
Média	Média intrusão (Média artificialização e distanciamento das condições naturais da paisagem)
Grande	Grande intrusão (Grande artificialização e distanciamento das condições naturais da paisagem)
5. CLASSIFICAÇÃO DA QUALIDADE VISUAL DA PAISAGEM	
Classes	Parâmetros de Enquadramento
Qualidade visual superior	A. Níveis superiores de diversidade e naturalidade. B. Com singularidade grande e razoável. C. Ausência de detratores, ou no máximo, pequeno detrator. D. Nível superior de diversidade e médio-superior de naturalidade. E. Com singularidade limitada a razoável. F. Ausência de detratores, ou no máximo, pequenos detratores.
Qualidade visual média	A. Níveis médios de diversidade e naturalidade. B. Baixa singularidade. C. Presença de pequenos e médios detratores. D. Média diversidade. E. Naturalidade média. F. Presença de médio (s) detrator (es).
Qualidade visual inferior	A. Níveis inferiores de naturalidade. B. Níveis inferiores de naturalidade e diversidade. C. Pouca e/ou sem singularidade. D. Presença de médio (s) e grande (s) detrator (es). F. Pouca relevância.

Na pesquisa de campo utilizou-se uma ficha de campo contendo as seguintes informações: ponto de observação, coordenadas, paisagem observada e número das fotografias. Coletou-se as coordenadas geográficas, com o DGPS (*Differential Global Positioning System*) e realizou-se o registro fotográfico dos pontos observação.

Para a seleção dos lugares para pontos de registro fotográfico foram considerados os seguintes aspectos: a) Pontos relevantes para observação da paisagem (mirantes naturais ou construídos); b) Locais preferenciais ou potenciais de concentração dos turistas e demais usuários da paisagem; e c) Os locais onde estão os atrativos turísticos, desde que permitam vistas abertas ou panorâmicas.

No laboratório os dados coletados e as informações geradas foram organizados no Sistema de Informação Geográfica ArcGIS, versão 10.4 (ESRI, 2016) e gerado o mapa temático, por meio da sobreposição de planos de informações (PI's) e plotagem das coordenadas dos pontos, obtidos via DGPS, para identificação dos locais de observação.

Visando possibilitar a continuidade dos trabalhos e a geração representações cartográficas optou-se pela modelagem e construção de um Banco de Dados Geográficos (BDG).

Utilizou-se ainda estatística descritiva como técnica para análise dos resultados, assim como a pesquisa bibliográfica (Lakatos e Marconi, 2010) para tecer a discussão dos resultados obtidos.

4. A diversidade, a naturalidade, a singularidade e os detratores da paisagem da Orla do rio Paraguai em Cáceres

Foram selecionados 10 pontos de observação, considerando os diversos aspectos que fazem parte do rol de atrativos naturais, históricos e turísticos possíveis de serem observados a partir dada orla do rio Paraguai, principal local urbano de visitação turística da cidade pantaneira de Cáceres/MT (**Figura 2**).

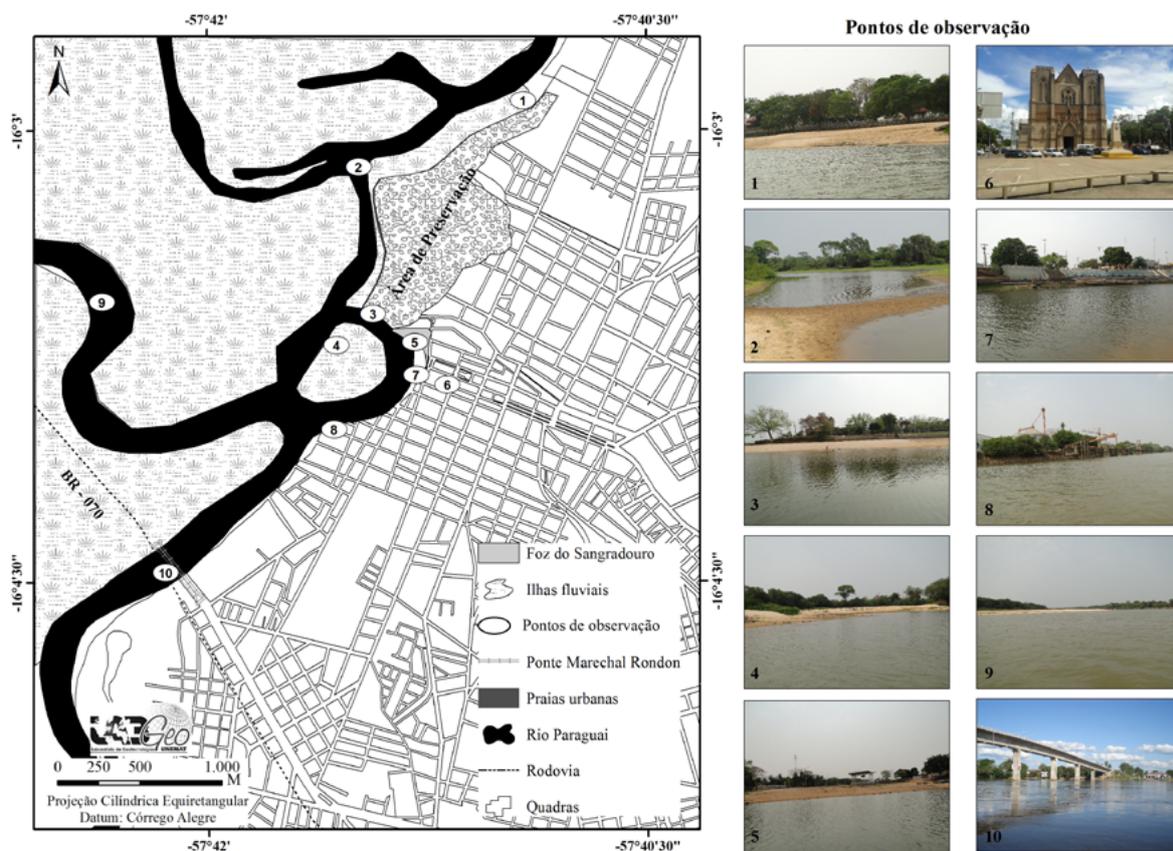


Figura 2. Pontos de observação e análise da paisagem: 1- Praia do Sesi Clube; 2- Baía Comprida; 3- Praia do Daveron/Sicmatur; 4- Ilha Castrillon; 5- Praça de Eventos/ Foz do Sangradouro; 6- Praça Barão/ Ícones do Conjunto tombado; 7- Cais da Praça Barão do Rio Branco; 8- Porto Seval; 9- Praia do Julião; e 10- Ponte Marechal Rondon. Fonte: os autores (2016)

Constatou-se que das 10 paisagens analisadas, 60% apresentaram qualidade visual média; 30% superior e 10% inferior. Na **Tabela 1** estão apresentadas as análises da qualidade visual feitas com base nos indicadores e variáveis de cada um dos pontos.

Tabela 1. Análise da qualidade visual da paisagem

Nº da Fotografia/ Locais	Indicadores				
	Diversidade	Naturalidade	Singularidade	Detratores	Qualidade Visual
1. Praia do Sesi Clube	Média	Média	Limitada	Grande	Média
2. Baía Comprida	Alta	Superior	Razoável	Pouca	Superior
3. Praia do Daveron/ Sicmatur	Alta	Superior	Razoável	Média	Média
4. Ilha Castrillon	Alta	Superior	Razoável	Pouca	Superior
5. Praça de Eventos/ Foz do Sangradouro	Média	Média	Limitada	Grande	Média
6. Praça Barão/ Con- junto Tombado	Média	Média	Grande	Grande	Média
7. Cais da Praça Ba- rão do Rio Branco	Alta	Média	Grande	Grande	Média
8. Porto Seval	Inferior	Inferior	Limitada	Grande	Inferior
9. Praia do Julião	Alta	Superior	Razoável	Média	Superior
10. Ponte Marechal Rondon	Alta	Média	Grande	Grande	Média

Fonte dos dados: Gerado pela pesquisa (2016).

Os lugares com índice de qualidade visual médio são os que possuem interferência da atividade humana em seu entorno, entretanto conservam vários aspectos naturais. Henz e Oliveira (2010) destacaram que a paisagem urbana influencia direta na percepção individual do observador, portanto torna-se um atrativo turístico de grande amplitude. Assim, algumas cidades reorganizam-se para produzir paisagens que sejam atrativas tanto para o consumo como para o lazer, adaptando a paisagem natural em características contemporâneas, tornando o espaço uma mescla de atrativos naturais e construídos, apresentando então toda dinâmica da paisagem urbana.

A média e alta qualidade visual das paisagens observadas a partir da orla do rio Paraguai em Cáceres estão relacionadas principalmente aos fatores naturais, histórico e de diversidade de elementos. As paisagens que apresentaram qualidade média e inferior ocorrem, principalmente, devido à presença de médios e grandes detratores e não necessariamente pela ausência de demais indicadores (diversidade, naturalidade e singularidade).

No que tange a diversidade, 6 paisagens foram classificadas com diversidade alta, sendo estas as identificadas com os algarismos 2, 3, 4, 7, 9 e 10; três paisagens com diversidade média: 1, 5 e 6 e apenas a paisagem 8 foi classificada com diversidade baixa. Para Pires (2005) essas paisagens expressam variedade paisagística existente num determinado espaço territorial e abrangem aspectos que atraem a visitação, conferido pelo conjunto de elementos naturais que podem ser explorados turisticamente e que lhe garantem relevante beleza natural.

A diversidade identificada a partir da orla do rio Paraguai em Cáceres pode ser atribuída à possibilidade de contemplação da fauna e flora e do nascer e pôr-do-sol, assim esse ambiente se constitui um elemento base para existência e também pela própria manutenção da atividade turística (Pires, 2005).

Quanto à naturalidade das paisagens, a 1, 5, 6, 7 e 10 foram classificadas com média e correspondem a 50%; as paisagens 2, 3, 4 e 9 foram classificadas com naturalidade alta, correspondendo a 40%; apenas a paisagem de número 8 foi classificada com naturalidade inferior baixa, perfazendo 10%. A naturalidade é representada, sobretudo, pelos componentes ambientais da paisagem: vegetação, rio, fauna, flora e etc., a qual resulta de um processo interativo entre os fatores do meio físico. Assim, quando há remanescente de formações originais com pouca ou nenhuma alteração, representa um grau de equilíbrio ecológico do ambiente, a valorização pelo aspecto de naturalidade que empresta à paisagem é expressa pela ausência ou pela insignificância de elementos ou estruturas de origem humana em uma área (Soares; Medeiros; Sales Filho, 2013).

As paisagens que tiveram o indicador razoável de singularidade foram as de número 2, 3, 4 e 9, correspondendo a 40%; o indicador grande correspondeu 30%, sendo representando pelas paisagens 6, 7 e 10; as paisagens 1, 5 e 8 foram classificadas como limitada e corresponderam a 30%. Desse modo, Pereira, Oliveira e Anjo (2010) destacaram que as características físicas de paisagens turísticas, assumem num primeiro momento, a materialização da forma da cidade com seus aspectos e historicidade. Uma cidade é uma organização mutável e polivalente, um espaço com muitas funções, construída por muitas mãos num período de tempo com objetivos primários, de forma um tanto quanto descompromissada e adaptável e que se constitui na atualidade às percepções de seus cidadãos e outros objetivos.

No indicador detratores, que versa sobre o distanciamento da forma natural as paisagens, as que tiveram classificação grande foram as de número 1, 5, 6, 7, 8 e 10, correspondendo a 60%; as médias corresponderam 20%, sendo representando pelas paisagens 3 e 9; as paisagens 2 e 4 foram classificadas como pouca e corresponderam 20%.

Embora 6 paisagens apresentassem grande artificialização, o trecho que corresponde à paisagem 8 (Porto da Seval) apresentou a qualidade visual inferior, em relação às demais paisagens.

Silva e Souza (2012) em estudo verificaram que a margem do Rio Paraguai, em Cáceres passou por muitas transformações e atualmente devido à forma de ocupação (residências, ruas, comércio, indústrias, ancoradouros e área portuária) está ocorrendo o aceleramento do processo de assoreamento da margem.

Mesmo assim, a existência do rio Paraguai somado a outros fatores físico-naturais, históricos e socioculturais imprimem relevante beleza paisagística à Cáceres. Contudo, mesmo que alguns pontos (1, 5, 6, 7, 8 e 9) apresentem grandes detratores, em todos os 10 pontos de observação analisados é possível o avistamento, com possibilidade de registro fotográfico de exemplares da fauna e flora pantaneira (jacaré, capivara, ariranha, tuiuiú, colhereiro, piúvas, camalote-da-meia-noite, etc.).

Nesse sentido, Sudré (2012) destaca em seu estudo sobre o turismo no rio Paraguai, Pantanal de Cáceres, que os turistas ficam por mais de uma semana, e suas preferências são por lugares que apresentam fauna e flora diferenciada, com destaque para as aves e os ninhais; os peixes, a capivara, o tuiuiú e o jacaré; são mencionados ainda os corixos, lagos, a mata ciliar, a vitória-régia entre outras.

Da mesma forma, conhecer a qualidade visual das paisagens turísticas, relacionadas às dinâmicas ambientais e sociais dos lugares onde estão inseridas, pode contribuir no planejamento e gestão da atividade em destinos turísticos, bem como, para o uso sustentável e equilibrado dessas paisagens pela prática turística (Losso, 2010; Lynch, 1997).

Por fim, constatou-se que a alta e média qualidade visual das paisagens dá-se graças à naturalidade e diversidade, associada à singularidade de alguns elementos naturais e paisagísticos, conferida pela biodiversidade do Pantanal.

5. Conclusões

A análise visual da paisagem, através da metodologia utilizada constitui uma ferramenta útil para análise da qualidade visual da paisagem em destinações turísticas de modo geral, bem como de cidades pantaneiras, neste caso, apresenta-se o caso da urbe de Cáceres que possui alta potencialidade e mecanismos para atrair turista/visitantes.

Conclui-se que os detratores encontrados contribuem para perda da qualidade visual da paisagem do rio Paraguai e da cidade, o que pode afetar o fluxo turístico. Esses problemas podem estar relacionados direta ou indiretamente com ausência de políticas públicas de planejamento urbano e ambiental em âmbito local ou a não cumprimento do planejamento e as legislações vigentes.

6. Agradecimentos

Este estudo contou com auspícios financeiros advindos da Coordenação do “Núcleo de Extensão em Desenvolvimento Territorial da Grande Cáceres”, por meio de bolsa de extensão EXP - B do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, edital CNPq/MDA/SPM/SPM - PR nº 11/2014.

E de recursos financeiros do projeto de extensão “Atividades extrativista e turística: perspectivas para geração de renda através de produtos e serviços na agricultura familiar na região Sudoeste mato-grossense de planejamento”, no âmbito do Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura familiar - PADA, na região Sudoeste mato-grossense de planejamento desenvolvido, aprovado no edital Proext 2014 - MEC/SESu.

7. Referências

- Berque, A. Paisagem-marca, paisagem-matriz: elementos da problemática para uma geografia cultural. In: Corrêa, R. L.; Rosendahl, Z. **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 1998. p. 84-91.
- Boullón, R. C. **Planejamento do espaço turístico**. Bauru, SP: EDUSC, 2002.
- Brasil. Portaria do Ministério da Cultura nº 85, de 22 de junho de 2012. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, [26 jun. 2012. Seção 1, n. 122, p. 23]. - Homologa o tombamento do Conjunto Arquitetônico, Urbanístico e Paisagístico da cidade de Cáceres, Município de Cáceres, Estado do Mato Grosso, a que se refere o Processo nº 1.542-T-07 (01450.003851/2007-53). Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/38187019/dou-secao-1-26-06-2012-pg-23>. Acesso em: 27 mai. 2016.
- Cochev, J. S.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J. Espaço urbano de Cáceres/MT analisado a partir de imagens de sensoriamento remoto e SIG. **Revista GeoPantanal**, v. 5, n. 9, p. 145-160, 2010.
- Cruz, R. **Introdução à Geografia do Turismo**. 2 ed. São Paulo: Roca, 2003.
- Cunha, L. O processo de desenvolvimento do turismo português: coerências e incoerências. In: Cavaco, C. (coord.). **Turismo, inovação e desenvolvimento**. Actas do I Seminário Turismo e Planeamento do Território. Centro de Estudos Geográficos, Lisboa, Portugal, 2008. p. 189-208.
- Esri. **ArcGis advanced**: release 10.4. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2016.
- Fundação Getúlio Vargas/Ministério do Turismo. **Índice de competitividade do turismo nacional 65 destinos indutores do desenvolvimento turístico regional**. 2011. Disponível em: http://www.turismo.gov.br/sites/default/turismo/o_ministerio/publicacoes/Indice_competitividade/2011/Caceres_Relatorioanalitico2011.pdf. Acesso em: 15 mai. 2016.
- Henz, A. P.; Oliveira, J. P. A Paisagem como potencial turístico de Foz do Iguaçu: Um estudo exploratório da paisagem do Parque Nacional do Iguaçu e da Usina Hidrelétrica de Itaipu. **Revista Turismo Visão e Ação - eletrônica**, v. 12, n. 2, p.172-183, mai./ago. 2010.
- Ibge. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=51&dados=0>. Acessado em: 27 mai. 2016.
- Lakatos, E. M.; Marconi, M. A. **Fundamentos da metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- Losso, F. B. O potencial turístico na paisagem natural e urbana: notas sobre o município de Urubici - SC. In: Seminário de Pesquisa em Turismo do Mercosul: Turismo e Paisagem: Interfaces, 7., 2010, Caxias do Sul. **Anais...** Caxias do Sul - RS: Universidade de Caxias do Sul, 2010. p. 1-16.
- Lynch, K. **A imagem da cidade**. São Paulo: Martins Fontes. 1997.
- Matias, L. F. Geotecnologias e patrimônio arquitetônico: potencialidades no mapeamento e análise para fins turísticos. In: Paes, M. T. D.; Oliveira, M. R. S. (Orgs.). **Geografia, turismo e patrimônio cultural**. São Paulo: Annablume, 2010. cap. 3, p. 81-111.
- Mato Grosso (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Plano de Longo Prazo de Mato Grosso: macro-objetivos, metas globais, eixos estratégicos e linhas estruturantes. In: Prado, J. G. B.; Bertchieli, R.; Oliveira, L. G. (Orgs.). **Plano de Longo Prazo de Mato Grosso**. Cuiabá/MT: Central de Texto, 2012. 108 p. Disponível em: <http://www.seplan.mt.gov.br/mt20/mt20.htm>. Acesso em: 22 abr. 2016.
- Neves, R. J. **Modelagem e implementação de atlas geográficos municipais**: estudo de caso do município de Cáceres/MT. 179 f. Tese (Doutorado). Programa de pós-graduação em Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.
- Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J. Caracterização espacial da área de Pantanal no município de Cáceres/MT - Brasil. In: Semana de Geografia da Unemat: a Geografia a serviço da sociedade mato-grossense, 10., 2009, Cáceres. **Anais...** Cáceres - MT: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2009. p. 460-466.
- Neves, S. M. A. S.; Nunes, M. C. M.; Neves, R. J. Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT - Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídio às atividades agropecuárias e turísticas municipais. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, GO, v. 31, n. 2, p. 55-68, 2011.
- Pereira, M. L.; Oliveira, J. P.; Anjos, F. A. A Paisagem Urbana como Atrativo Turístico: um Estudo da Paisagem

Edificada de Pelotas - RS. In: Seminário de pesquisa em turismo do Mercosul: turismo e paisagem: relação complexa, 7., 2010, Caxias do Sul. **Anais...** Caxias do Sul - RS: Universidade de Caxias do Sul, 2010. p. 1-15.

Pires, P. S. A análise de indicadores da qualidade visual como etapa da caracterização de paisagens turísticas: uma aplicação no distrito-sede de Porto Belo-SC. **Turismo: visão e ação**. Balneário Camburiú, n. 3, v. 7, p. 417-426, set./dez. 2005.

Santos, M. **Pensando o espaço do homem**. 4. ed. São Paulo: Hucitec, 1997.

Silva, M. A.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; Campos, J. M. Sistema de informação geográfica e banco de dados geográficos como ferramentas para elaboração de percurso turístico no centro histórico de Cáceres, MT, Brasil. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 3., 2010, Cáceres. **Anais...** Cáceres - MT: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2010. p. 993 -998.

Silva, R. V.; Souza, C. A. Ocupação e degradação na margem do Rio Paraguai em Cáceres, Mato Grosso. **G&DR**, Taubaté, SP, v. 8, n. 1, p. 125-152, jan./abr. 2012.

Soares, I. A.; Medeiros, C. S. C.; Sales Filho, A. Análise de paisagens turísticas da praia de Jenipabu (RN) com a utilização de indicadores de qualidade visual: uma contribuição para o turismo sustentável. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 14, n. 45, p. 110-124, mar. 2013.

Sudré, S. G. S. **Caracterização do turismo dos barcos-hotéis de Cáceres, no rio Paraguai, Pantanal Mato-Grossense, Brasil**. 2012. 152 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Cáceres/MT, 2012.



O Turismo e os Impactos Ambientais na Ilha de Cotijuba (Belém – PA)

Kelly Aragão do Amaral¹
Ingridis Carolina de Araújo Corrêa¹
Jean Ferreira da Silva¹
Michele Texeira Moutinho¹
Moisés Alberto Evelyn Pereira Tome¹
Wellington Wagner Nunes de Abreu¹
Paula Maria de Melo Menezes¹
Arian Ferreira Carneiro¹
Thamyres Marques da Silva¹

¹Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
Caixa Postal 917 - 066077-530 - Belém, PA, Brasil
{amaralkelly93, ingridiscorrea, well.abreu98, thamyresmsilva12, paulamariamenezes}@
gmail.com
{jean.ferreira1, michelemoutinho}@hotmail.com
{moisestome, arianferreira123}@live.com

Resumo: Sendo o turismo uma atividade em constante crescimento, principalmente em regiões costeiras, o presente trabalho tem como principal objetivo a discussão de impactos ambientais ocasionados em razão deste na Ilha de Cotijuba, no estado do Pará. Para alcançar esta finalidade, foi realizado um estudo, o qual teve início em revisões bibliográficas envolvendo os temas: turismo, histórico da ilha, degradações ambientais e o uso de softwares nesse contexto. Posterior a isso, a perquirição foi em campo, onde foi realizada uma abordagem metodológica quantitativa. A Praia do Vai-Quem-Quer foi escolhida como foco do trabalho, pois é a mais procurada pelos visitantes. Os resultados obtidos mostram uma forte ligação do crescimento turístico com as áreas degradadas. O sensoriamento remoto, pois, é uma importante ferramenta que auxilia na identificação, bem como no controle dessas áreas deterioradas. Constata-se, como causa, a ausência de fiscalização sob as ocupações irregulares, uma falta de planejamento sustentável visto a construção de pousadas e casas de veraneio nas regiões de matas ciliares e um descaso quanto a educação ambiental tanto por moradores quanto pelos visitantes.

Palavra-Chave: Cotijuba, impactos ambientais, turismo, geotecnologias.

Abstract: Since tourism is an activity in constant growth, especially in coastal regions, this work has as main objective the discussion of environmental impacts caused due to this in Cotijuba Island, in the state of Pará. To achieve this objective was conducted a study, starting from literature reviews involving the themes, tourism, island history, environmental degradation and the use of software in this context, followed by a field of study, where a quantitative approach was carried out. For this the Beach Go-Who-Wants was chosen as the focus of the work, to be the most sought after by visitors. The results show a strong link of the tourism growth in degraded areas. Where remote sensing is an important tool that assists in identifying and so control of these degraded areas. It appears to cause the lack of supervision under the illegal occupation, a lack of sustainable planning seen the construction of lodges and summer homes in the regions of streamside zones and a lack of concern for environmental education both by locals as by visitors.

Key-Word: Cotijuba, environmental impacts, tourism, geotechnology.

1. Introdução

A ocupação da Amazônia caracterizou-se por um processo insular, coincidindo sua vegetação exuberante e sua densa rede hídrica. Assim, formaram-se as grandes cidades e as vidas ribeirinhas.

Este artigo trata as transições ambientais naturais como consequência direta do turismo, fator diretamente ligado à procura dessas áreas como local de lazer. Nesta ínsula, foi observada a falta de planejamento quanto aos impactos gerados pela atividade turística. Neste âmbito, a Ilha de Cotijuba, apresenta-se como local de estudo promissor, pois seu desenvolvimento turístico repercutiu diretamente a ocupações desiguais e consequentes mutações, visto que a mesma é uma área de proteção ambiental.

Os dados obtidos em campo mostram realidades alarmantes e correspondentes ao desenvolvimento do turismo na ilha. Com enfoque nas ocupações irregulares e desmatamentos, os quais estão diretamente ligados a erosões, falésias e perda da biodiversidade local, percebeu-se ainda a carência de atividades voltadas a educação ambiental e conscientização de moradores e visitantes, promovendo um desenvolvimento desordenado nas atividades ludambulistas, a margem de qualquer preocupação alheia.

1.1 Localização da Ilha

Belém, capital do Estado Pará, fundada em 1616, possui atualmente cerca de 1.279.861 habitantes (CENSO 2000/IBGE) e a porção insular composta por 39 ilhas, dentre elas a Ilha de Cotijuba.

Cotijuba, que no tupi-guarani, significa caminho dourado ou trilha dourada. Localiza-se geograficamente entre o arquipélago do Marajó e as ilhas de Jutuba e Paquetá. Tem limitação ao norte pela baía do Marajó e ao sul pelo furo do Mamão, apresentando formato alongado, a 9 km de distância do distrito de Icoaraci e 33 km do centro de Belém. Está localizada nas coordenadas 1°14'51.44"S e 48°32'47.14"O. A ilha está vinculada ao Distrito Administrativo de Outeiro (DAOUT), regida pelo Lei Municipal de nº 7.682 de 1995.

Em 1990 – dada a Lei Municipal – a ilha, foi transformada em Área de Proteção Ambiental (APA), fato que obriga a manutenção da vasta cobertura vegetal, além de proibir a circulação de veículos motorizados, exceto os de segurança e saúde.

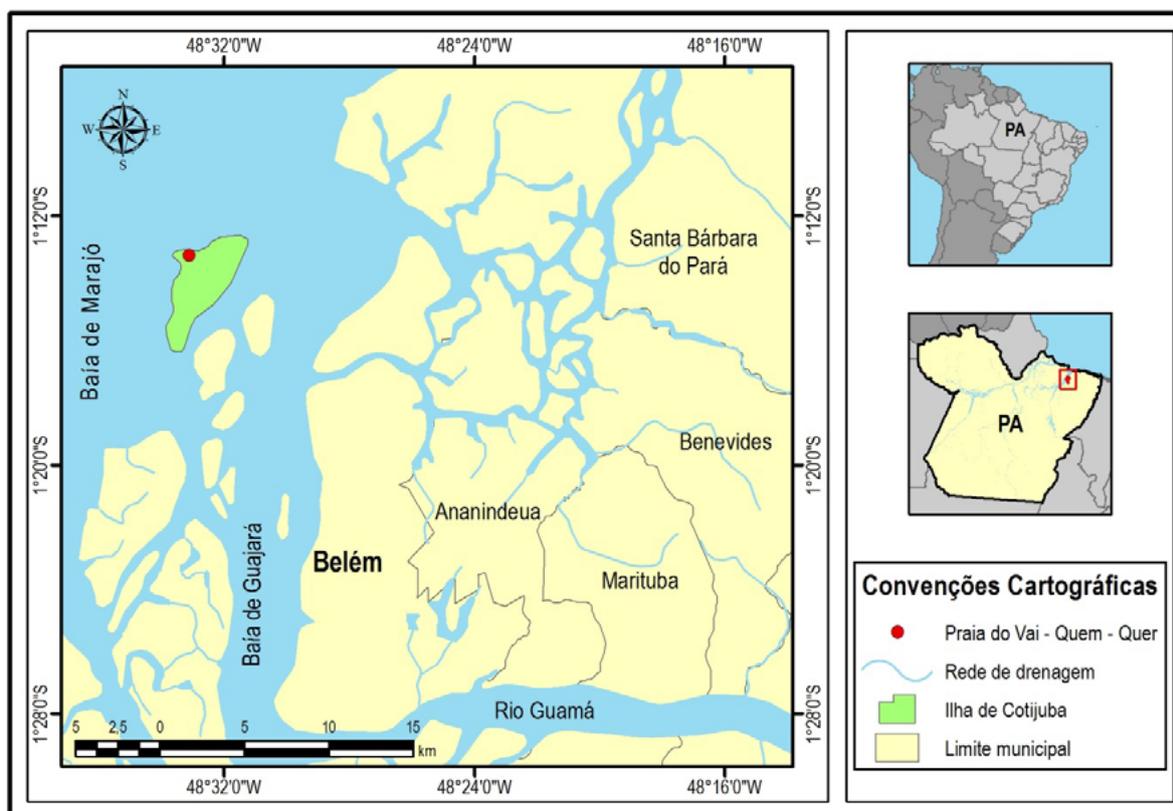


Figura 1. Localização da ilha de Cotijuba

1.2 O Turismo

De acordo com historiadores, em 1784, iniciou-se a integração da ilha a cidade de Belém, com a comercialização do arroz cultivado no Engenho Fazendinha. Posteriormente, a ilha abrigou um educandário e um presídio. Nesta época, recebeu a denominação de ilha do diabo. Desativado o presídio e com investimentos voltados às belezas naturais na década de 1990, a ilha passou a receber outros olhares, que a consideravam como um lugar rústico e paradisíaco. Esta passou a ser considerada Ilha Ideal, para (Diegues apud Moles, 1998, p.90).

“Diremos que a ilha é ideal se este conceito tem algum valor, seria ‘a que pode ser visitada em um só dia’, onde se pode, no espaço de um dia, encontrar-se no ponto de partida, pois, o controle do retorno é uma das características essenciais que nos propõe a teoria das formas.” (idem)

O grande propulsor para o turismo em Cotijuba são suas praias de água doce que se estendem ao longo de 15 km de costa.

2. Objetivo

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo principal a discussão dos impactos ambientais, intensificado nos últimos anos, em razão do crescimento da atividade turística na Ilha de Cotijuba em Belém - Pará, assim como a falta de conscientização ambiental na área. Para o cumprimento deste objetivo, foi utilizada uma abordagem metodológica quantitativa da área es-

tudada, registro fotográfico de atrativos turísticos e áreas degradadas próximas, também pesquisas bibliográficas.

3. Materiais e Métodos

A metodologia do trabalho teve início a partir de pesquisas bibliográficas sobre a história da Ilha de Cotijuba, sua ocupação humana, seus atrativos turísticos e alguns dos impactos causados em razão destes, o qual compreendeu pesquisas diversas. Baseado no reconhecimento da ilha, registro fotográfico de atrativos turísticos, assim como modificações antropológicas da área estudada, realizou-se a atividade em campo. Para análise dos dados, discutiram-se os impactos ambientais diretamente ligados ao crescimento da atividade turística e salientou suas futuras consequências.

Para estudo mais específico, verificou-se uma das áreas que mais sofreram com os impactos do turismo na região, sendo escolhida uma área de aproximadamente 112.533,88 metros na praia do Vai Quem Quer, a mais visitada da ilha. Para demarcação da área foram coletados 13 pontos com o GPS de navegação Garmin Etrex20 tendo erro de aproximadamente 10 metros.

A poligonal criada corresponde a área central ao final da praia, sendo equivalente a uma das áreas mais ocupadas e loteadas para casa de veraneio. A qual pode ser visualizada a partir do software Google Earth. Com essa análise pode-se observar que a ilha tem uma vegetação diversificada e fragmentos de floresta nativa, mas também áreas marcadas por ações antrópicas.

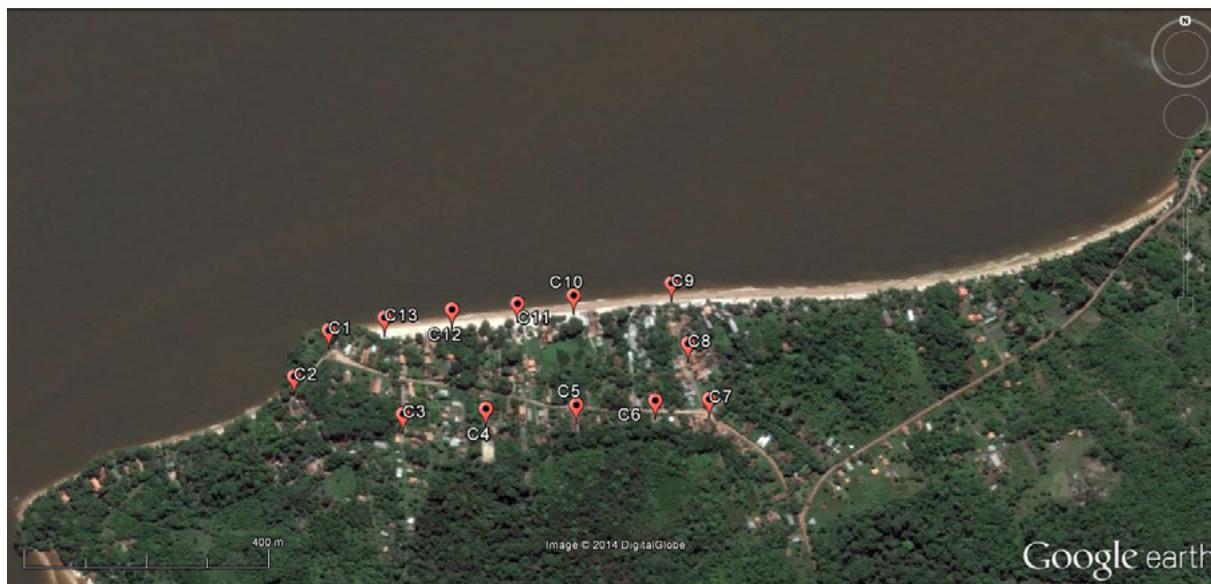


Figura 2. Poligonal

4. Resultados e Discussões

Tendo como principal objetivo proteger as belezas naturais e a biodiversidade local, a ilha de Cotijuba foi transformada em Área de Proteção Ambiental (APA) no ano de 1990, fato que proíbe a circulação de veículos motorizados (exceto os de segurança e saúde) e torna obrigatória a manutenção da cobertura vegetal na ilha.

Ocupações irregulares e áreas desmatadas são problemas antigos que vem se agravando em consequência do crescente turismo e a ilha vem sofrendo com seus impactos. Grande parte de vegetação nativa foi perdida. É notória a ocorrência de áreas desmatadas ilegalmente. Tor-

nou-se comum a retirada da vegetação para a construção de casas, principalmente de veraneio, hotéis e pousadas, além do surgimento de novas ruas e comunidades sem que haja qualquer planejamento.

A ocupação urbana acontece de forma desordenada, comumente encontra-se na ilha construções em locais irregulares. Estas obras são feitas sem qualquer ordenamento governamental e não seguem as normas estabelecidas por lei que permitem construções em APA, colocando em risco o equilíbrio ecológico local. Essas ocupações, segundo o Código Florestal Brasileiro (Brasil 2012. Art. 1), são irregulares, pois estão mantidas sob uma área de preservação imprópria para a construção como também estão em discordância com as regras do Plano Diretor Urbano Municipal – PDU (2008).

O número de imóveis as margens das praias comprometeram a beleza natural das mesmas. Inúmeras áreas foram afetadas e abandonadas por seus proprietários. Na praia da Saudade, por exemplo, é possível encontrar diversas construções abandonadas, pois estão localizadas em áreas de risco e foram destruídas pela força da natureza, caso semelhante ocorre na praia do Amor. Na praia do Farol é perceptível a retirada da vegetação natural para a construção de restaurantes e pousadas e a presença de construções as margens de um igarapé sem que haja qualquer preocupação em preservar o mesmo, visando apenas o desenvolvimento das atividades turísticas. Na praia do Vai Quem Quer são inúmeras as pousadas e restaurantes situados em áreas que deveriam estar intocadas, ocasionando uma aceleração no processo de erosão. Áreas de queimadas também são identificadas, juntamente com o desmatamento fazem parte dos problemas ambientais presentes na ilha.

Embora com menor índice, uma das razões para a retirada da vegetação nativa é o uso do solo para atividades agrícolas e pecuárias. No entanto, ao contrário do que se imagina, o mesmo não é apropriado para o plantio de hortaliças, uma vez que a nova vegetação introduzida não se desenvolve tão bem quanto a já existente, pois já é adaptada ao tipo de solo da região amazônica.

A ilha está subordinada administrativamente a prefeitura de Belém em conjunto com a agência distrital de Outeiro. Não há qualquer tipo de planejamento e controle sobre uso e ocupação do solo. Embora próxima a capital, percebe-se a ausência de fiscalização sobre as áreas desmatadas em Cotijuba, seja por parte da prefeitura ou da agência distrital. Isto acontece devido a falta de recursos humanos e financeiros, afirma a agência distrital. Em Cotijuba, o turismo sem controle ou planejamento propicia o uso inapropriado do solo, permitindo a ocupação irregular de áreas protegidas além de poluição de mananciais, solo e abertura de trilhas sem o menor critério (Porto, 2006).

Os fatores de degradação da ilha são comuns não apenas em regiões costeiras, mas também em outras regiões do Brasil, como: o cerrado, a caatinga, o pantanal, entre outros. Desse modo, faz-se necessário uma maior atenção para essas áreas, onde se possa ter um controle para que atenda o turismo e, ao mesmo tempo, não deixe perder as características naturais da região. O uso das geotecnologias é importante para estudos ambientais, afim de compreender a dinâmica da paisagem e, assim, controlar e preservar as áreas de risco ambiental.



Figura 3. Restaurantes na beira da praia do Vai-Quem-Quer



Figura 4. Pousada na praia do Farol



Figura 5. Retirada de vegetação nativa para a construção de imóvel.

5. Conclusões

Este trabalho teve como proposta realizar um estudo acerca dos impactos ambientais causados, principalmente, pelo turismo na ilha de Cotijuba e a aplicação das geotecnologias como ferramenta para o estudo da área. Acredita-se que a realização desta pesquisa trouxe contribuição teórica e prática em satisfação ao objetivo proposto, indicou quais as áreas mais prejudicadas

de acordo com os pontos de vista supracitados.

O trabalho, portanto, foi de suma importância, pois com os dados obtidos durante o feito, pôde-se observar a gravidade dos impactos ambientais do turismo na ilha, assim como a falta de fiscalização dos órgãos responsáveis.

6. Referências

Belém. Lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008. **Dispõe sobre o Plano Diretor do Município de Belém, e dá outras providências.** DOU, 2008

Brasil. Lei nº 12651, de 24 de maio de 2012. **Código Florestal Brasileiro.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 12 jun. 2016.

Carvalho, E. M. Balsan, R. Leite, E. F. **Geoprocessamento Aplicado No Planejamento Turístico:** Discussão Teórica. Disponível em: <<http://www.cptl.ufms.br/geo/revista-geo/Revista/Revista15/5.pdf>> Acesso em: 15.out. 2014.

Conceição, R. S. Costa, V. C. **Cartografia e geoprocessamento.** v.1. – Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2011. 240p.

Diegues, A. C. S. **Ilhas e Mares:** simbolismo e imaginário. 1. Ed. São Paulo: HUCITEC, 1998. v. 1. 272 p.

Huffner, J. G. P. Bello, L. A. L. **Turismo E Indicadores de Sustentabilidade Ambiental Na Ilha de Cotijuba.** Disponível em: <<http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1685&class=02>>. Acesso em: 27.out. 2014.

Huffner, J. G. P. Vieira, S. M. **A Influência Do Turismo Na Degradação Ambiental E Na Ocupação Desordenada De Áreas Naturais Urbanas:** O Estudo De Caso Da Ilha De Cotijuba (Belém - Pa). Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/livro/63ra/resumos/resumos/2341.htm>>. Acesso em: 27.out. 2014.



Análise do uso e ocupação de terra no distanciamento do perímetro urbano de Alta Floresta – MT, na Bacia Hidrográfica Mariana

Sylvia Karla Ferreira dos Santos¹
Ademilso Sampaio de Oliveira²
Emeli Lalesca Aparecida da Guarda¹
Dhiego Bruno Coelho de Souza¹

¹Faculdade de Ciências Sociais Aplicadas de Sinop (FACISAS)
Estrada Nanci, Eunice, s/nº
78550-970 – Sinop – MT, Brasil
{sylvia.florestal, dhiego.c.s}@hotmail.com
emilylalesca@gmail.com

²Faculdades de Direito de Alta Floresta (FADAF)
Av. Leandro Adorno, s/n, Centro
78580-000 - Alta Floresta – MT, Brasil
ademilsosampaio@gmail.com

Resumo: O presente estudo objetiva investigar com o auxílio do geoprocessamento a influência urbana na Bacia Mariana, através da classificação supervisionada do uso e cobertura da terra da bacia, tomando como referências os “buffer’s”, a partir do perímetro urbano. Para a obtenção do uso e classificação do solo foi utilizado o método de classificação supervisionada no “software” ArcGis, onde foram utilizadas Imagens de satélite SPOT cena 1559-M, com resolução espacial de 2,5 metros. A ferramenta “Buffer” foi utilizada espaçadas de 1.000 metros sendo ao todo nove “buffers”, cobrindo a área total da bacia. Para a classificação empregou-se a ferramenta “CreateSignature e Maximumlikelihood Classification”, que levam em consideração todas as bandas espectrais, a partir de um limiar de similaridade (em níveis de cinza), tendo como base uma área mínima (pixels) que são controladas pelo usuário. Para análise ao longo das distâncias, foram realizados os cálculos de área para todas as classes, dentro de cada parte recortada. Com base em uma imagem SRTM, adquiridas pelo IBGE com resolução espacial de 30 metros, foi possível realizar a elaboração do mapa temático de MDE (Modelo Digital de Elevação) da Bacia Mariana. O aplicativo SIG, foi de grande importância para a realização deste estudo, em que representou de maneira adequada a análise espacial do uso e ocupação da terra tendo diferenças significativas e tendências no distanciamento do perímetro urbano demonstrando assim sua influência sobre a bacia hidrográfica.

Palavras-chaves: bacias hidrográficas, geoprocessamento, uso da terra.

Abstract.: This study aims to investigate with the help of GIS to urban influence Basin Mariana by supervised classification of land use and land cover of the basin, taking as reference the buffer's from the urban perimeter. To obtain the land use and classification was used classification method supervised in ArcGIS version 9.3, which were used satellite images SPOT scene in 1559-M, with spatial resolution of 2.5 meters. In geoprocessing software was used to "buffer" tool spaced 1,000 meters and the whole nine buffers covering the total area of the basin. He used the tool "Extract by mask" and then carried out the classification using the tools "Create Signature and Maximum likelihood Classification" which take into account all spectral bands, from a similarity threshold (gray levels), based a minimum size (pixels) that are controlled by the user. For analysis over the "Buffers" the area calculations for all classes were conducted within each cut-out portion. Based on a SRTM image, acquired by the IBGE with spatial resolution of 30 meters, it was possible the preparation of thematic map of MDE (Digital Elevation Model) Mariana Basin. The ArcGIS application 9.3, was of great importance for this study, proving to be a software that meets the needs for handling images, allowing methodologies are created according to the author's interest.

Keywords: watershed, GIS, land use.

1. Introdução

A Amazônia Legal Matogrossense, região onde se encontra inserido o município de Alta Floresta/MT, desde a sua colonização durante o regime militar (1964-1985), sofre com o processo de conversão de suas áreas naturais para outros usos, ocasionado por fortes pressões para a melhoria da qualidade de vida e aumento na produção de alimento, onde o resultado é possível já ser observado nas mudanças das paisagens, hoje fortemente dominado por agricultura e pastagem. Grande parte desse ecossistema está sendo impactados ao longo de diversos ciclos "desenvolvimentistas", resultando em uma perda significativa da maior biodiversidade de espécies do planeta Terra, além do desalento de reservas naturais como os geológicos, pedológicos, hídricos, atmosféricos e biológicos.

As políticas públicas de Alta Floresta no Norte Matogrossense, nas décadas de 70 e 80, consistiam em explorar toda a terra, abrir até a beira dos rios, essa prática era sinônimo de progresso, onde foram prometidas terras para as pessoas que vieram principalmente da região Sul do país em busca de melhores condições de vida, principalmente atraídos pelo baixo custo das terras (Silva, 2011).

A distribuição geográfica dos níveis de degradação das Áreas de Preservação Permanentes (APP's), no município de Alta Floresta MT, segundo Bernasconi (2009) demonstrou em seus estudos que as bacias com áreas mais degradadas se localizam próximas ao centro urbano, sendo uma dessas, Bacia Hidrográfica (BH), objeto de estudo desse trabalho. Essas áreas apresentam taxas de degradação entre 60 e 100% e coincidem também com as áreas de assentamento e agricultura familiar.

Segundo Camargo (2009), o uso e ocupação da BH Mariana iniciou-se no final da década de 60 e início de 70, desses mesmos projetos governamentais onde segundo a população que ocupa atualmente a região, os desmatamentos das áreas antes florestadas, seguidas das vendas das espécies madeireira de maiores valores comerciais e posteriormente, com a queima dos restos sem valor, marcaram o início das atividades nessa região da Bacia Mariana. Também ocorreram as primeiras pressões antrópicas sobre a biodiversidade e conseqüentemente sobre os recursos hídricos na região.

O avanço da agropecuária no Estado de Mato Grosso se deu de maneira rápida, e as mudanças ocorridas na BH Mariana não foram diferentes de toda a região, porém é um caso que aconteceu de forma descontrolada em resposta aos interesses econômicos do mercado. A Bacia Mariana trata-se de um recurso de vital importância para o município de Alta Floresta, pois suas nascentes forma o ribeirão Taxidermista, córrego que abastece todo o núcleo urbano de Alta Floresta – MT.

Atualmente, o Ministério Público de posse do diagnóstico ambiental das propriedades ali

inseridas, promoveu notificações e multas aos produtores rurais por contas das APPD's (Área de Preservação Permanente Degradada). Nesse sentido, a Prefeitura através da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SECMA), envolveu ações com o intuito de recuperar essas áreas juntos aos proprietários, haja vista a importância da bacia para o município.

Atualmente, na situação que se encontra a Bacia Mariana é de extrema relevância produzir informações sobre as condições do local, visando contribuir para a conservação deste recurso natural.

2. Objetivo

O presente estudo objetiva investigar com o auxílio do geoprocessamento a influência urbana na Bacia Mariana, através da classificação supervisionada do uso e cobertura da terra da bacia, tomando como referências os *buffer's*, a partir do perímetro urbano.

3. Material e Métodos

O estudo foi realizado na Bacia Hidrográfica Mariana que tem toda sua extensão na região rural e pequena parte urbana do município de Alta Floresta – MT, localizada entre as coordenadas geográficas UTM 593233, 732/8909033, 202 E/N e 600971, 173/8894661, 224 E/N (**Figura 1**). A Bacia Hidrográfica ocupa uma área total de 6.501.43 ha. O clima do município é classificado por Koppen como Aw, ou seja, tropical chuvoso, alcançando elevado índice pluviométrico no verão podendo atingir médias às vezes superiores a 2.750 mm, e característica de inverno seco, predominando altas temperaturas. A temperatura anual fica em torno de 26° C.

Para a obtenção do uso e classificação do solo foi utilizado o método de classificação supervisionada no ArcGis, onde foram utilizadas Imagens de satélite SPOT (composição sintética) cena 1559-M, adquiridas pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA), com resolução espacial de 2,5 metros. No software de geoprocessamento foi utilizada a ferramenta “Buffer” espaçadas de 1.000 metros sendo ao todo nove buffers (9.000 metros) cobrindo a área total da bacia (**Figura 2**). Posteriormente, foi realizado o recorte da imagem dentro da área de interesse da bacia, empregando a ferramenta “Extract by mask” em seguida, realizada a classificação utilizando as ferramentas “Create Signature e Maximum likelihood Classification”, que levam em consideração todas as bandas espectrais na separação das unidades, a partir de um limiar de similaridade (em níveis de cinza), tendo como base uma área mínima (pixels) que são controlados pelo usuário.

A classificação gera uma série de polígonos definidos pelo fotointérprete da imagem, sendo seu produto final é editado, onde no caso foram definidas cinco classes de uso da terra conforme Silva (2007) (**Figura 3**). Para análise ao longo dos “Buffers” foram realizados os cálculos de área para todas as classes, dentro de cada parte recortada. (**Figuras 3 a 7**).

Com base em uma imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) adquiridas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) com resolução espacial de 30 metros utilizando a metodologia de Filho e Souza (2010), foi possível a elaboração dos mapas temáticos de MDE (Modelo Digital de Elevação) e do traçado do perfil topográfico da Bacia Mariana.

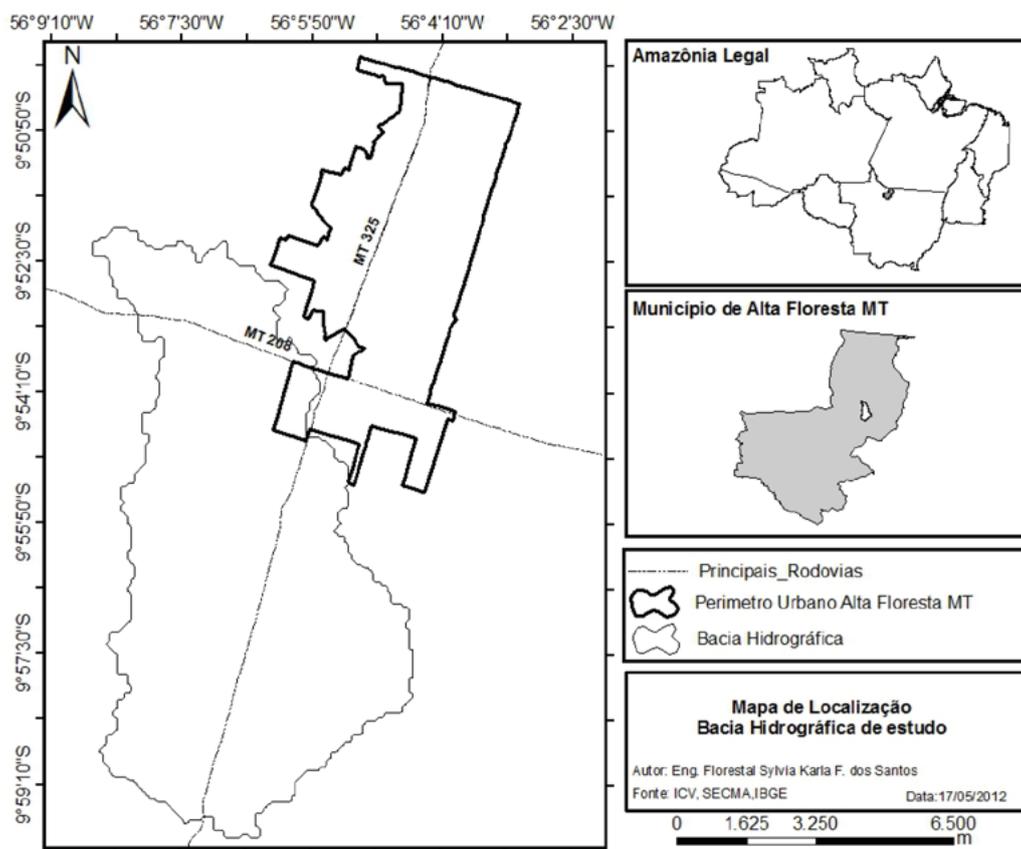


Figura 1. Localização da Bacia Mariana

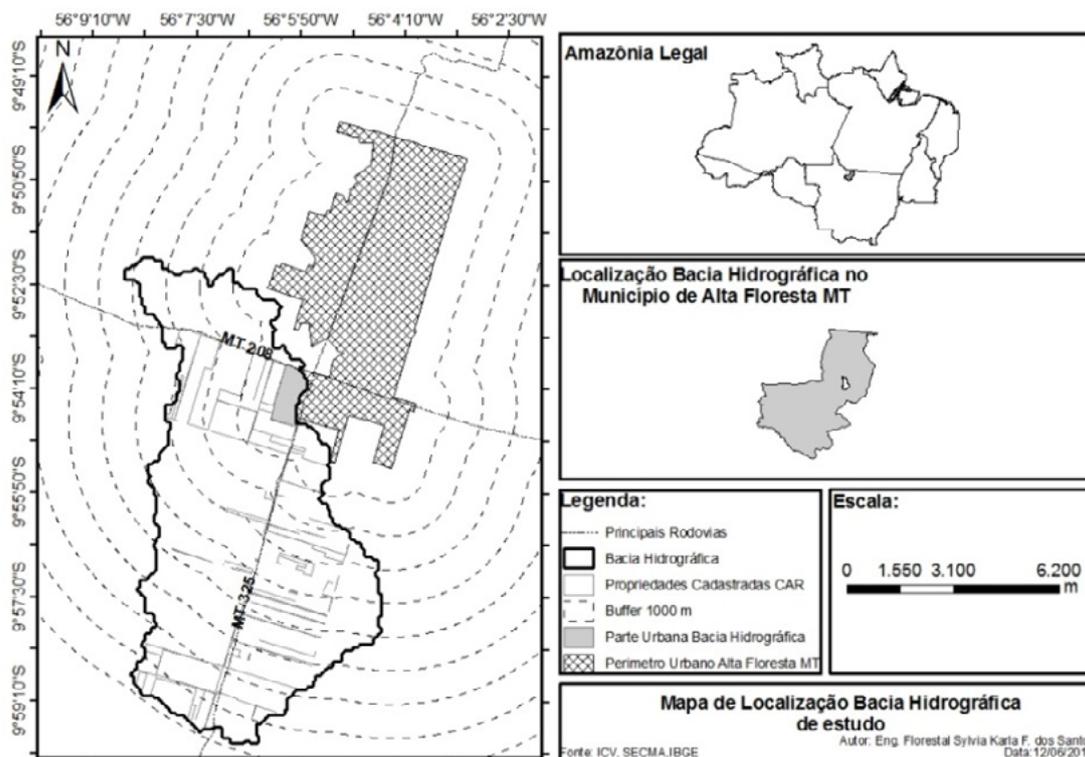


Figura 2. Buffer's espaçados de 1.000 metros

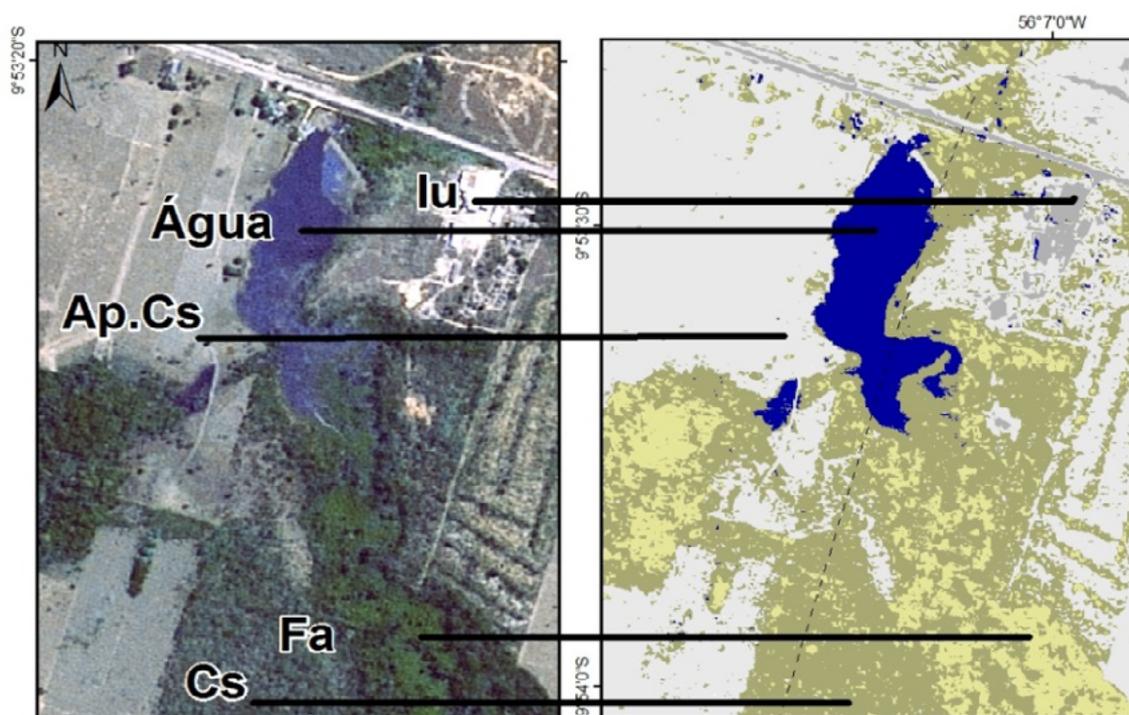


Figura 3. Demonstrativo de usos da terra e classificação conforme Silva (2007). **Fa:** Aluvial (mata, mata ciliar) ao longo dos flúvios; **Iu:** Influencia Urbana (Estradas e construções rurais); **Água:** Massas d'água (rios, córregos, corixos, vazantes); **Ap.Cs:** Pastagens plantadas na região de floresta estacional decidual submontana; **Cs:** Submontana (mata, mata seca, mata calcária).

4.Resultados e discussão

Através das análises realizadas com a classificação supervisionada da Bacia Hidrográfica Mariana com o Mapa de uso (**Figura 4**) juntamente com a **Tabela 1**, foi possível identificar a respeito do uso e ocupação total sendo que da área total da Bacia Hidrográfica, a classe que se mostra predominante é a pastagem com 64,81%, seguidas das somas das coberturas vegetais (Aluvial e Submontana) 32,04%, usos antrópico e massas d'água. O que confirma a vocação agropastoril para o município.

Pode-se observar a vegetação bastante fragmentada, porém concentradas próximas à rede hidrográfica, onde nesses locais ocorreram também a presença da pastagem, que são geralmente de uso indevido do proprietário tentando aumentar seu espaço produtivo. Os resultados obtidos corroboram com os relatos de Camargo (2009), que em seu trabalho discorre sobre as principais atividades econômicas desenvolvidas na região do estudo, que em como na maior parte da Amazônia mato-grossense, são representados pela pecuária de corte e a exploração madeireira.

De posse desses dados foi mensurado o uso e ocupação das classes da Bacia hidrográfica Mariana em relação à distância do perímetro urbano, sendo identificadas as classes de uso para cada distância (*buffer's*) podendo ser observado nas **Figuras 5**.

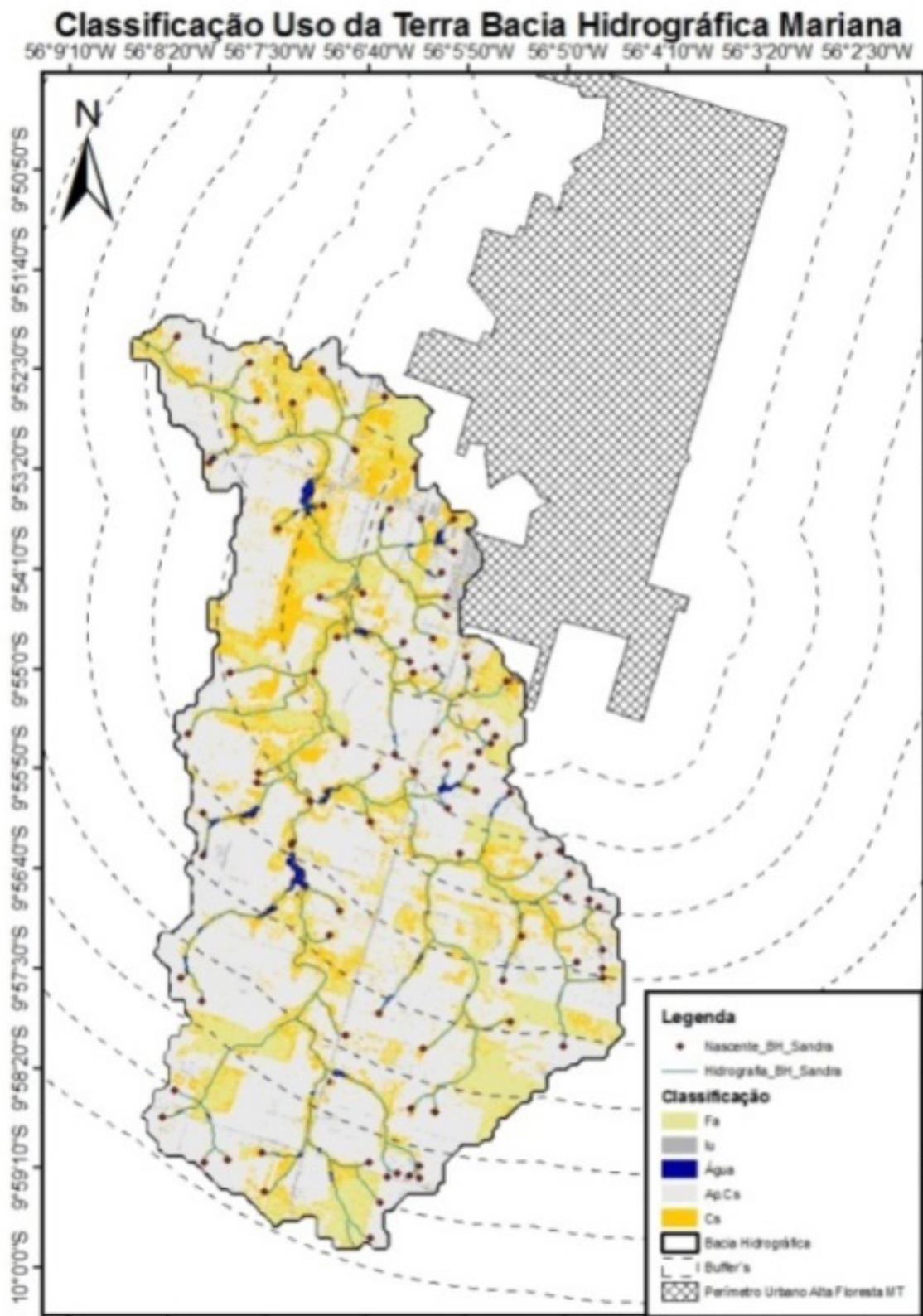


Figura 4. Demonstrativo de uso e ocupação Bacia Hidrográfica Mariana.

Tabela 1. Classes de uso e ocupação da terra para a Bacia Mariana.

Classe	Uso da Terra	Hectares	%
1	Aluvial (mata, mata ciliar) ao longo dos eflúvios	1.007,18	15,49
2	Estradas e construções rurais (usos antrópicos)	142,10	2,19
3	Massas d'água (rios, córregos, corixos, vazantes)	62,26	0,96
4	Pastagens plantadas na região de floresta estacional decidual submontana	4.213,67	64,81
5	Submontana (mata, mata seca mata calcária)	1.076,32	16,55
Total		6.501,53	100,00

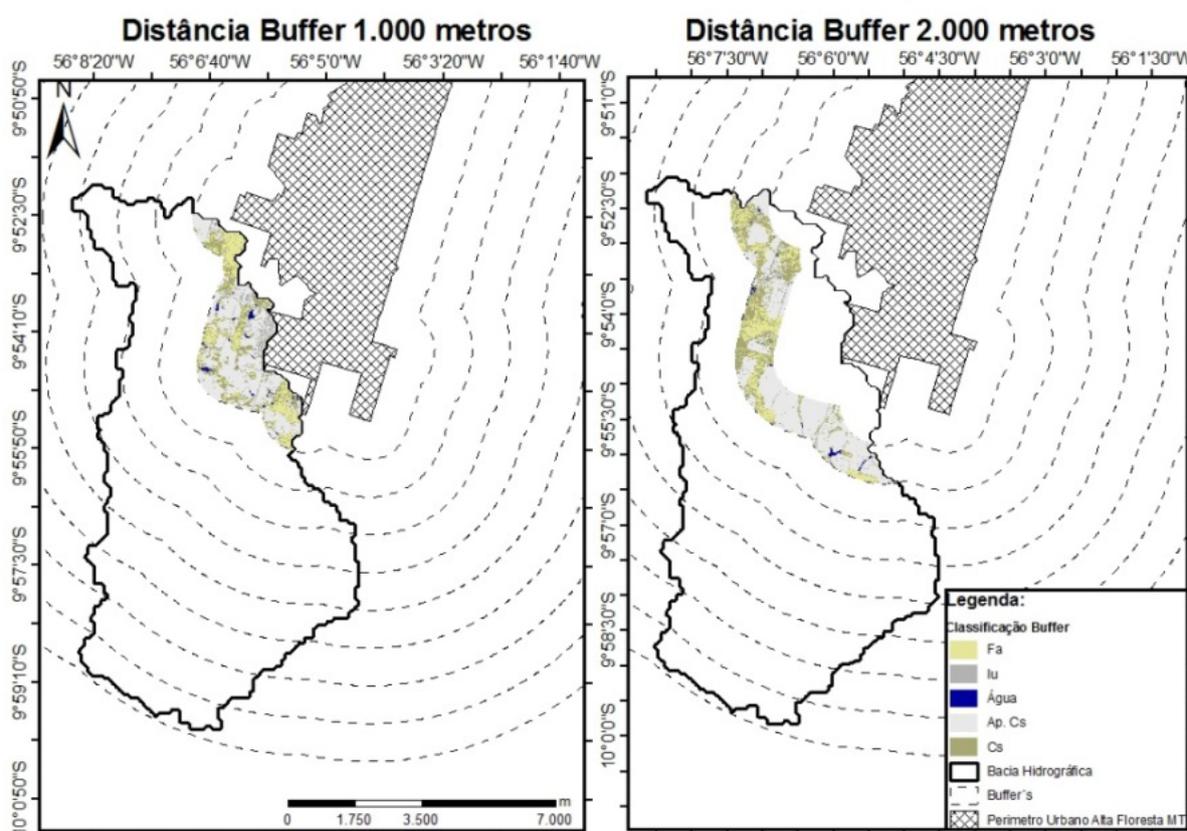


Figura 5. Classificação uso da terra Buffer por distâncias até 9.000 metros do Perímetro Urbano.

A **Tabela 2 e Figura 6** indicam o resumo das porcentagens encontradas por cada classe em relação ao distanciamento do perímetro urbano. É possível verificar que houve um aumento no uso da classe 4 (Pastagens plantadas na região de floresta estacional decidual submontana) ao longo do perímetro urbano até de 4.000 metros, onde ocorreu um pico correspondendo a 10,90 % da área, podendo supor que quanto mais próximo ao perímetro urbano maior a otimização em busca do espaço livre para a atividade pecuária. Para este mesmo trecho, as classes 1 (Aluvial - mata ciliar ao longo dos eflúvios) e 5 (submontana) aumentaram o uso, porém depois de 4.000 metros, houve uma queda para as mesmas, fato esse que se deve a concentração de redes hidrográficas e nascentes próximas ao perímetro urbano. As classes 2 (estradas) e 3 (águas) não tiveram nenhuma alteração significativa ao longo da distância do perímetro urbano.

Tabela 2. Classes de uso e ocupação da terra em porcentagem em relação a área total.

Classe	Distância em metros e %									Total
	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	
1	2,09	2,32	2,73	1,43	1,73	1,50	1,35	1,19	1,14	15,49
2	0,68	0,31	0,17	0,27	0,21	0,15	0,09	0,22	0,10	2,18
3	0,19	0,13	0,16	0,11	0,23	0,04	0,06	0,03	0,01	0,95
4	6,26	7,95	10,74	10,90	7,96	7,26	6,14	4,59	3,01	64,81
5	2,55	3,35	3,75	2,30	1,41	1,04	0,91	0,79	0,47	16,55
Total										100

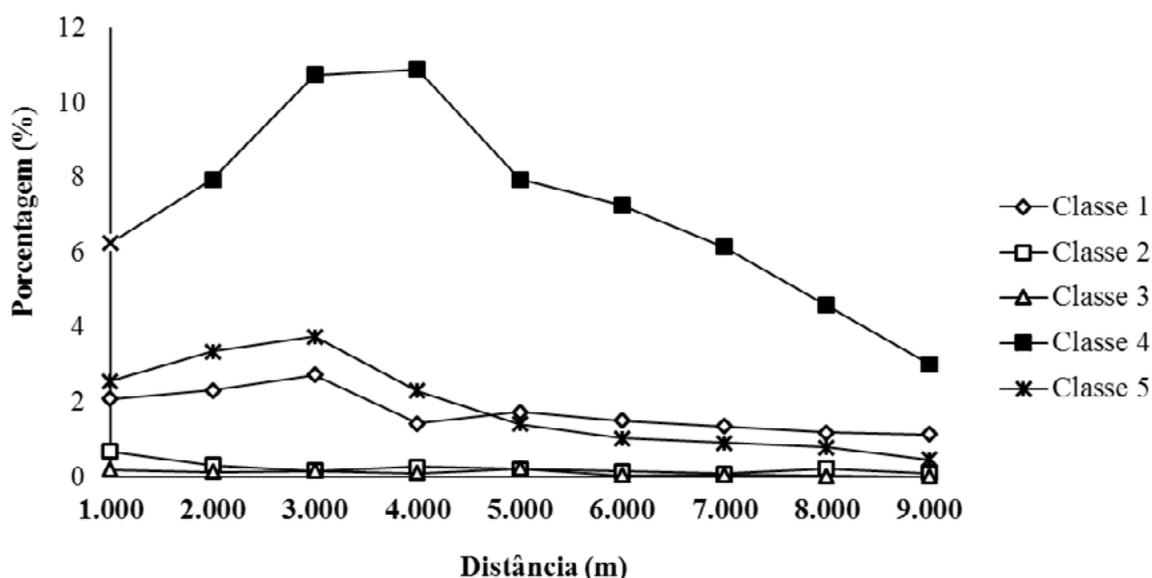


Figura 6. Gráfico, demonstração do uso da terra ao longo de 9.000 metros por classe de uso

Observa-se através da **Figura 7 e 8**, que um dos possíveis fatores do uso e ocupação da terra é o da altitude com relação aos padrões observados no distanciamento. Por exemplo, as distâncias 2.000 e 5.000 metros possuem aproximadamente a mesma cota, estando também com a mesma porcentagem de uso da terra para a classe 4. Esta classe colocada enquanto elemento degradante, se estudada isoladamente, percebeu-se que o comportamento seguiu um padrão onde, quanto mais distante do perímetro urbano e maior elevação ocorreram uma diminuição do seu uso. Já para as classes 1 e 5, no distanciamento de 3.000 metros, verificou-se um pico do uso da terra, provavelmente em função da depressão do relevo.

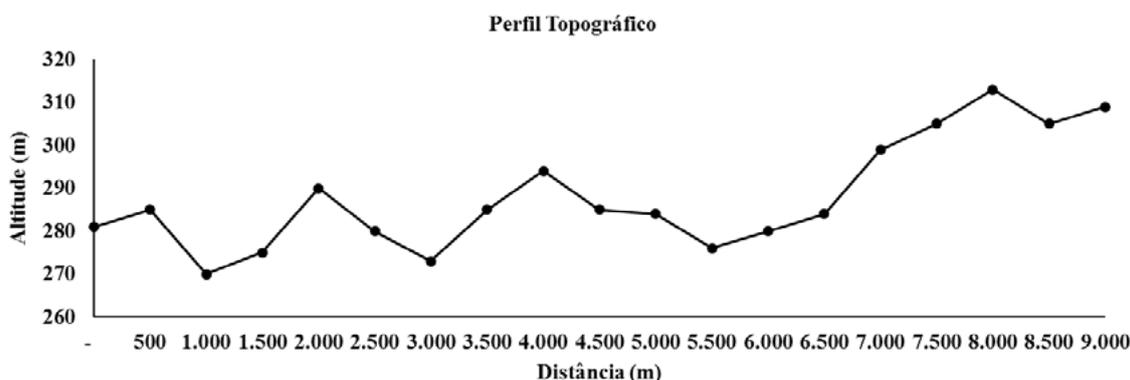


Figura 7. Perfil Topográfico Bacia Mariana.

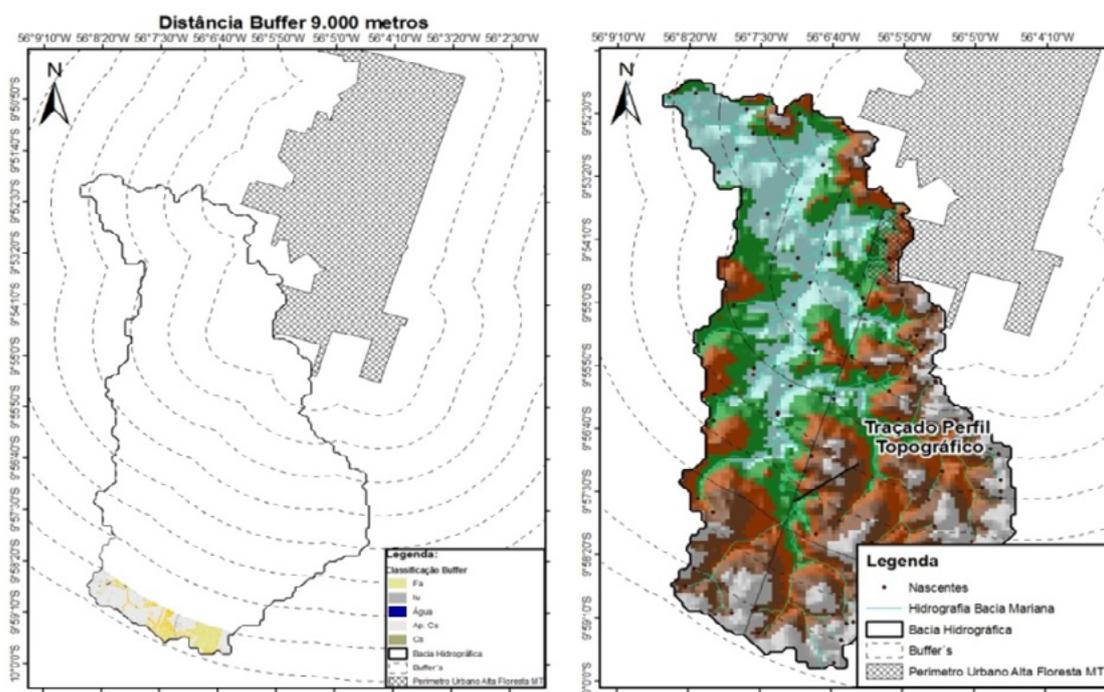


Figura 8. Classificação Uso da terra Buffer com distâncias de 9.000 metros do Perímetro Urbano e Mapa temático de altitude – MDE Modelo Digital de elevação.

5. Conclusões e Sugestões

A classificação supervisionada utilizando o distanciamento como objeto de estudo representou-se de maneira adequada para a análise espacial do uso e ocupação da terra tendo diferenças significativas e tendências quando relacionadas também com o relevo da bacia hidrográfica.

A classe de uso predominantes da Bacia Mariana é a Classe 4 (Pastagens plantadas na região de floresta estacional decidual submontana) com 64,8%, ocorrendo um aumento do uso quanto mais próximo ao município e mais baixo com relação ao relevo, seguidas das classes 1 (Aluvial - mata, mata ciliar ao longo dos eflúvios) e 5 (submontana - mata, mata seca, mata calcária), somando 34,02% onde os fragmentos existentes na Bacia estão próximos as redes hidrográficas e em regiões mais baixas.

Os resultados obtidos permitem comprovar que o perímetro urbano de Alta Floresta – MT está diretamente relacionada com o uso e ocupação dessa área, além da altitude também ser um importante elemento para as características ora aqui encontrado. Este fato possibilita o entendimento do aumento dos impactos ambientais sofrido por Bacias próximas as cidades.

No entanto, é necessário ainda trabalho de campo para validação da referida suposição, como maior detalhamento das classes de usos e das tipologias da vegetação, para a definição dos indicadores ambientais de aumento das áreas de usos antrópicos.

6. Referências

Bernasconi, P.; Santos, R. R.; Micol, L.; Rodrigues, J. A.; **Avaliação Ambiental Integrada**. CCD 910, 20ª Ed, ICV, 2009. 108 p.

Camargo, M. F.; **Sub-Bacia Mariana: Caracterização Físico-Química do solo da área ciliar e levantamento do uso e ocupação para fins de conservação Ambiental**. Dissertação de Mestrado, Unemat Cáceres-MT. 2009.

Filho, E. I. F.; Souza, E.; **Modelo digital de elevação, Bacia hidrográficas, Atributos do terreno e Interpoladores**. Sol-681 – Geoprocessamento aplicado a pedologia. Universidade Federal de Viçosa. 2010.

Silva, J.S.; Abdon, M. M.; Silva, A.M.; Souza, L.A.; **Banco de Dados de Vegetação do Projeto Probio-Pantanal**. XXIII Congresso Brasileiro de Cartografia, Rio de Janeiro. 2007

Silva, M.R.R.; **Resquícios do garimpo em Alta Floresta – MT**, NetSaber Artigos, disponível em: [http://artigos.netsaber.com.br/resumo_artigo_21700/artigo_sobre_resquícios__do_garimpo_em_alta_floresta-mt](http://artigos.netsaber.com.br/resumo_artigo_21700/artigo_sobre_resqu%C3%ACios__do_garimpo_em_alta_floresta-mt). Consulta realizada em: 10/06/2016.



Mapeamento do uso e cobertura vegetal da bacia hidrográfica do rio Paracatu: comparação 2002 e 2013

João dos Santos Vila da Silva¹
Paula Guimarães¹
Jéssica da Silva Rodrigues Cecim¹

¹Embrapa Informática Agropecuária
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 - Campinas - SP, Brasil
joao.vila@embrapa.br
{paula.guimaraes09, jcecim}@gmail.com

Resumo: A bacia hidrográfica do rio Paracatu, com aproximadamente 45.600 km² de área, está inserida no bioma Cerrado e se estende pelos estados de Minas Gerais, Goiás e pelo Distrito Federal. Assim como no Cerrado, a cobertura vegetal desta bacia também vem se descaracterizando pela expansão agrícola. Nesse contexto, este trabalho tem o objetivo de apresentar e comparar o mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra da bacia do rio Paracatu para os anos de 2002 e 2013. Utilizando imagens do satélite Landsat, séries temporais do índice de vegetação (EVI2) e o Google Earth foi construído o mapa de 2002. Utilizando dados do projeto do TerraClass Cerrado foi elaborado o mapa de 2013. Foram mapeadas as seguintes fisionomias: Vegetação Ciliar, Savana Arborizada, Savana Florestada, Savana Gramíneo-lenhosa, Savana Parque e Água, no **grupo das naturais** e, Agricultura Anual, Agropecuária, Área Urbana, Áreas Indiscriminadas, Pastagem Plantada e Silvicultura, no **grupo das áreas antrópicas**. Verificou-se que áreas naturais (savanas) e pastagem predominam na bacia, porém com decréscimo entre os anos observados. Agricultura Anual e Silvicultura foram as fisionomias que mais aumentaram no período. Agricultura Perene, não existente em 2002, passou a ocupar em torno de 2% da área da bacia em 2013.

Palavras Chave: Sensoriamento remoto, gestão ambiental, biomas.

Abstract. The basin of the Paracatu River, with approximately 45,600 km² in area, is part of the Cerrado biome and it extends through the states of Minas Gerais, Goiás and the Distrito Federal. As in the Cerrado, the vegetation cover of this basin is also uncharacterized by agricultural expansion. In this context, this paper aims to map and compare the land cover and land use of the Paracatu River Basin for the years 2002 and 2013. Using Landsat satellite images, time series of vegetation index (EVI2) and Google Earth was built the 2002 map. Using Terra-Class Cerrado project data was elaborated the 2013 map. The following physiognomies were mapped: Riparian vegetation, Savannah Wooded, Savannah Woodland, Savannah Grassy-woody, Savannah Park and Water in **group of natural** and Agriculture Annual, Livestock and Agriculture, Urban Area, Indiscriminated Areas, Forestry and Planted Pasture (Livestock) in the group of **anthropic areas**. It was verified that natural areas (Savannah) and pasture predominate in the basin, but with a decrease in the years observed. Annual Agriculture and Forestry were the physiognomies which had highest increased in the period. Perennial Agriculture, non-existent in 2002, came to occupy about 2% of the basin area in 2013.

Key-words: remote sensing, environmental management, biomes.

1. Introdução

Este trabalho faz parte do projeto em rede da Embrapa intitulado “Impactos da agricultura e das mudanças climáticas nos recursos hídricos: diagnose e propostas de adaptação e mitigação em bacias hidrográficas nos diferentes biomas brasileiros”, denominado AgroHidro. O projeto procura, por meio de pesquisas inter e multidisciplinares, analisar a interação dos recursos hídricos com as cadeias produtivas agropecuárias e florestais pelo uso de tecnologias, buscando a sustentabilidade e aumento da qualidade de vida dos produtores rurais (Rede Agrohidro, 2016). A bacia se encontra no bioma Cerrado, cuja vegetação se estende pela bacia do alto Paraguai e consequentemente por grande parte da planície pantaneira, que apesar de ser denominado como bioma Pantanal, a fitofisionomia dominante na região é a de Cerrado (Savana), aparecendo também o Chaco (Savana Estépica) e as Florestas (Decíduas e Semidecíduas).

Bordallo, 1995 apud Bernardi et al. (2012 p.163) salienta que a utilização da bacia hidrográfica, como unidade de estudo, para a gestão das distintas formas de atividade e uso das potencialidades ambientais, tem como finalidade projetar, interceder, executar e manusear as melhores formas de apropriação e exploração de seus recursos naturais. Ou seja, o mapeamento de bacias hidrográficas se mostra de demasiada importância no processo de monitoramento do uso do solo e da cobertura vegetal pois, por meio dele torna-se possível avaliar as diferentes formas de atividade que são executadas na área, possibilitando planejar de maneira eficaz as formas de apropriação e exploração do uso do solo e da cobertura vegetal.

Segundo Mello e Assunção (2011) a bacia do rio Paracatu está no noroeste do estado de Minas Gerais, abrangendo áreas totais ou parciais dos municípios de Paracatu, Guarda-Mor, Lagamar, Presidente Olegário, Buritizeiro, Santa Fé de Minas, Dom Bosco, Unaí, Cabeceira Grande, Natalândia, Brasilândia de Minas, João Pinheiro, São Gonçalo do Abaeté; pelos municípios goianos de Cristalina, Formosa, Cabeceiras; e o Distrito Federal. Ademais, as principais sub bacias do Rio Paracatu são: a do Ribeirão entre Ribeiros, do rio Preto, do rio do Sono, do rio Escuro e do rio da Prata. E, apesar de existirem diversas cachoeiras e corredeiras no percurso do rio, este possui aproximadamente 300 quilômetros navegáveis, indo desde a sua foz até o extinto Porto Buriti. Quanto aos aspectos físicos pode-se notar que os padrões de drenagem da bacia do rio Paracatu são, em sua maioria, detríticos e paralelos.

Segundo informações do Plano Diretor da Bacia do Rio Paracatu (IGAM, 2016), há na região três unidades geomorfológicas, sendo elas: Depressão Sanfranciscana, Planalto do São Francisco e Cristas de Unaí. Quanto a geologia, a bacia “é constituída por rochas pré-cambrianas, depósitos sedimentares da idade cretácea, com sedimentos e coberturas detríticas do terciário-quadernário (IGAM, 2016)”. A bacia em estudo devido a sua grande extensão apresenta

solos bastante diversificados como Latossolos, Neossolos Quartzarênicos, Neossolos litólicos e Cambissolos, conforme informa o Plano diretor de recursos hídricos da bacia do rio Paracatu. Assim sendo os usos do solo e da cobertura vegetal são os mais variados e, em virtude disso o estudo da área se faz de grande importância, visto que ajudará a promover a gestão adequada da área.

Espera-se que trabalho desta natureza possa ser aplicado no Pantanal e sua bacia, por conter muitas semelhanças como solo, relevo e vegetação, onde problemas inerentes a dificuldades de mapeamentos serão similares.

2. Objetivo

Elaborar o mapeamento da cobertura vegetal e uso da terra da bacia do rio Paracatu em duas épocas distintas (2002 e 2013) e identificar as principais alterações ocorridas.

3. Material e Métodos

Na **Figura 1** verifica-se a localização da bacia do rio Paracatu mostrando a divisa entre os estados de Goiás e Minas Gerais. De acordo com Atlas das Águas (2016), a bacia do rio Paracatu está inserida no bioma Cerrado, no domínio das Savanas (Cerrado/Campos) compreendida entre os paralelos 15° 30' e 19° 30' de latitude sul e os meridianos 45° 10' e 47° 30' de longitude oeste. O rio Paracatu é afluente do rio São Francisco e drena uma bacia com área de aproximadamente 46.600 km². Com relação a área da bacia, 92% localiza-se no estado de Minas Gerais, 5% em Goiás e 3% no Distrito Federal, passando 16 municípios desses estados.



Figura 1. Localização da bacia do rio Paracatu com a divisa dos estados.

Na elaboração do estudo foram utilizados dados de três fontes principais: séries temporais representando os valores do índice de vegetação (EVI2) ao longo do tempo, equivalentes a uma resolução espacial de 250 m e resolução temporal de 16 dias disponibilizados pela NASA, obtidos do INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2016); dados obtidos do Google Earth (Google, 2016) que auxiliaram na contextualização e entendimento das classes mapeadas para o ano de 2002 e; dados do projeto TerraClass Cerrado 2013 (Brasil, 2015), cujos mapas foram a base para construir o mapeamento de 2013.

O mapeamento de 2002 foi efetuado por meio de interpretação visual e ampliações na tela do computador e, a legenda foi baseada nas discussões da equipe técnica, apoiada no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012). Os dados de EVI2 e do Google Earth serviram para apoiar as interpretações e classificações, uma vez que não foi possível realizar verificações a campo.

Nessa classificação foram seguidas as seguintes etapas: **1)** Obtenção das imagens de satélite Landsat-5 e sensor TM do ano de 2002 com menor cobertura de nuvem das cenas identificadas; **2)** Processamento com aplicação de realce linear nas imagens e recorte das laterais das para eliminação de ruídos; **3)** elaboração do mosaico das imagens para compor a área da bacia: nesta etapa foram unidas as diferentes cenas com a composição Blue (B) para a banda 3, Green (G) para a banda 4 e Red (R) para a banda 5, sendo necessário a equalização das imagens, de modo a reduzir diferenças de contrastes na junção entre elas; **4)** segmentação por crescimento de região, aplicando a similaridade 30 (distância entre níveis de cinza) e área mínima de 200 pixels (18 ha) para geração dos polígonos; **5)** edição e revisão dos polígonos para corrigir possíveis erros, tais como, polígonos com limites incoerentes, linhas não poligonalizadas (fechadas) e linhas duplicadas e; **6)** classificação dos polígonos de acordo com a cobertura vegetal e usos. Os dados foram manipulados no software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas).

Para obtenção do mapa da cobertura vegetal e uso da terra de 2013 foram utilizados dados do projeto TerraClass Cerrado, que faz parte do Programa de Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros (PMABB) e analisa a dinâmica do uso e da cobertura da terra no Cerrado, por meio de um monitoramento sistemático e periódico, utilizando sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica (Ministério do Meio Ambiente, 2016). Na execução do projeto TerraClass foram utilizadas 121 cenas do satélite Landsat8, sensor operational Land imager (OLI) selecionadas durante os meses de maio a outubro para obter imagens com a menor cobertura de nuvens possível (Brasil, 2015).

Como a bacia se estende por Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal foi necessário obter os dados dessas três regiões no site do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Tais dados foram obtidos na forma matricial, sendo então convertidos para vetores utilizando o software ArcMap, uma vez que este formato de imagem não pode ser editado ou classificado pelo ArcGIS. Foi necessário, então, realizar uma conversão do arquivo, do tipo raster para polígono. Utilizou-se para isto da ferramenta “conversion tools”> “from raster to polygon”. Após o demorado processo, de cerca de 5 horas para cada uma das três imagens, obteve-se os arquivos em “shapefile” com os polígonos passíveis de edição e classificação. Posteriormente, realizou-se a junção dos três arquivos, utilizando a ferramenta “merge”, transformando todos em apenas um mapa. A partir disto, foi realizado, com a ferramenta “clip” o corte da área dos estados para o formato da área da bacia, sem o contorno dos municípios.

4. Resultados e discussão

No mapeamento de 2002 as classes mapeadas foram: Vegetação Ciliar, Savana Arborizada, Savana Florestada, Savana Gramíneo-lenhosa, Savana Parque e Água, no grupo das **naturais** e, Agricultura Anual, Agropecuária, Área Urbana, Áreas Indiscriminadas, Pastagem Plantada e Silvicultura, no grupo das **antrópicas**. No mapeamento do ano de 2013 foram mapeadas as classes oriundas do projeto TerraClass, identificadas em Natural, Natural não vegetado e Corpos d'água, no grupo das **naturais** e, Agricultura Anual, Agricultura Perene, Mineração, Área Urbana, Mosaico de ocupação, Pastagem, Silvicultura, Solo exposto e Não observado/outros, no grupo das **antrópicas**.

A partir das etapas de mapeamento citadas anteriormente, elaborou-se os mapas da cobertura vegetal e uso da terra da bacia hidrográfica do rio Paracatu para os anos de 2002 e 2013. A descrição dos usos e coberturas vegetais mapeados foram baseados, com pequenas adaptações, no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012) e no mapeamento do projeto Terra-Class Cerrado 2013 (Brasil, 2015).

Agricultura Anual: áreas extensas de solo exposto ou vegetadas, apresentando geralmente monoculturas de ciclo anual, sobretudo de grãos com emprego de padrões tecnológicos elevados, com uso de sementes certificadas, insumos defensivos e mecanização.

Agricultura Perene: áreas extensas compostas por cultivo de única espécie de ciclo vegetativo de longa duração, permitindo colheitas sucessivas sem a necessidade de novos plantios após a colheita. Podem ser utilizadas técnicas de cultivo tradicional, orgânico ou cultivo de plantas modificadas geneticamente.

Água / Corpo d'água: Caracterizado por todas as classes de água, lagos, rios, estuários, baías, reservatórios artificiais, etc.

Vegetação Ciliar: está associada a rios, córregos e solos saturados e abrangendo em alguns casos florestas de galeria (a Floresta de Galeria acompanha rios e córregos, formando corredores fechados sobre o curso d'água) e Formações Herbáceo-Arbustivas. Por esse motivo em alguns momentos a classe água foi classificada dentro da classe de vegetação ciliar, visto que, analisando o conjunto como um todo, a porção de água era muito pequena (Embrapa, 2016). Por esse motivo em alguns momentos a classe água foi classificada dentro da classe de vegetação ciliar, visto que, analisando o conjunto como um todo, a porção de água era muito pequena.

Área Urbana: áreas caracterizadas por manchas urbanas, edificadas com predominância de construções, pequenos distritos, vilas com pouca estrutura urbanística com concentração populacional diferente da área rural.

Agropecuária / Mosaico de ocupações: áreas representadas por associação de diversas modalidades de uso e ocupação do solo, com pequenas propriedades rurais com mosaico de pecuária e agricultura familiar, assentamentos, aldeias, galpões e indústrias localizadas em meio a manchas agrícolas.

Áreas Indiscriminadas: São áreas onde não foi possível identificar o uso do solo ou a cobertura vegetal em nenhuma das demais classes temáticas mapeadas.

Silvicultura: áreas caracterizadas pelo plantio de única espécie florestal, como *Eucalyptus* ssp e *Pinus* ssp, com talhões bem definidos e espaçamentos regulares.

Pastagem Plantada: Nessa classe estão inseridos todos os tipos de pastagem, sendo elas naturais ou plantadas. O solo é coberto por vegetação de gramíneas e /ou leguminosas com altura variando de alguns decímetros a alguns metros. Também podem ser encontradas algumas árvores ou arbustos espaçados que servem de abrigo para os animais de pastoreio. Em pastagem plantadas, muitas vezes é comum a presença de pivô central para a irrigação.

Savana Arborizada e Savana Florestada: Para classificar esses dois tipos de Savana foi necessária muita atenção a textura para poder diferenciar as classes. A savana arborizada geralmente apresenta uma vegetação mais rala e arbustiva com tamanhos menores elaborando uma fisionomia de terrenos degradados. A Savana florestada apesar de semelhante a savana arborizada possui uma textura mais rugosa e densa e vegetação com diferentes tamanhos.

Savana Parque e Savana Gramíneo Lenhosa (campo nativo): Na classificação desses dois tipos de Savana também foi necessário se atentar muito a rugosidade e textura, visto que, essas duas classes apresentam muitas semelhanças. Na Savana parque a vegetação é mais rala (textura mais lisa) e ocorrem em relevos mais acidentados. Por conseguinte, na Savana gramíneo – lenhosa é perceptível uma textura mais rugosa semelhante a um gramado e há relevos menos acidentados. Esse tipo de Savana devido a essas características descritas também é denominado

de campo nativo.

Na **Tabela 1** verifica-se a identificação das classes mapeadas e as respectivas correspondências entre elas, uma vez que os mapeamentos são de fontes diferentes. Nas **Figuras 2 e 3**, são apresentados respectivamente, os mapas da bacia estudada para os anos de 2002 e 2013. O cálculo das áreas foi elaborado a partir de uma ferramenta específica no software SPRING. As áreas totais correspondem, portanto, à soma dos polígonos que foram classificados com a mesma nomenclatura durante o mapeamento da bacia.

No mapeamento de 2002 as áreas naturais foram separadas entre os diferentes tipos de savana e a vegetação ciliar. Por outro lado, no mapeamento de 2013 (Brasil, 2015) as savanas foram reunidas em uma grande classe denominada de “Natural”, exceto pela Savana Gramíneo lenhosa que por se assemelhar a um campo nativo foi agregada à pastagem (natural + plantada) no mapeamento de 2013. As áreas naturais do ano de 2002 somadas resultam em 23.383 km² e as áreas naturais do ano de 2013 resultam em 23.259 km² apresentando uma diminuição dessas áreas naturais de 123 km². No que tange as áreas antrópicas, a área ocupada pela pastagem plantada em 2002 era de 13.713 km², entretanto, para fins de comparação entre os dois mapeamentos a classe de Savana Gramíneo Lenhosa (campo nativo) foi agregada à classe de pastagem resultando em uma área de 17.110 km², e em 2013 foram mapeados 14.625 km², assim sendo, observou-se um decréscimo da área destinada a pastagem nesse período de tempo.

Por conseguinte, ao compararmos as classes de Agricultura Anual em 2002, que abrangia 2.550,16 km², passou a 3.190,19 km² em 2013, demonstrando que as áreas destinadas a esse tipo de agricultura aumentaram nesse período de onze anos. Ressalta-se que no mapeamento de 2002 a classe Solo Exposto já foi mapeada agregada à classe de Agricultura Anual, por isso, no mapeamento de 2013, para efeitos de comparação, a classe de Solo Exposto foi somada à Agricultura Anual. No ano de 2002 não foram encontradas áreas com Agricultura Perene, todavia, no mapeamento de 2013 já houve ocorrência deste tipo de cultura, apresentando uma área de 820,32 km². Quanto a Silvicultura comparando os dois anos de mapeamento, observou-se um aumento expressivo nas áreas destinadas a esse tipo de cultivo. Em 2002 apresentava uma área de 1.514 km² e em 2013 passou a 2.538 km², aumentando o equivalente em área a 1.024 km².

Com relação as Áreas Urbanas, em 2002 esta apresentava área de 109 km² e, no ano de 2013 obteve-se uma área de 99 km². A diferença entre essas duas áreas não significa que houve uma redução da área urbana, mas pode ser atribuída ao método visual exaustivo de interpretação para 2002, contra o mapeamento digital em 2013. Para os equivalentes Agropecuária de 2002 e Mosaico de ocupações de 2013, houve decréscimo de área. Já para os equivalentes Áreas indiscriminadas de 2002 e Mineração de 2013, observou-se um aumento na área destinada a essa atividade de 3,11 km². Convém salientar que no mapeamento de 2002 a soma total das áreas resultou em 44.891,33 km² e no mapeamento de 2013 a soma total das áreas resultou em 44.845,72 km². Essa pequena diferença entre as duas áreas se explica pelo fato de alguns polígonos pequenos das bordas no mapeamento do ano de 2013 terem sido descartados no processamento de recorte pelo software utilizado. Ademais, de acordo com o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM, 2007, apud Melo & Assunção, 2011), a bacia do rio Paracatu possui cerca de 45.600 Km². A diferença, de cerca de 750 Km², pode se dar por distorções na projeção nas áreas consideradas da bacia. A seguir estão apresentados os dois mapas referentes ao ano de 2002 (**Figura 2**) e 2013 (**Figura 3**) para a bacia do rio Paracatu.

Ao observar a distribuição espacial das classes no mapa de 2002 verificamos que as áreas naturais e as áreas de pastagens se sobressaem as demais classes. Por conseguinte, a terceira classe que mais chama atenção visualmente no mapa é a agricultura anual, se concentrando principalmente no norte da bacia, mas, também apresentando outras áreas no centro sul da bacia, porém em menor concentração. Por fim, a quarta classe mais marcante é a de Silvicultura,

distribuída na porção central da bacia e em algumas áreas ao sul. A classe de agropecuária ocupa algumas áreas ao norte e algumas manchas no sul da bacia.

Tabela 1. Comparação dos mapeamentos dos anos de 2002 e 2013 para a bacia do rio Paracatu.

Ano 2002		Ano 2013		Observação
Fisionomias	Área (Km ²)	Fisionomias	Área (Km ²)	
Área Natural		Área Natural		
Vegetação ciliar	3.085,44	Natural	23.259,65	No Mapeamento de 2013 Na classe Natural estão englobadas Vegetação Ciliar, Savana Parque, Savana arborizada e Savana Parque.
Savana florestada	1.140,30			
Savana arborizada	10.212,85			
Savana parque	8.944,56			
Água	22,50	Água	25,20	-
Área Antrópica		Área Antrópica		
Pastagem Plantada	13.713,13	Pastagem	14.852,09	Para efeitos de comparação no mapeamento de 2002 a Savana Gramíneo lenhosa e a Pastagem Plantada foram agregadas à classe de Pastagem no mapeamento de 2013
Savana gramíneo-lenhosa	3.397,26			
Agricultura Anual	2.550,16	Agricultura anual + Solo Exposto	3.190,19	Em 2013 a classe de Solo -exposto foi incluída em Agricultura Anual
----	----	Agricultura Perene	820,32	Não foi identificada Agricultura Perene em 2002
Silvicultura	1.514,11	Silvicultura	2.538,89	-
Área urbana	109,66	Área urbana	99,05	-
Agropecuária	186,22	Mosaico de ocupações	35,22	Em 2013 a classe Agropecuária foi incluída em Mosaico de ocupações.
Áreas indiscriminadas	15,14	Mineração	18,25	Em 2013 a classe Áreas indiscriminadas foi incluída em Mineração.
---	---	Não observado	9,86	-
TOTAL	44.891,33	TOTAL	44.845,72	

Ao observar a distribuição espacial das classes no mapa de 2013 também verificamos que as áreas naturais e as áreas de pastagens se sobressaem as demais classes. A classe de agricultura anual + solo exposto nesse mapa abrange áreas ao norte, centro e sul da bacia. Outras classes que chamam visualmente a atenção do leitor do mapa, são as classes de Silvicultura e agropecuária ocupando as partes centro e sul da bacia.

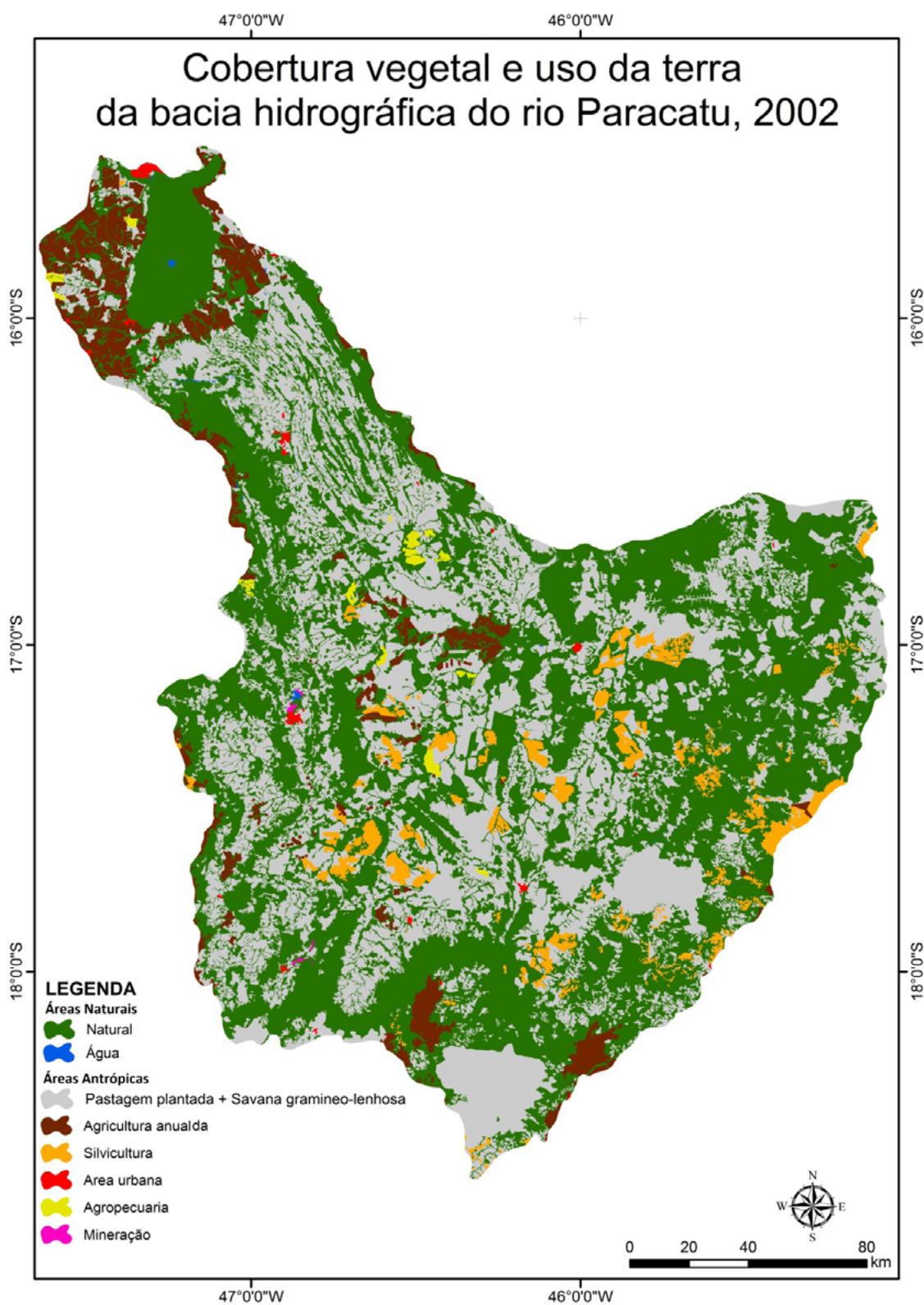


Figura 2. Mapa de cobertura vegetal e uso da terra da bacia hidrográfica do rio Paracatu, ano de 2002.

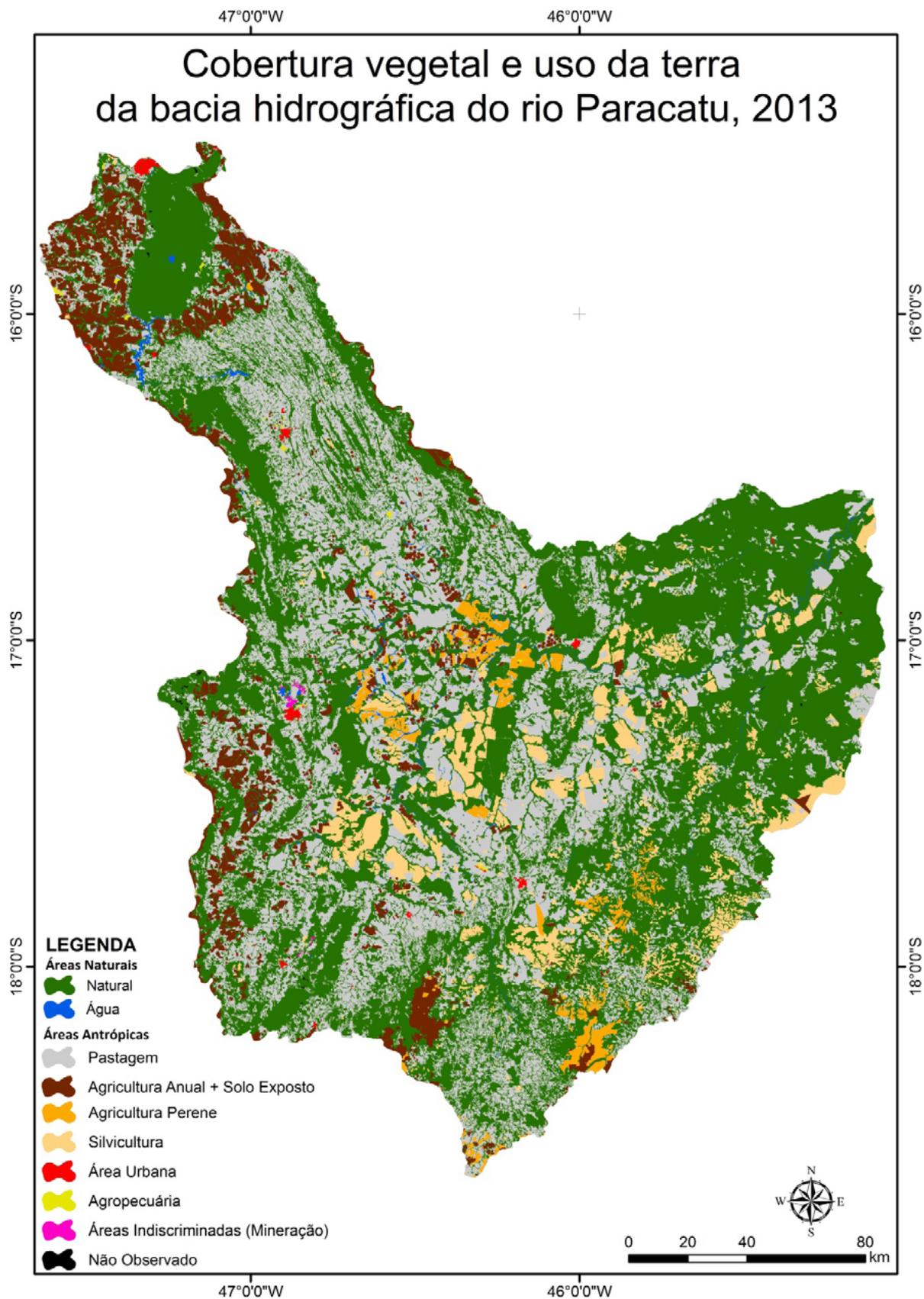


Figura 3. Mapa de Uso e Ocupação da Terra da bacia hidrográfica do rio Paracatu, ano de 2013.

5. Conclusões e sugestões

As técnicas de geoprocessamento utilizadas neste trabalho se mostram eficazes no processo de mapeamento e monitoramento da bacia hidrográfica, visto que auxiliaram na obtenção de informações importantes para o estudo dos usos do solo e da cobertura vegetal contribuindo dessa forma para a elaboração de um diagnóstico da referida área de estudo.

Durante o processo de pesquisa da bacia do rio Paracatu foi possível notar que há uso predominante de pastagem plantada para bovinocultura extensiva, ocorrendo de forma dispersa em sua extensão.

Quanto as áreas naturais verificou-se que elas não apresentam decréscimo significativo na análise temporal efetuada, porém nota-se a perda de áreas de pastagem plantada para a instalação de agricultura anual, silvicultura e agricultura perene e atividades agropecuárias.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem à Embrapa Informática Agropecuária pelo financiamento da pesquisa e a equipe do Laboratório de Geotecnologias pelo apoio e desenvolvimento da pesquisa.

7. Referências Bibliográficas

Atlas das Águas, disponível em:< http://www.atlasdasaguas.ufv.br/paracatu/resumo_paracatu.html/> acesso em 28/06/2016.

Bernardi, E.C.S.; Panziera, A.G.; Buriol, G.A.; Swarowsky, A. Bacia Hidrográfica como unidade de gestão ambiental. *Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas*, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012. ISSN 2176-462X

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013/MMA/sbf**. Brasília: MMA. 2015. 67p.:il.color+mapa. ISBN 978-85-7738-255-2.

Earth Explorer – USGS (United States Geological Survey) Disponível em:< <http://earthexplorer.usgs.gov>>

Embrapa Monitoramento por Satélite, Disponível em: <http://www.bndes.cnpm.embrapa.br/textos/ciliar.htm>. Acesso em 28/06/2016.

Google Earth. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em 05/01/2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manuais Técnicos em Geociências - “**Manual Técnico da Vegetação Brasileira, 2ª edição**” Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão. Rio de Janeiro, 2012. 275p.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <https://www.dsr.inpe.br/laf/series/>. Acesso em 05/01/2016.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Disponível em: www.igam.mg.gov.br – Acesso em 07/07/2016.

Loebmann, D. G. dos S. W.; Maçorano, R. P.; Silva, G. B. S. da; Vicente, L. E.; Victoria, D. de C. Interpretação de alvos a partir de imagens de satélite de média resolução espacial. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2012. 24 p. (Embrapa Monitoramento por Satélite. **Circular técnica, 21**). Disponível em: Acesso em: 28/ 05/ 2015.

Melo, M. C. A.; Assunção, W. L. Bacia do Rio Paracatu: Regime Pluviométrico X Consumo de Água por Pivô Central. **Horizonte Científico**, Uberlândia, vol. 5, nº 2, dez. 2011. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/viewFile/4351/7736>. Acesso em 07 jul 2016.

Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>> Acesso em 07/07/2016.

Rede AgroHidro disponível em: < <https://www.agropediabrasilis.cnptia.embrapa.br/web/agrohidro>> acesso em 28/06/2016.



Produção agrícola e aspectos fundiários no Mato Grosso no período de 2000 a 2010¹

Marines Orlandi¹
Arnaldo Taveira Chioveto¹
Paulo César Silva Costa Junior¹
Jefferson Andronio Ramundo Staduto²

¹Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT
Av. dos Ingás, 3001 – Jd. Imperial
78555-000 – Sinop, MT – Brasil
{marines, arnaldotc}@unemat-net.br
snppaulocesar@gmail.com

²Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE
Rua da Faculdade, 645 - Jd. Santa Maria
85903-000 – Toledo, PR – Brasil
jefferson.staduto@unioeste.br

Resumo Este artigo tem como objetivo apresentar o processo de modernização da produção agrícola e a repercussão nos aspectos fundiário e ambientais no Mato Grosso no período de 2000 a 2010. Este trabalho utilizou o modelo experimental-explicativo, com abordagem qualitativa de caráter descritivo-dedutivo. A base teórica que ampara a análise empírica faz-se numa discussão acerca de aspectos da modernização da produção agrícola, aspectos fundiários e política agrária repercutindo no Mato Grosso. Na discussão empírica foi utilizado a estatística descritiva e o geoprocessamento de imagens de satélite por meio do GvSIG para mostrar os resultados. Com isto, foi observado que efetivamente a modernização da produção agrícola intensificou o uso do solo que repercutiu no fortalecimento econômico do território, facilitado pela concentração fundiária do Estado.

Palavras-chave: modernização da produção agrícola. Questões fundiárias. Questões ambientais. Mato Grosso.

1 Artigo adaptado a partir da tese de doutoramento da autora (CHIOVETO, 2014).

Abstract This article aims to present the process of agriculture production modernization and the impact on land and environmental aspect in Mato Grosso from 2000 to 2010. This study used the experimental and explanatory model, with a qualitative approach in a deductive and descriptive way. The theoretical basis that supports the empirical analysis make a discussion about the aspects of agriculture production modernization, also including its land issues and the agrarian policies which have repercussions in Mato Grosso. During the empirical discussion, it were used the descriptive statistics and the geoprocessing of satellite images through GIS in order to show results. This way, it was observed that, effectively, agriculture production modernization intensified the use of land which affected the economic empowerment of this territory, something facilitated by land concentration in the State.

Keywords: Agriculture modernization. Land issues. Environmental issues. Mato Grosso.

1. Introdução

O setor agropecuário tem desencadeado um dinamismo nas últimas décadas à economia do país visto nos resultados da balança comercial, no crescimento da exportação de produtos manufaturados, na produção de matéria prima às agroindústrias de alimentos (Freitas; Bacha; Fossatti, 2007). A produção agrícola foi o vetor responsável por interligar os objetivos do alargamento das fronteiras agrícolas no Centro-Oeste, iniciadas na década de 1960 e se renovando nas décadas posteriores em várias frentes de ocupação. Este resultado é fruto da expansão da fronteira agrícola do Brasil, associada a necessidade de crescimento de produção agrícola para geração de alimentos, políticas agrárias compensatórias e ocupação do espaço. A partir da década de 1990, em decorrência do crescimento econômico vindo de atividades agrícolas, a ocupação do território se expande a novas regiões, seguindo o fluxo sul-norte, oportunizado pela adoção de tecnologia produtiva, configurando novos formatos de organização da produção rural, como os complexos agroindustriais, como já mencionavam Becker (1985), Muller (1993), Freitas; Bacha; Fossatti (2007).

A respeito da ocupação das novas regiões, Becker (1985) já comentava que a modernização da produção agrícola subsidiada pelas políticas de interiorização do governo federal favoreceu a exploração da nova fronteira, possibilitando o acesso a terras disponíveis a partir da abertura de novas áreas, incorporação de implementos agrícolas e ao desenvolvimento de técnicas de uso do solo para a produção de grãos, como explicita Muller (1993). Estes fatores propiciaram a expansão do território e conseqüente aumento da produção e produtividade transformando Mato Grosso em um dos principais produtores de matéria prima exportável do Brasil, quando em 2014, produziu 47.483.087 toneladas de grãos (algodão, arroz, milho e soja), os principais produtos exportáveis do Estado, segundo dados da produção agrícola municipal, conforme o Anuário Estatístico de Mato Grosso (SEPLAN, 2015).

A ocupação do Mato Grosso deu-se em grande parte pelo crescimento das atividades produtivas primárias, que se expandiu pelo Estado, fomentados por programas públicos (Moreno, 2005a). Estes permeavam desde o acesso aos recursos destinados à abertura de linhas de crédito agrícola, infraestrutura básica e aquisição de insumos e equipamentos para a agroindústria, financiando também a implantação de projetos privados de colonização nas regiões centro-norte e leste do Estado, como também programas cujo objetivo era de interligação por meio de grandes eixos rodoviários para canalizar o escoamento da produção até os principais centros de comercialização do país. Barros (1999) relata que a modernização da produção agrícola no Mato Grosso, torna-se referência por seu modo “aberto” no momento da expansão tecnológica. Araújo *et. al.* (2007) comentam que as expansões das fronteiras foram desencadeadas com os ganhos de eficiência da economia interna do país associados com as mudanças nos preços relativos dos fatores da produção.

Com a expansão das fronteiras a partir da década de 1980, faz-se necessário o fortalecimento tecnológico, como comenta Romeiro (1987), mencionando que a busca pela melhoria da

produtividade foi favorecida com investimentos em pesquisa e extensão. Com isto, Mendonça de Barros (1979) explicita que a formação de capital humano para o setor torna-se essencial às mudanças estruturais para o crescimento do setor agropecuário, assim como o aumento das terras destinadas ao cultivo, em vista da utilização de áreas tradicionais próximas aos centros urbanos e novas áreas do Centro-Oeste, oportunizada pelas precárias condições de transporte.

Esta nova estratégia adotada para o uso da terra intensificou a sua apropriação, primeiro em produção e após em produtividade. Este fato influenciou a mudança da estrutura fundiária, as questões ambientais do território, o uso de tecnologias produtoras, como maquinários e insu-mos, o que implicou no desmatamento e no uso de agrotóxicos.

É neste contexto que esta pesquisa se propõe a apresentar o processo de modernização da produção agrícola e a repercussão nos aspectos fundiários no Mato Grosso no período de 2000 a 2010. Para isto, o trabalho se divide em cinco partes, sendo a primeira esta introdução. A segunda parte é apresentada o objetivo. A terceira parte encontra-se o material e os métodos utilizados para o desenvolvimento do artigo. A quarta parte é a identificação e análise empírica do Mato Grosso e as questões do impacto da modernização no Estado e a repercussão nas questões fundiárias e ambientais. Por último, são apresentadas as conclusões.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é apresentar o processo de modernização da produção agrícola e sua repercussão nos aspectos fundiários no Mato Grosso no período de 2000 a 2010.

3. Material e Métodos

A pesquisa se norteou pelo método de modelo experimental-explicativo (Flick, 2009), com abordagem qualitativa de caráter descritivo-dedutivo. Para isto, se faz uma análise empírica secundária, com coleta em sites oficiais, como o IBGE, IPEA e SEPLAN/MT referente aos aspectos fundiários de Mato Grosso.

Para reforçar os aspectos teóricos-empíricos, foi utilizado a estatística descritiva, com uso da exposição dos dados por meio de tabelas e figuras, como também com geoprocessamento de imagens de satélite por meio do GvSIG, a fim de identificar os municípios mato-grossenses. Ao geoprocessar as imagens, estas tiveram como resultado mapas, apresentados como resultados da pesquisa em forma de figuras, quando:

a) Mapa de calor (mostra a concentração de uma ou mais características ou propriedades do local ou região observada individualmente, com uso de modelo triangular, com definição de um raio de análise geográfica de 100 km a partir das coordenadas geodésicas das sedes dos municípios) (Chioveto, 2013);

b) Mapa de cor: mostra uma ou mais características ou propriedades do local ou região observada individualmente.

Para identificar as características dos territórios rurais dos municípios mato-grossenses, definiu-se agregar a população rural, formando-se grupos com arranjos compostos por: < de 10%; entre 10% a 40%; de 40% a 60% e > de 60% da população total dos municípios, conforme aponta a pesquisa de Chioveto (2014).

4. Resultados e discussão

O Mato Grosso em 2010 (IGBE, 2010) era constituído por 3.035.122 habitantes destes 913.032 eram pessoas migrantes (**Tabela 1**), representando 30,08% da população residente oriundas de outras regiões do Brasil, dos quais 12,39% da região Sul, 8,40% da região Sudeste, 6,73% do Nordeste brasileiro e apenas 3,55% do Norte, evidenciando a atratividade que este Estado

jovem teve na ocupação dos “vazios populacionais” mencionados por Moreno (2005a).

Tabela 1. População, área e densidade demográfica de Mato Grosso – 1991, 2000 e 2010.

	População Total	Área Total (km²)	Dens. Total (hab/km²)	População Urbana	População Rural
1991	2.022.524	903.329,70	2,24	1.481.073	541.451
2000	2.504.353	903.329,70	2,77	1.987.726	516.627
2010	3.035.122	903.329,70	3,36	2.482.801	552.321

Fonte: dados da pesquisa a partir do IBGE (2010).

A atratividade se destaca com maior força a partir da década de 2000, quando 43,09% da população chegaram após 2005, quando Mato Grosso começa a ser mencionado pela oferta de trabalho e renda, por estar em franca acessão de crescimento as atividades econômicas (Orlandi; Ferreira de Lima, 2012). Essa nova movimentação migratória trouxe incremento na economia dos setores, principalmente no primário, que começa a tomar vulto frente às demandas de comércio internacional. Com isto houve uma nova movimentação no comércio de terras, o que desencadeou na expansão de espaços cultiváveis, intensificando a concentração fundiária, o que é visto na dimensão das áreas e o percentual de estabelecimentos rurais mato-grossenses.

Segundo Moreno (2005b), a caracterização de grande latifúndio já se pontua com maior ênfase a partir de 1985. Enquanto a região Centro-Oeste apresentava 17.682 estabelecimentos acima de 1.000 hectares, representando 69% do total de terras da região, o Mato Grosso já pontuava 7% dos estabelecimentos acima de 1.000 hectares, que somavam 31 milhões de hectares (83% da área do Estado). Naquele momento, o Mato Grosso detinha no total de 77.921 estabelecimentos rurais em uma área de 37.835.853 hectares. Nisto, se vê a característica concentradora de terras, quando apenas 6.835.853 hectares estavam em propriedades abaixo de 1.000 hectares e em 93% dos estabelecimentos rurais. Em 1995, os estabelecimentos rurais cresceram (78.762), mas ocupando uma área de 49.839.631 hectares, com taxa de ocupação de 54,96% da área do Estado (MORENO, 2005b, p.141).

Em 2007, segundo Chioveto (2014), a concentração persistia e aprofundava. As propriedades rurais acima de 1.000 hectares no bioma Cerrado mato-grossense totalizavam 4.036 estabelecimentos de um total de 35.338 propriedades, em 79,64% do total da área deste bioma (19.093.117 hectares), o que ficava apenas 20,35% da área das propriedades para os estabelecimentos abaixo de 1.000 hectares. Por sua vez, no bioma Amazônia havia 4.146 propriedades rurais acima de 1.000 hectares de um total de 65.089 propriedades, ocupando 76% da área acima de 1.000 hectares, com 6,37% do total de propriedades desta região, ficando apenas 24% da área para propriedades abaixo de 1.000 hectares, com 83,63% dos estabelecimentos rurais. A concentração de terras nos biomas Cerrado e Amazônia mato-grossense se mostram nos números apresentados na **Tabela 2** abaixo.

Tabela 2 - Número e área (ha) dos estabelecimentos agropecuários com agricultura familiar e não familiar – bioma Amazônia e Cerrado Mato-grossense – 2007.

Tipo de Agricultura	Área e nº Estabelecimentos Rurais	Total
Agricultura familiar	Área (ha)	4.333.663
	nº estabelecimentos agropecuário	75.389
Agricultura não familiar	Área (ha) total	40.399.801
	nº estabelecimentos agropecuário	25.038
Total geral	Área (ha)	44.733.464
	nº estabelecimentos agropecuário	100.427

Fonte: Resultado da pesquisa.

Enquanto a agricultura familiar detinha em 2007, uma área de 4.333.663 hectares com 75.389 estabelecimentos agropecuários, a agricultura não familiar (empresarial) ocupava 40.399.801 hectares com 25.038 estabelecimentos, num total de área de 44.733.464 hectares em 100.427 propriedades rurais. Nisto, os estabelecimentos agropecuários familiares representavam 9,69% da área ocupada no período analisado e não familiares representavam 90,31% do território de Mato Grosso. Isto evidencia a “grande fazenda” (Chiovetto, 2014, p.169), com praticamente todo o território dividido em estabelecimentos agropecuários acima de 2.500 hectares.

Outro aspecto de relevância na ocupação do solo no Mato Grosso diz respeito às áreas legalmente protegidas (área indígena homologada, unidades de conservação, áreas de preservação permanente e reserva legal e as áreas de sistemas agroflorestais) (SEPLAN, 2001). Ao final da primeira década de 2000, (**Figura 1**), o percentual de áreas protegidas estava naqueles municípios onde 20% a 40% da população residiam no espaço rural. Observa-se que as áreas com menor percentual de preservação estavam no sul e centro do Estado, em vista também do processo de ocupação pela migração da população que ali chegou primeiro, seguindo as correntes migratórias do Brasil, no sentido sul-norte do país, como afirma Becker (1985). Por sua vez, as áreas mais preservadas se encontravam em regiões já delimitadas para tal, como as terras indígenas ao norte e leste de Mato Grosso.

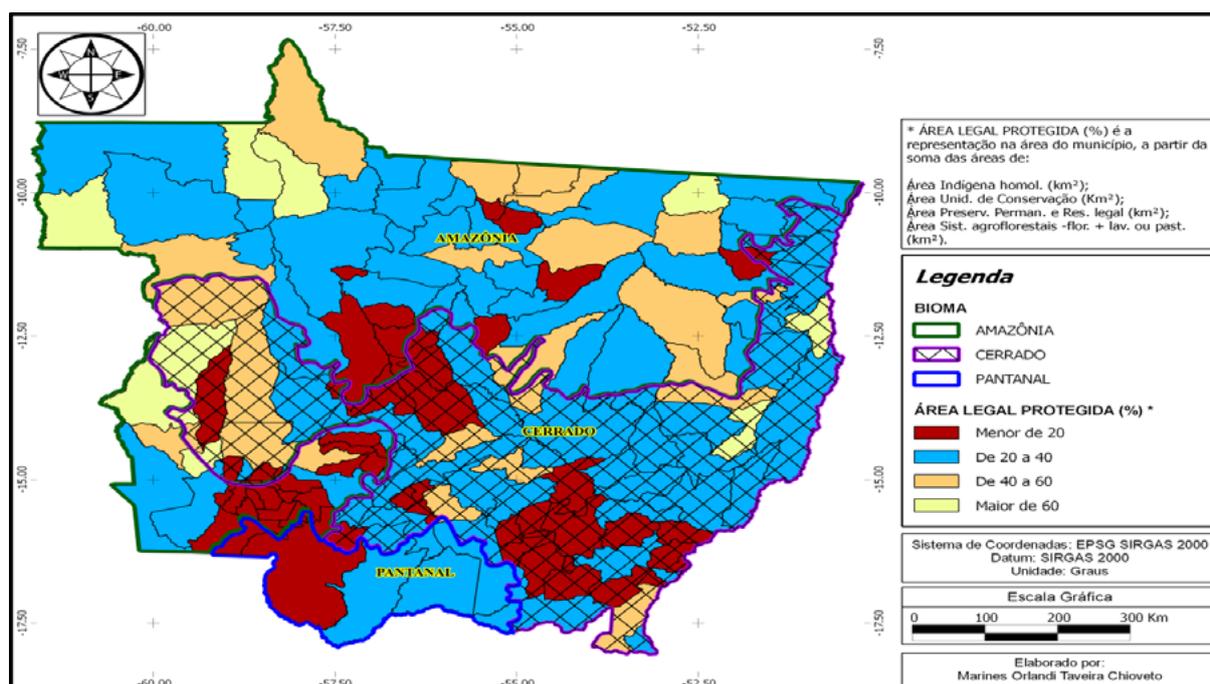


Figura 1. Áreas legalmente protegidas no Mato Grosso - 2010.
Fonte: Resultado da pesquisa a partir do IBGE (2013).

Com relação à abertura de áreas para a ocupação do solo, entre o período de 2000 a 2010, Mato Grosso teve um desmatamento concentrado nos municípios do bioma Amazônia, principalmente na Mesorregião Norte e Nordeste do Estado (**Figura 2**) (INPE, 2013).

O mapa demonstra que o desmatamento foi mais concentrado nas microrregiões de Alta Floresta (1), Arinos (7), Aripuanã (8), Colíder (10), Norte Araguaia (14) e Sinop (20), com média de 18,54% a 24,73% no aumento de área desmatada de floresta no período (Chiovetto, 2014). Nisto, a abertura de área se deu nos municípios do bioma Amazônia tardiamente após os municípios do bioma Cerrado já se encontravam com suas áreas abertas.

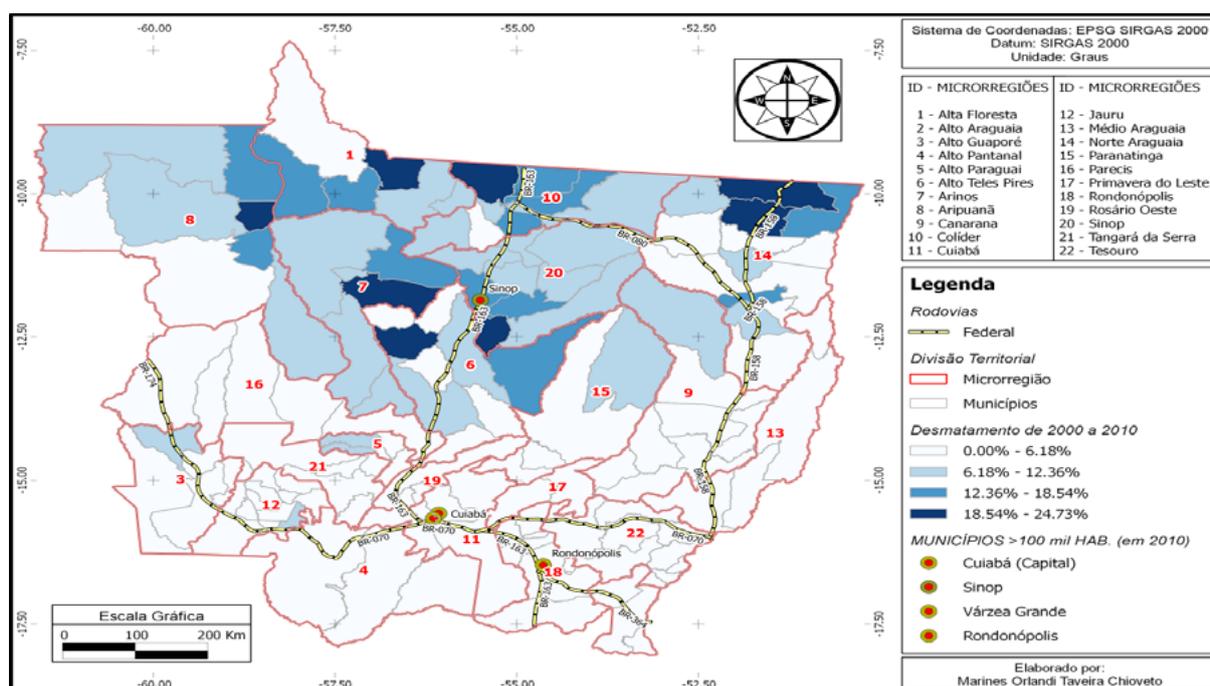


Figura 2. Percentual de desmatamento no Mato Grosso - 2000 a 2010.

Fonte: Resultado da pesquisa a partir do IBGE (2013).

Para o cultivo em escala, a tecnologia produtiva se intensifica. Segundo Faria, Fassa e Facchini (2007), a quantidade de ingrediente ativo vendida no Brasil cresceu 4,3 vezes entre 1972 e 1998, passando de 28.043 toneladas para 121.100 toneladas/ano. Só no ano de 2009, o faturamento com importações no setor de defensivos agrícolas foi de US\$ 1.122.062 milhões e chegando a US\$2.245.806 milhões em 2013 (ABIFINA, 2014). Para poder exemplificar o consumo médio de agrotóxico por município, foi considerada a média de consumo por ingrediente ativo consumido em Mato Grosso, segundo IBGE (2009), pelo número de estabelecimentos agropecuários familiares e não familiares do Estado e suas áreas (Brasil, 2006), o que totalizou uma média de consumo de ingrediente ativo de 38.148,9 kg. A partir disto foi calculado o consumo médio de tonelada de agrotóxico de ingrediente ativo por hectare (5,43 kg/ha) do Estado.

Com essa média estimada, foi calculado o consumo médio de agrotóxico por município, observando a área plantada de lavoura temporária nas culturas de arroz, algodão, cana de açúcar, milho e soja, apresentada à esquerda da **Figura 3**. Com essa estimativa de consumo médio de agrotóxico por município (5,43 kg/ha), considerando as áreas temporárias, também foi estimado os casos de intoxicação, a partir dos estabelecimentos agropecuários que notificaram casos de intoxicação por município (**Figura 4**). Chama atenção Cáceres pela intensidade de agrotóxico mesmo estando no bioma Pantanal, o que pode ter sofrido influência dos municípios limítrofes do bioma Cerrado.

A **Figura 3** mostra o impacto da modernização da produção agrícola do Mato Grosso no período mostrado pela quantidade de agrotóxico utilizado em 2006 e onde ocorreu o maior consumo de agrotóxicos nas regiões do Estado: quanto mais escuro, maior a concentração; quanto mais clara a intensidade da cor, menor o uso do defensivo agrícola e intoxicação.

Para marcar essa intensidade (mapa à direita), a pesquisa utilizou como parâmetro um raio de 100 km a partir das coordenadas geodésicas da sede do município. Esse fato pode ter influenciado na concentração maior de cor em determinadas áreas, pois há uma maior concentração das sedes dos municípios naqueles que tem áreas territoriais menores (como no sul do Estado, entre Vila Bela da Santíssima Trindade e Cáceres – mapa à esquerda -), o que causa uma sobre-

posição de áreas, repercutindo nesses dois municípios numa maior incidência de alta concentração no uso de agrotóxicos, por serem os mais influentes dessa região, enquanto que Paranatinga e Cocalinho podem ter tido influência pelas grandes áreas de seus territórios municipais (Chioveto, 2014). Ao se olhar os pontos mais escuros do mapa que representam os municípios (preto, roxo e vermelho), percebe-se que o uso de agrotóxicos estava por todo o Mato Grosso. De outro lado, o mapa à direita da Figura 3 mostra a intensidade de intoxicação por agrotóxico da população rural em Mato Grosso. Mesmo tendo tido 14 municípios em 2006 que informaram casos de intoxicação com 20 a 80 casos nas propriedades, os outros 127 municípios tiveram intoxicação entre 0 a 20 casos, mostrando que, efetivamente, quase todos os municípios tiveram intoxicação por agrotóxico.

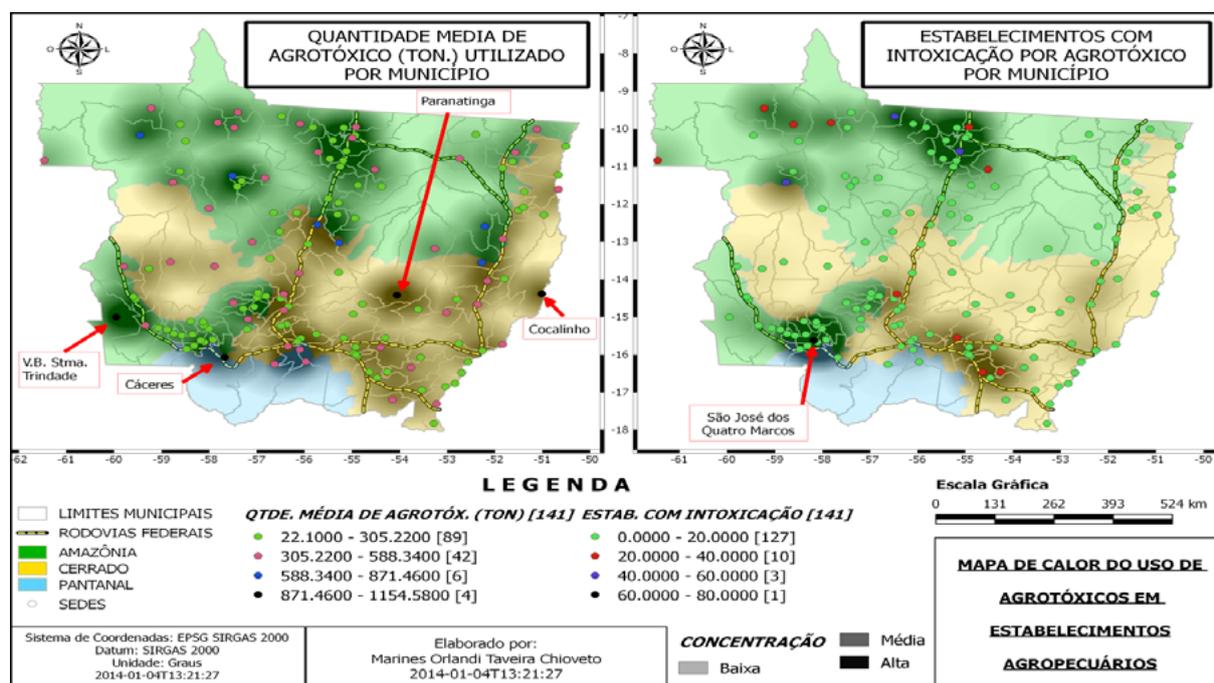


Figura 3. Concentração do uso de agrotóxico em estabelecimentos agropecuários no Mato Grosso – 2006.

Fonte: Resultado da pesquisa a partir do IBGE (2013).

No tocante a extensão territorial mato-grossense, o tamanho do módulo fiscal é superior à média nacional ao se comparar a outros estados brasileiros, exceto o de Cuiabá (com módulo correspondente a 30 hectares), os demais municípios estão com módulos fiscais entre 60 a 100 hectares (Famato, 2012). Por ter a média de tamanho de terras maior que a maioria das terras de outros estados brasileiros, percebe-se o favorecimento de concentração fundiária. Nisto, a agricultura empresarial acaba prevalecendo no espaço mato-grossense, principalmente com uso da terra como reserva de valor, confirmando o que já apontava Prado Junior (1981) e Sayad (1982). Para esse fim, os proprietários desenvolviam a pecuária extensiva, a fim de dar a essa atividade um caráter de valor social da terra. Contudo, a abertura do solo para mecanização agrícola possibilitou aos proprietários rurais uma mudança gradativa e significativa no uso do solo.

De 1995/96 a 2006, segundo o IBGE (2006), as áreas destinadas a pastagens cresceram apenas 6,33%, mas as áreas de lavoura aumentaram em 132,60% no período, inclusive se apropriando das áreas anteriormente compostas de matas e florestas, as quais, naquela década, tiveram um decréscimo de área de 3.784.672 ha, o que equivale a 17,57% de redução (Tabela 3), reforçado pelos índices de desmatamento do Estado (Figura 2).

Tabela 3. Utilização das terras (ha) no Mato Grosso – 1995-1996 e 2006.

MATO GROSSO: UTILIZAÇÃO DAS TERRAS - 1995-1996 a 2006			
	Lavouras	Pastagens	Matas e florestas
Taxa crescimento nº estabelecimentos	8,84%	42,03%	47,25%
Taxa crescimento da área (ha)	132,60%	6,32%	-17,56%

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de dados do IBGE (2006) e IPEA (2013a; (2013b).

Vale lembrar que a base de sustentação econômica de Mato Grosso sempre esteve assentada no setor agropecuário desenvolvida em grandes propriedades (acima de 1.000 ha), onde a pecuária foi à fonte principal do setor até o final da década de 1990. Mas esse setor aos poucos tem diminuído sua participação, substituído pelo crescimento das áreas de lavoura, visto pelo número de estabelecimentos agropecuários (75.965 em 2006 contra 51.590 em 1995-1996) (IBGE, 2006). Chama a atenção na **Tabela 3** que mesmo as áreas de lavoura ter sido significativas, a taxa de crescimento em número de estabelecimentos rurais foi de apenas 8,84%, como mostra a pesquisa de Chioveto (2014), diferentemente das áreas e número de estabelecimentos de pastagem e de matas e florestas.

Com isto, tendo em vista a tecnificação produtiva, o Estado teve sua compensação no aumento da produtividade obtida pela intensificação da modernização agropecuária, com a introdução de insumos e defensivos, novas tecnologias no trato da terra, novas formas de organização e administração, fatos que favoreceram a transformação do território em estabelecimentos empresariais agropecuários. Os sinais da tecnificação do campo em Mato Grosso são representados pelo aumento de máquinas agrícolas nas propriedades agropecuárias (**Tabela 4**), acompanhando a evolução do crescimento do consumo brasileiro, como mostram as pesquisas de Schun (1973) referendadas por Staduto (2002).

Tabela 4. Número de tratores e de estabelecimentos rurais no Mato Grosso - 1970 a 2006.

	1970	1975	1980	1985	1995	2006
Nº Estabelecimentos	46.090	56.118	63.383	77.921	78.762	114.148
Nº Tratores	4.386	2.643	11.156	19.534	32.752	40.687

Fonte: dados da pesquisa a partir do Censo Agropecuário (IBGE, 2006).

As implicações dessa modernização no campo podem ser avaliadas pelos resultados da agricultura comercial, que até 1995, a área explorada com atividades agropecuárias (lavoura e pecuária) em Mato Grosso representava 24.403.806 milhões de hectares da área total dos estabelecimentos rurais (IBGE, 2006). Deste, 2.951.745 milhões de hectares eram destinados a produtos agrícolas (**Tabela 3**). Em 2006, o Censo Agropecuário já indicava mudança significativa no modelo produtivo, onde houve um crescimento na área de lavoura (132,60%) comparado à década anterior, com agricultura era pouco diversificada, baseada na produção de monoculturas, como soja, algodão, milho, cana de açúcar e arroz.

5. Conclusões e Sugestões

O artigo se propôs apresentar o processo de modernização da produção agrícola e sua repercussão nos aspectos fundiários no Mato Grosso no período de 2000 a 2010. Isto é demonstrado pela dinâmica da ocupação do território mato-grossense, evidenciado no processo de expansão e concentração fundiária, nas características dos estabelecimentos rurais e emprego dos recursos tecnológicos nas atividades produtivas do Estado.

A dinâmica da ocupação é evidenciada pelo adensamento populacional nas décadas (**Tabela 1**), principalmente quando do fortalecimento migratório a partir de 2000. A concentração fundiária é evidenciada nas pesquisas a partir de 1980, mas a pesquisa evidenciou o aprofun-

damento da concentração de terras no Mato Grosso, no percentual da ocupação da área de estabelecimentos agropecuários (9,69%) com agricultura familiar e 90,31% com a prática da não-familiar. Com a prática de agricultura empresarial, a tecnificação se intensifica no Estado, evidenciada quando observado que as extensões de áreas desmatadas entre 2000 a 2010, quando as áreas foram destinadas principalmente para a pecuária extensiva e o plantio de *commodities*, impactando no desmatamento, principalmente ao norte de Mato Grosso. Como a produção agrícola se utiliza de forma intensa de agrotóxicos, há possibilidades de impactos nocivos a população, visto que o consumo médio de agrotóxico de ingrediente ativo por hectare de 5,43 kg/ha do Estado, considerando dados de 2006. Por outro lado, as áreas legalmente protegidas estavam naqueles municípios onde 20% a 40% da população residiam no espaço rural em 2007.

Portanto, é a partir dos anos 2000 que o Mato Grosso efetivamente é dominado pelas atividades agrícolas, se acentuam dois lados da mesma moeda: um, a ocupação do solo para dar conta do mercado exportador; e de outro, implicações ambientais profundas, observado pelo desmatamento, seguindo pelo uso sistemático dos insumos agrícolas, dentre os quais o uso de agrotóxicos e o volume de casos de saúde comprometida pela intoxicação destes.

Logo, os cenários desenvolvidos a partir do geoprocessamento dos dados apresentados neste artigo contribuem para a continuidade do debate referente às estratégias adotadas pelo poder público para a ocupação do solo e utilização dos recursos naturais, o conflito na questão agrária e a divisão de terras, bem como a condução da produção agrícola nos estabelecimentos rurais. Sugere-se então o desenvolvimento de estudos futuros que possam integrar dados históricos e geotecnologias no intuito de aprofundar a discussão sobre os impactos socioambientais provenientes desta lógica de crescimento econômico.

6. Referências

- Araújo, P. F. C. de; et al. Política de crédito para a agricultura brasileira: Quarenta e cinco anos à procura do desenvolvimento. **Revista de Política Agrícola**. Brasília: MAPA. Ano XVI, n. 4, p.27-51, out./nov./dez. 2007.
- Associação Brasileira Das Indústrias De Química Fina, Biotecnologia E Suas Especialidades – ABIFINA. Estatística. **Importações**. Disponível em: <<http://www.abifina.org.br/importacoes.asp>>. Acesso em: 04 jan.2014.
- Barros, A. L. M. **Capital, produtividade e crescimento da agricultura**: o Brasil de 1970 a 1995. 1999. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências). Piracicaba, ESALQ/USP, 1999.
- Becker, B. K. Fronteira e urbanização repensadas. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro: IBGE. ano 47. n.3/4, p.357-371, jul./dez. 1985.
- Brasil. Presidência da República. Casa Civil. **Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais**: Lei nº 11326, de 24 de julho de 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/11326.htm>. Acesso em: 03 dez. 2013.
- Chioveto, A. T. **Desflorestamento e crescimento econômico regional nas microrregiões Sinop e Alto Teles Pires no Estado de Mato Grosso**. 2013. 143 F. Dissertação (Mestrado em Economia Regional). Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio. Toledo: UNIOESTE, 2013.
- Chioveto, M.O.T. **Desenvolvimento rural no Mato Grosso e seus biomas**. 2014, 245 f. Tese (Doutora em Desenvolvimento Regional e Agronegócio). Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Desenvolvimento Regional e Agronegócio. Toledo: UNIOESTE, 2014.
- Faria, N. M. X.; Fassa, A. C. G.; Facchini, L. A. Intoxicação por agrotóxicos no Brasil: os sistemas oficiais de informação e desafios para realização de estudos epidemiológicos. In: **Ciência & Saúde Coletiva**. Rio de Janeiro: ABRASCO, v.1, n.12, p.25-38, jan./mar. 2007.
- Federação de Agricultura de Mato Grosso (FAMATO). Mato Grosso. **Módulo fiscal**. (2010). Cuiabá: FAMATO, 2010.
- Flick, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

Freitas, C. A. de; Bacha, C. J. C.; Fossatti, D. M. Avaliação do desenvolvimento do setor agropecuário no Brasil: período de 1970 a 2000. **Revista Economia e Sociedade**. Campinas: UNICAMP. v.16, n.1, ano 29, p. 111-124, abr. 2007.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Geociências**. (2013). Disponível em: <http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm>. Acesso em: 18 jan. 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Mato Grosso**. (2010). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=mt>>. Acesso em: 31 out. 2011.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. REGIONAL (IPEA). **PIB Agropecuário 2009**. (2009). Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 10 fev. 2013.

Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada. REGIONAL (IPEA). Regional: Agropecuária. **Utilização das terras**: área total de lavoura permanente e lavoura temporária. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 01 fev. 2013a.

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. REGIONAL (IPEA). Regional: Agropecuária. **Utilização das terras**: área de pastagens totais. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>>. Acesso em: 01 fev. 2013b.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Projeto Prodes. Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. **Desmatamento por municípios**. 2013. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesuc.php>>. Acesso em: 13 fev. 2013.

Mato Grosso (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN). Anuário 2001. **Unidades de Conservação Estaduais segundo o município, decreto de criação, área (ha) e categoria, MT/2001**. Disponível em: <<http://www.seplan.mt.gov.br/sitios/anuario/2001/TABELAS/plan14-2.htm>>. Acesso em: 06 fev. 2013.

Mato Grosso (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN). Anuário 2015. **Produção vegetal**. Disponível em: <<http://www.dados.mt.gov.br/arquivos/data/public/0b3516f77d.php>>. Acesso em: 12 ago. 2016.

Mendonça de Barros, J. R. Transição e descontinuidade no crescimento agrícola. In: Dias, G. L. S.; Barros, J. R. M. **Fundamentos para uma nova política agrícola**. Brasília, DF: Companhia de Financiamento da Produção, 1983. p. 23-39. (Coleção Análise e Pesquisa, 26).

Moreno, G. Agricultura: transformações e tendências. In: Moreno, G.; Higa, T. C. S (Orgs). **Geografia de Mato Grosso**: território, sociedade e ambiente. Cuiabá: Entrelinhas, 2005b, p.140-171.

Moreno, G. Políticas e estratégias de ocupação. In: Moreno, G.; Higa, T. C. S (Orgs.). **Geografia de Mato Grosso**: território, sociedade e ambiente. Cuiabá: Entrelinhas, 2005a, p. 34-51.

Muller, G. Brasil agrário: heranças e tendências. **Revista São Paulo em Perspectiva**. São Paulo: SEADE. v.3, n.7, p. 11-20, jul./set. 1993.

Orlandi, M.; Ferreira de Lima, J. Ocupação territorial e a espacialidade das atividades econômicas: o caso do Estado de Mato Grosso. **Informe Gepec**, Toledo: UNIOESTE, v. 16, nº 1, p. 26-41, jan./jun. 2012.

Prado Júnior, C. **A questão agrária**. 3. ed. São Paulo: Brasiliense, 1981.

Romeiro, A. R. Ciência e tecnologia na agricultura: algumas lições da história. **Cadernos de Difusão de Tecnologia**. Brasília: Embrapa, v.4, n.1, p.59-95, jan./abr. 1987.

Sayad, J. Especulação em terras rurais, efeitos sobre a produção agrícola e o novo ITR. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro: IPEA, n.12, v.1, p.87-108, abr. 1982.

Schun, G. E. Modernização e dualismo tecnológico na agricultura: alguns comentários. **Pesquisa e Planejamento Econômico**. Rio de Janeiro: IPEA. v.3. n.1, p. 51-94, mar. 1973.

Staduto, J. A. R. **Determinação dos salários na agrícola brasileira**: período de 1971 a 1996. 2002. 158 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Piracicaba: USP, 2002.



Dinâmica de uso da terra da bacia hidrográfica do rio Cará-Cará entre os anos de 2002 e 2010

Edson Antonio Mengatto Junior¹
João dos Santos Vila da Silva¹
Cristiano Marques Fernandes²
Lucilia Maria Parron³

¹Embrapa Informática Agropecuária
Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo
Campinas, SP
mengattogeo@gmail.com
joao.vila@embrapa.br

²Faculdade de Engenharia Agrícola - FEAGRI/UNICAMP
Av. Cândido Rondon, 501 - Barão Geraldo
Campinas, SP
cristiano.marquesf@gmail.com

³Embrapa Florestas
Estrada da Ribeira, Km 111
Colombo, PR
lucilia.parron@embrapa.br

Resumo: A ocupação de áreas naturais de forma indevida torna-se um dos principais atores nos processos erosivos, sobretudo em áreas de alta fragilidade ambiental, demonstrando a importância da conservação da vegetação natural em bacias hidrográficas. O estudo do uso e ocupação da terra a partir de técnicas de geoprocessamento auxiliam na elaboração de diagnósticos a partir da análise de imagens de satélite em séries temporais, tornando-se importante para a compreensão dos padrões de organização do espaço. O objetivo deste trabalho foi avaliar a dinâmica de mudança do uso da terra, avaliando imagens de 2002 e comparando-as com as de 2010. A área de estudo é a bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, em Ponta Grossa, PR. Foram utilizadas imagens Landsat 5 (2002) e imagens Landsat 7 (2010). Entre os métodos utilizados, destaca-se o uso da segmentação para a geração automática dos polígonos e consequente edição a partir de interpretação visual das imagens. Foram utilizados os *softwares* SPRING, versão 5.2.6 para a interpretação das imagens e segmentação e ArcGis 10.2 para a edição final dos mapas utilizados. Os resultados mostram redução das áreas naturais ocorrida no período avaliado, sendo a classe estepe a mais degradada e consequente aumento das áreas antrópicas. A metodologia utilizada se mostrou adequada e eficiente para o trabalho proposto. O uso de ferramentas e técnicas de geoprocessamento auxiliam na elaboração dos mapas de uso e ocupação de forma mais rápida e com menor custo.

Palavras-chave: segmentação, imagens digitais, geoprocessamento, mapeamento.

Abstract: The occupation of natural areas improperly becomes one of the main actors in the processes erosion especially in areas of high environmental fragility, demonstrating the importance in the conservation of natural vegetation, especially in watersheds. The study of the use and occupation of land with geoprocessing techniques help the diagnostics development from the satellite image analysis in time series, becoming important for understanding of space organization standards. The objective of this study was to evaluate the change dynamics of the earth use evaluating of 2002 images and comparing them with the 2010 images. The study area occurred in the watershed Cará-Cará, located in Ponta Grossa, PR. The study used Landsat images 5 (2002) and Landsat 7 images (2010). Among the methods used, noteworthy is the use targeting an automatic generation of polygons and consequent issue to from interpretation of visual images. The software SPRING, version 5.2 was used for interpretation and segmentation of satellite images and ArcGIS 9.2 to finish de used maps. The results show decrease in natural areas occurring in the analyzed period, the most degraded steppe class and consequent increase in anthropogenic areas. The methodology used was adequate and efficient for the proposed work. The use of tools and geoprocessing techniques assist in preparing the use of maps and occupation more quickly and at lower cost

Keywords: segmentatiom, digital images, geoprocessing, mapping.

1. Introdução

As crescentes ocorrências de processos erosivos derivados, sobretudo, de ocupação indevida de áreas naturais têm sido cada vez mais constantes na mídia nacional. Estes processos são condicionados e potencializados devido a atuações antrópicas sobre áreas de alta fragilidade ambiental.

Desta forma

quando a vegetação natural é retirada, qualquer ocupação das terras causa impactos ambientais. Os impactos podem ser classificados em benéficos ou adversos, diretos ou indiretos, reversíveis ou irreversíveis, imediatos ou em longo prazo, temporários ou permanentes. Sua magnitude e intensidade são determinadas pelo grau de pressão das atividades antrópicas e influenciadas também, pela vulnerabilidade e resiliência de cada ambiente, seja qual for a atividade desenvolvida. Quando os impactos ultrapassam a capacidade de resiliência do ambiente, ocorre a perda de qualidade e degradação (Freitas, 2012, p. 1).

Segundo Rosa (2007), o estudo do uso e ocupação da terra consiste em mapear toda a utilização da terra por parte do homem ou, quando não utilizado por este, caracterizar os tipos de categorias de vegetação natural que reveste o solo analisado, como também sua localização. Estudos de uso e cobertura da terra têm sido favorecido por técnicas avançadas de detecção e regionalização automática, como o processo de segmentação de áreas.

Sendo assim, o levantamento do uso da terra em uma região pode se tornar essencial para a compreensão dos padrões de organização do espaço. Para isto, técnicas de geoprocessamento auxiliam na obtenção de informações que podem ser utilizadas nesse tipo de mapeamento.

A análise do conflito do uso da terra atrelado ao planejamento e gestão visa compreender a dinâmica da região e estabelecer diretrizes de ocupação que garantam a qualidade de vida da população e a manutenção dos recursos naturais de forma sustentável.

Para o autor,

a análise do uso e ocupação das terras está consolidada como uma prática importante para a gestão ambiental. É aplicada no monitoramento das condições de solo em função do uso e também como ferramenta para a gestão de sistemas de produção. Como uma ferramenta de gestão pública, deve ser utilizada para análise da compatibilidade do desenvolvimento econômico e social com a proteção ambiental. Os dados gerados nos mapeamentos de uso e ocupação são relevantes para amparar políticas de fiscalização e desenvolvimento regional em suas diferentes escalas, assim como subsidiar decisões de ocupação e manejo das áreas agrícolas e outras (Freitas, 2012, p.1).

A bacia hidrográfica constitui uma unidade geográfica importante para esses estudos, fundamental para a conservação e manejo dos recursos naturais, como a água e o solo (Carpi Junior, 2001). Isso porque, os problemas de uma bacia hidrográfica não podem ser tratados isoladamente, pois podem envolver sistemas fluviais em extensas áreas geográficas. As soluções dos problemas locais devem ser tomadas em consonância com as alterações ambientais e econômicas de ocupação de toda a bacia. O entendimento da situação atual do setor agrícola e de sua influência sobre a disponibilidade de recursos hídricos de uma determinada bacia hidrográfica é crucial para a definição de políticas públicas que busquem o uso eficiente da água, que inclui a manutenção de sua quantidade e qualidade.

2. Objetivo

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a dinâmica de uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, em Ponta Grossa, PR, entre os anos de 2002 e 2010.

Caracterização e localização da área de estudos

A bacia hidrográfica do rio Cará-Cará está localizada na parte central do município de Ponta Grossa-PR, abrangendo a parte leste e sudeste do perímetro urbano da cidade e parte da área rural do município, como demonstra a **Figura 1**. Compreendida entre as coordenadas O 47° 25' e O 47° 23' e S 25° 21' a S 25° 04'. Está inserida no bioma Mata Atlântica, em área de Floresta Ombrofila Mista. O rio Cará-Cará é afluente de 4ª ordem da margem direita do rio Tibagi e é parte da bacia hidrográfica do Alto Rio Tibagi (Miara, 2006). A altitude da bacia do rio Cará-Cará varia entre 780 a 1027m, sendo que as maiores altitudes ocorrem a leste e diminuem a sudoeste, para onde correm os principais canais. Os topos são aplainados e seus divisores estendem-se nos sentidos Leste/Oeste, Norte/Sul e Nordeste/Sudoeste (Miara 2006).

Apresenta rede de drenagem densa e perene, onde ocorrem processos de erosão e o transporte de sedimentos de regiões mais elevadas para planícies à jusante da bacia (Godoy *et al.*, 1994). Os solos da bacia hidrográfica são predominantemente Latossolos vermelhos, seguidos por Cambissolos e Organossolos (Moro, Schmitt e Diedrichs, (2001); Bognola *et al.*, 2004).

A maior parte do relevo apresenta baixas declividades as quais aumentam sem grandes variações sentido encostas abaixo. As maiores declividades associam-se em parte, as rupturas do relevo (Miara, 2006). Na área da bacia são encontradas rochas sedimentares da formação Furnas, formação Ponta Grossa e sedimentos quaternários. A formação Furnas, que é constituída por arenitos médios a grosseiros com estratificações cruzada e horizontal, ocorre a leste da bacia, nas nascentes da margem esquerda do rio Cará-Cará. A formação Ponta Grossa formada por folhelhos e siltitos cinzentos, localmente betuminosos, com intercalações de arenitos muito finos e esbranquiçados, aparece nas porções sudeste e noroeste da bacia. Na foz do rio Cará-Cará são encontrados sedimentos de deposição fluvial com areia, silte e cascalhos quaternários (MINEROPAR, 2005).

A vegetação original era constituída por campos naturais gramíneo-lenhosos, capões de floresta ombrófila mista com a ocorrência de araucária e matas ciliares ao longo dos cursos d'água (Cervi e Linsingen, 2007).

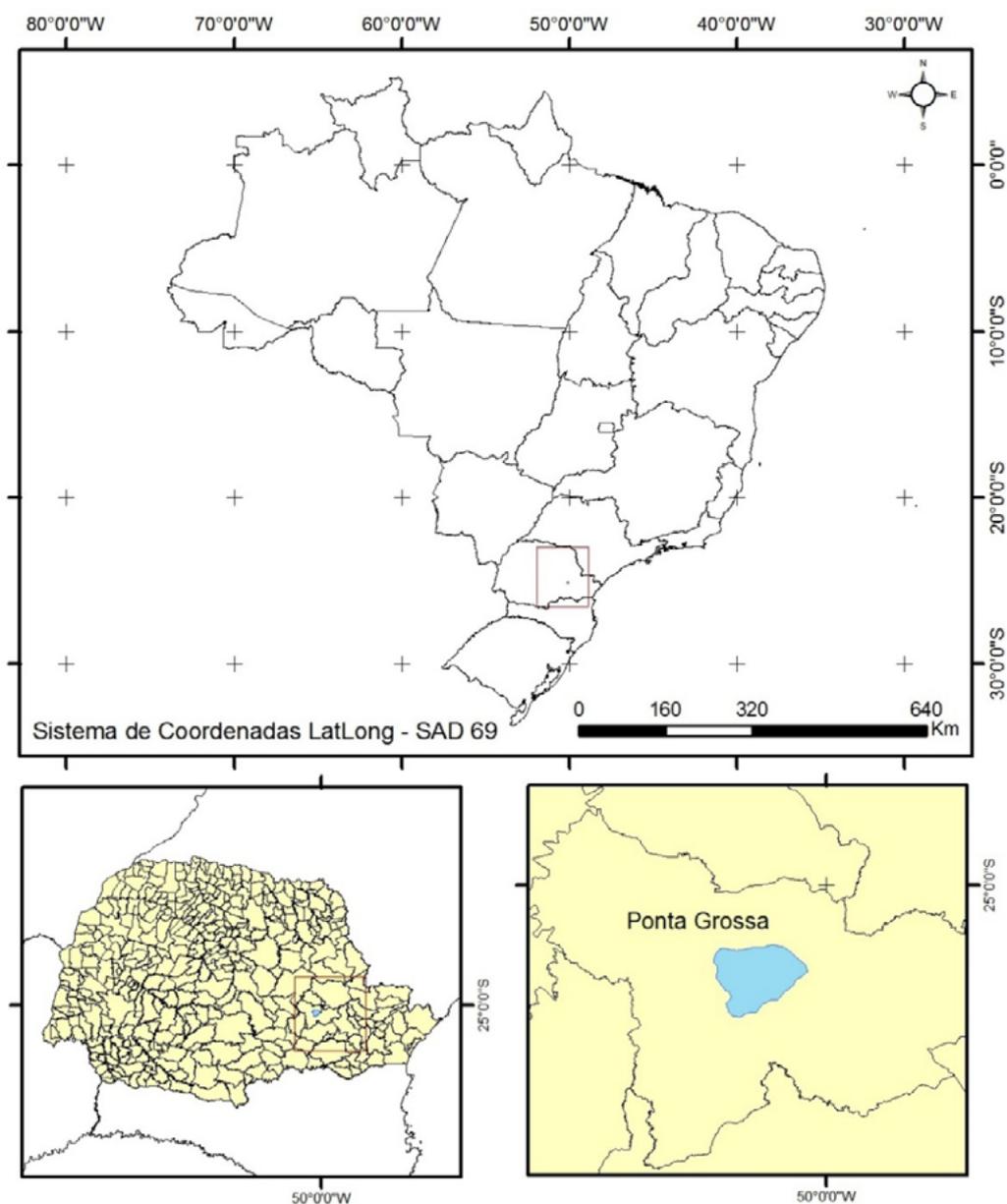


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, Ponta Grossa, PR

O clima da região é do tipo Cfb (Köeppen), subtropical úmido, caracterizado por temperaturas médias mensais entre 13,9°C e 21,4 °C, precipitação de 1523 mm ano⁻¹ e evapotranspiração de 823 mm ano⁻¹ (período entre 1954-96), com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (Embrapa Monitoramento por Satélite, 2014).

3. Material e Métodos

Foram utilizadas imagem do satélite Landsat 5, ponto/órbita 221/077, composição R5G4B3 (cor natural), de 09 de março de 2002 imagens do satélite Landsat 7, ponto/órbita 221/077, composição R5G4B3 (cor natural), de 14 de Abril de 2010. Estas imagens estão disponibilizadas gratuitamente no site do *Earth Explorer*. O software SPRING versão 5.2.6 foi utilizado para processamento das imagens e da aplicação da técnica de segmentação. O algoritmo de segmentação está presente no SPRING e baseia-se no método de crescimento de regiões. O software

ArcGIS, versão 9.2, foi utilizado para a elaboração dos layouts dos mapas finais derivados desta pesquisa.

Os limites estaduais e municipais foram obtidos dos dados disponibilizados pelo IBGE (2010). O limite da bacia hidrográfica do rio Cará-Cará foi elaborado de forma manual, apoiado por cartas topográficas que foram elaboradas pela diretoria de serviços geográficos (DSG) do Exército (1980), na escala de 1:50.000, folha SG.22-X-C-II/2 (Ponta Grossa) e também da imagem de satélite.

A delimitação manual exige, para tanto, certa experiência, para definição a partir das linhas topográficas dos divisores de água de uma bacia para outra.

A **Figura 2** permite identificar o processo de segmentação elaborado na cena Landsat 5 (ano de 2002). Foram realizados testes com diferentes limiares, utilizando os limiares 15 (área) e 110 (similaridade) e 30 (área) e 110 (similaridade), que possibilitam a criação de maior quantidade de classes e áreas mínimas de mapeamento de acordo com os objetivos do mapeamento elaborado.

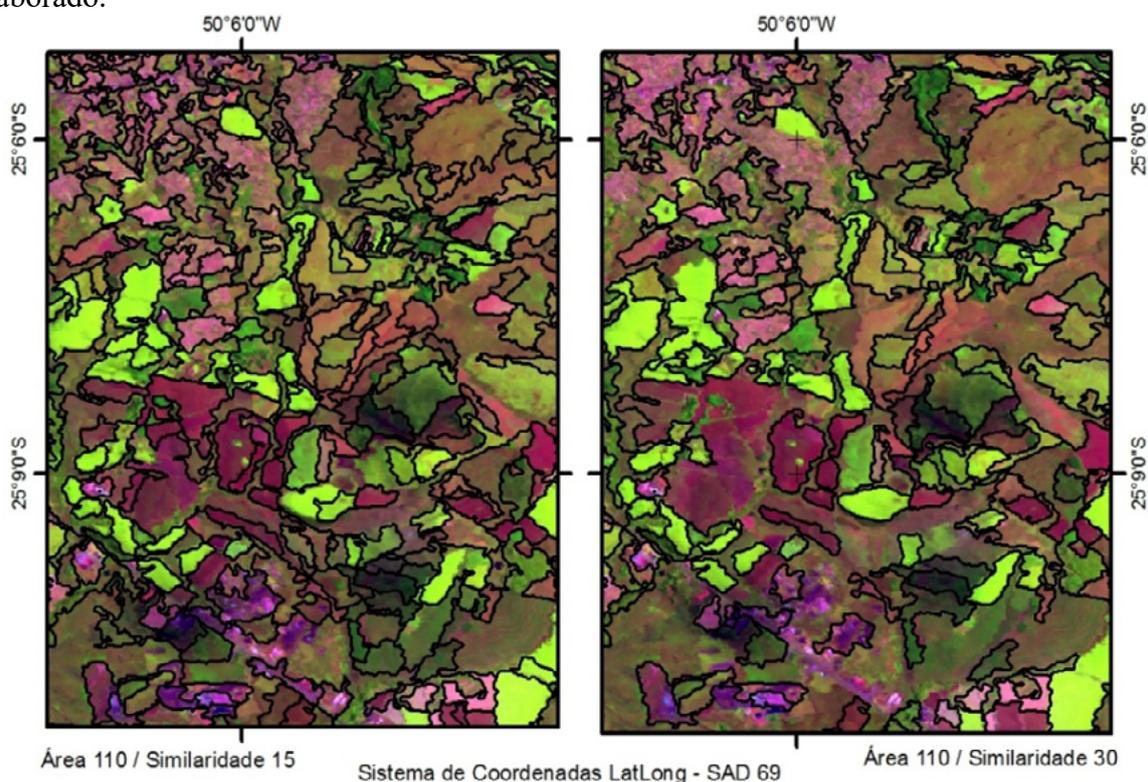


Figura 2. Exemplos de testes de segmentação na bacia do rio Cará-Cará

Para Oliveira e Silva (2005), a segmentação é uma importante etapa na análise de imagens. Isso porque o processo de segmentação consiste em subdividir uma imagem em regiões homogêneas, considerando algumas de suas características intrínsecas, como por exemplo, o nível de cinza dos pixels e a textura, que melhor representam os objetos presentes na cena, já que o processo de segmentação está diretamente relacionado com a imagem analisada e os limiares de similaridade e área.

A definição dos limiares é fundamental, pois interfere diretamente na precisão do produto final. Os limiares permitem ao usuário controlar o resultado da segmentação de uma forma interativa, necessitando da elaboração de testes para a decisão dos melhores limiares.

Para Nascimento *et al.* (1998, p. 83), a execução do processo de segmentação de imagens exige a definição dos limiares de similaridade e de área, os quais definem a similaridade espec-

tral entre duas regiões e o tamanho da região, respectivamente. O limiar de similaridade é o valor da distância euclidiana mínima entre as médias das regiões consideradas. E o limiar de área é o valor da área mínima, dado em número de pixel, para que uma região seja individualizada (Nascimento *et al* 1998, p. 983).

Os valores a serem fixados para a segmentação de imagens dependem principalmente dos padrões de repartição espacial dos objetos de cada área e da definição da generalização cartográfica ideal, em função da escala cartográfica da abordagem realizada. Não existe, portanto, uma padronização dos valores destas variáveis para a obtenção de bons resultados.

Com isso, foram definidos que os melhores limiares a serem utilizados para o objetivo proposto foi o de 110 de área e 20 de similaridade. Já a classificação final do uso e ocupação da terra foi realizada de forma manual, analisando os entornos das áreas mapeadas e apoiado sobre o manual técnico de vegetação (IBGE, 2012) para a decisão da classe final, dando condições de elaboração de um mapa de uso e ocupação da terra final.

Posteriormente ao processo de segmentação, foi elaborada a classificação, de forma manual, dos polígonos definidos. As classes mapeadas foram definidas a critério do projeto AgroHidro. Para tanto foram pesquisados dados que estivessem inseridas por toda a área mapeada da bacia, ao qual foi definido o uso dos dados derivados projeto de conservação e utilização sustentável da diversidade biológica brasileira (PROBIO, 2002).

Sendo assim, as classes do AgroHidro possuem estreita relação com os dados do PROBIO 2002, mas que foram adequadas para atingir o seu objetivo. Ou seja, foram elaboradas adequações das classes do PROBIO para o AgroHidro, e que também foram apoiadas pelo manual de uso da terra (IBGE, 2006) e do manual técnico de vegetação (IBGE, 2012).

As classes definidas foram revisadas a partir de trabalhos de campo, onde foi sugerido a necessidade de mudança das classes mapeadas por savana para classes definidas por estepes (do tipo gramíneo-lenhosa e parque), devido a inexistência de savanas na região do município de Ponta Grossa, PR.

4. Resultados e Discussão

A dinâmica de uso da terra para a bacia hidrográfica do Cará-Cará foi avaliada para o período entre os anos de 2002 e 2010. A **Tabela 1** demonstra as siglas das classes utilizadas no mapeamento, a classe mapeada e pré-definida no projeto AgroHidro, além da área em km² para o ano de 2002.

Neste, é possível notar que as áreas naturais são representadas por aproximadamente 33% apenas da área total da bacia. Destaca-se a presença maior de estepe parque e gramíneo-lenhosa. Estas classes foram agrupadas devido à dificuldade de separação destas através da avaliação visual das imagens Landsat utilizadas neste trabalho. A classe floresta foi mapeada em apenas 1,9 km² (representando menos de 6% da área natural ou apenas 2% da área total da bacia).

Entretanto, as áreas de mananciais deveriam ser mais conservadas, visto que a conservação dessas áreas permite a provisão de água, também um controle natural de enchentes, através do escoamento e percolação da água de chuvas nos solos, diminuindo a incidência de processos de lixiviação dos nutrientes presentes no solo da bacia. Ou seja, a conservação das áreas naturais nos leitos das calhas dos rios permite maior controle da taxa de erosão no solo, possibilitando assim, uma melhora na qualidade da água.

Como o quadro demonstra, as áreas antrópicas, representando aproximadamente 66% do total da área mapeada, é destacada principalmente pela acentuada influência urbana, devido sobretudo, a sua localização próxima às áreas urbanas e fácil acesso a rodovias.

A influência urbana também é favorecida pela presença de agricultura anual, que representa

mais de 35% das áreas antrópicas, com 22,7 km² de área utilizada.

Tabela 1. Quantificação de áreas mapeadas na bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, ano 2002

Sigla Classe	Classe – Mapeada AgroHidro	Área (km ²)
	Natural	32,2
F	Florestas	1,9
Tg	Estepe parque e gramíneo-lenhosa	21,1
Ta	Estepe arborizada	9,2
	Antrópica	63,3
Ac	Agricultura anual	22,7
Ap	Agropecuária	12,7
Iu	Influência Urbana	27,8
Solo	Solo Exposto	0,1
	Total	95,5

O mapa de uso e ocupação da terra para o ano de 2002, apresentado na **Figura 3**, mostra a espacialização das classes. As classes mapeadas foram agrupadas, assim como já apresentado no quadro acima, entre as áreas naturais e as áreas antrópicas como é possível verificar na **Tabela 1**.

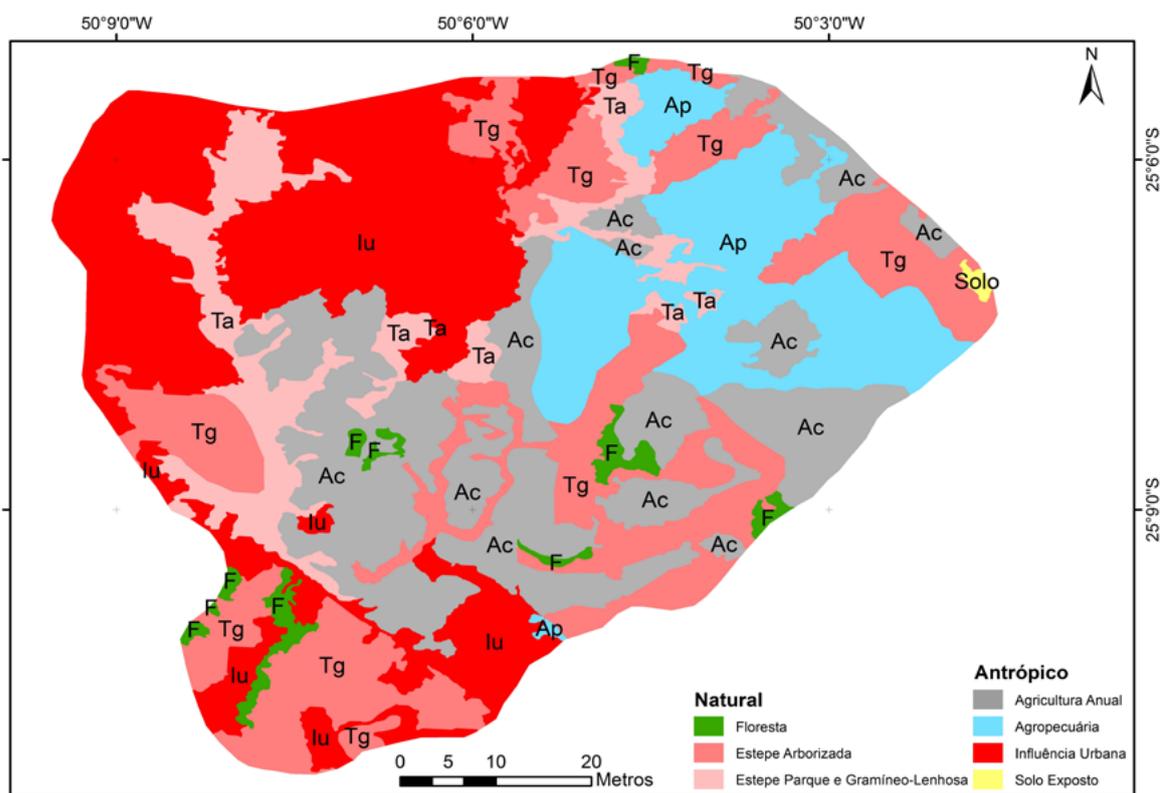


Figura 3. Mapa de uso e ocupação da terra na bacia do rio Cará-Cará, ano 2002

As áreas naturais estão muito fragmentadas, o que pode dificultar o processo de equilíbrio natural destas áreas e também ocasionar a perda de flora e fauna para a bacia em destaque, acelerando assim o processo de desmatamento na região. As áreas de florestas encontram-se dispersas em meio das áreas de agriculturas ou segmentada por áreas de forte influência urbana. A parte sul da bacia é a única área que apresenta elevada conservação da área, pela presença

maior de estepes e florestas (**Figura 3**).

As áreas antrópicas, por sua vez, dominam as bordas da bacia pela maior facilidade de acesso devido à existência de maior infraestrutura viária. A região leste encontra-se quase toda tomada pela agricultura anual ou por agropecuária. Já a região oeste, sofre forte influência urbana, diminuindo assim a existência de vegetação natural nesta área.

A **Tabela 2**, demonstra as classes mapeadas para o ano de 2010, possibilitando a avaliação das mudanças ocorridas entre os anos mapeados. Esse quadro, mostra outra classe derivada de atuações antrópicas, como o reflorestamento. Além disso, observa-se também a dinâmica de mudanças ocorridas entre as áreas naturais e as áreas antrópicas, entre os anos de 2002 e 2010.

Tabela 2. Quantificação de áreas mapeadas na bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, ano 2010

Sigla Classe	Classe- AgroHidro	Área (km ²)
	Natural	24,7
F	Florestas	2,0
Tg	Estepe parque e gramíneo-lenhosa	15,4
Ta	Estepe arborizada	7,3
	Antrópica	70,8
Ac	Agricultura anual	29,5
Ap	Agropecuária	12,3
Iu	Influência Urbana	28,1
Solo	Solo Exposto	0,8
R	Reflorestamento	0,1
	Total	95,5

Entre as mudanças observadas no período entre 2002 e 2010, destaca-se a diminuição das áreas naturais (diminuição aproximada de 22%) e conseqüentemente o aumento das áreas definidas por áreas antrópicas, como a agricultura anual e que pode ser visualizada na **Figura 4**.

Nesse período as grandes mudanças nas áreas naturais ocorreram sobretudo nas áreas definidas como estepes. No entanto, as que sofreram maior degradação foram as áreas definidas como estepe parque e gramíneo lenhosa, com diminuição aproximada de 6 km² ou aproximadamente 25% da área total natural.

Nas áreas antrópicas, em que houve aumento da área total, ocorreu aumento na classe de agricultura anual, onde houve crescimento aproximado de 31% da área total de áreas antrópicas. Além disso, destaca-se a presença de áreas de reflorestamento, localizadas no lado leste da bacia, substituindo áreas naturais.

A literatura disponível para a área selecionada também evidencia que o sítio urbano do município vem se expandindo rapidamente através da instalação de numerosos loteamentos, conjuntos habitacionais e ocupação de terrenos irregulares, com obras de infraestrutura deficientes e inadequadas, onde a periferia do município ocorre de maneira descontrolada e a população passa a se instalar em áreas impróprias para habitação, que podem ser observados através da avaliação dos mapas de uso e ocupação. Portanto, os mapas de uso e ocupação da terra propiciam a realização de diagnósticos e prognósticos que permitam melhor entendimento para a elaboração de planejamentos ambientais mais adequados para o caso de bacias hidrográficas, como o caso da bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, importante área de recarga de aquíferos da bacia hidrográfica do alto Rio Tibagi.

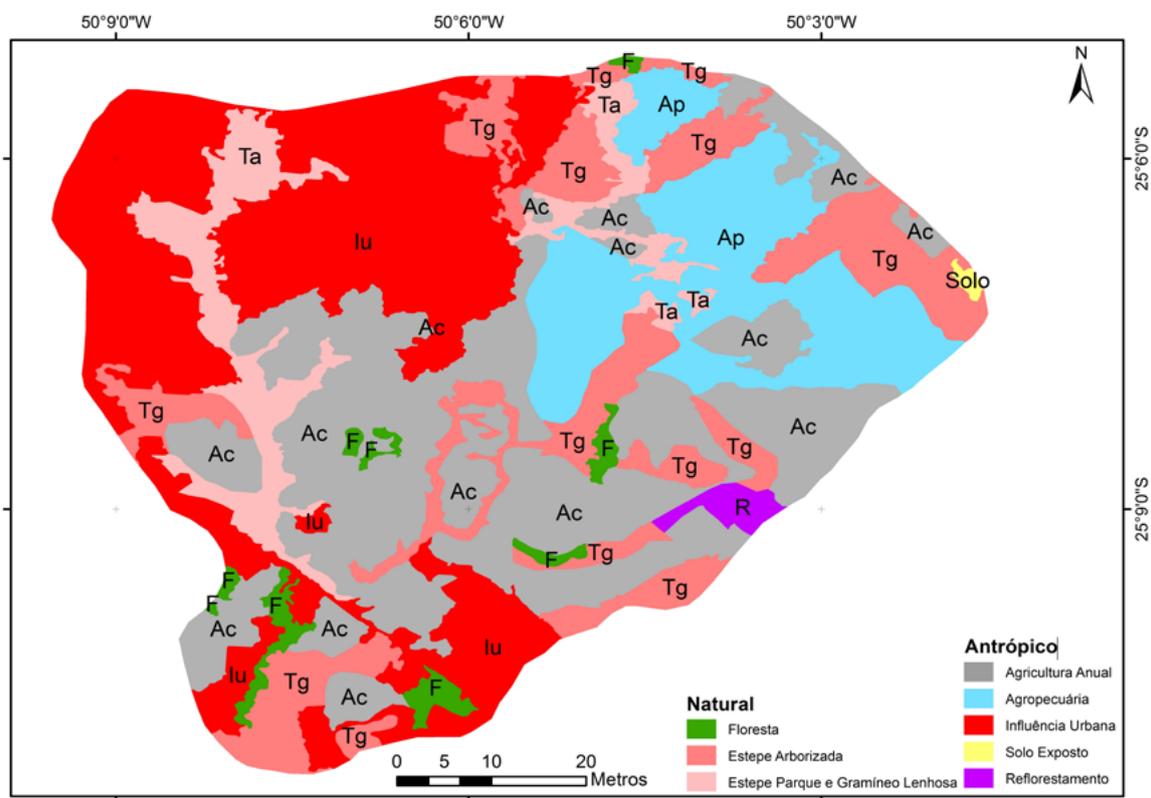


Figura 4. Mapa de uso e ocupação da terra na bacia do rio Cará-Cará ano de 2010

5. Conclusões

A metodologia adotada para o mapeamento da dinâmica do uso e ocupação da terra se mostrou eficiente, produzindo de forma eficaz e rápida as informações sobre as dimensões espaciais e temáticas para a bacia estudada.

O resultado demonstra que a bacia hidrográfica mapeada apresenta elevada atuação antrópica para os anos avaliados, já que as áreas naturais mapeadas sofreram decréscimo em relação as áreas antrópicas, principalmente na classe natural estepe do tipo parque e gramíneo-lenhosa.

O uso de ferramentas de geotecnologias permite a elaboração de diagnósticos e prognósticos que podem auxiliar no processo de elaboração de planejamentos do uso e gestão dos recursos hídricos representados pelas bacias hidrográficas, a partir do uso de series temporais que permita avaliar as mudanças ocorridas no período avaliado.

As técnicas de geoprocessamento foram essenciais para a elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra para os anos de 2002 e 2010. Sendo assim, recomenda-se o uso do trabalho para a derivação de novos trabalhos semelhantes.

6. Agradecimentos

Agradecemos a Embrapa Informática Agropecuária pelo fornecimento dos dados trabalhados.

7. Referências Bibliográficas

Bognola, I. A., Fasolo, P. J., Bhering, S. B., Martorano, L. G. **Solos, clima e vegetação da região de Campos Gerais.** In: Machado, P. L. O. A. de. Agricultura de precisão para o manejo de fertilidade do solo em sistema de plantio direto. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2004.

Carpi Junior, S. C. **Processos erosivos, recursos hídricos e riscos ambientais na bacia do Rio Mogiguaçu.**

2001. 171 p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 2001.
- Cervi, A.C., Linsingen, L.V. A vegetação do Parque Estadual de Vila Velha, município de Ponta Grossa, Paraná, Brasil. **Boletim do Museu Botânico Municipal**. No. 69. p.1-52. 2007.
- Cruz, G.C.F. Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais. *In*: Melo, M. S.; Moro, R. S.; Guimarães, G. B. **Patrimônio natural dos Campos Gerais do Paraná**. 1. ed. Ponta Grossa: UEPG, 2007. Cap. 2, p. 59- 72.
- Embrapa Monitoramento por satélite. **Banco de dados climáticos do Brasil**. Disponível em: <http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 28 março 2014.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Manuais técnicos em geociências. N, 1. Brasília. 2012.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Manuais técnicos em Geociências, n. 7. Brasília. 2006. 91 p.
- Freitas, E. P. **Análise integrada do mapa de uso e ocupação das terras da microbacia do rio Jundiá-Mirim para fins de gestão ambiental**. 2012. 120 p. Dissertação (Mestrado). Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas. 2012.
- Godoy, L. C. et al. **Levantamento da atividade extrativa de areia do município de Ponta Grossa e suas implicações ambientais**. Ponta Grossa-PR: Prefeitura Municipal de Ponta Grossa/Departamento de Meio Ambiente/GEOTEMA S/C, 1994.
- Maack, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. 2 ed. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Ed., 1981.
- Melo, M.S.; Guimarães, G.B., Ramos, A.F., Prieto, C.C. Relevô e hidrografia dos Campos Gerais. *In*: Melo, M. S.; Moro, R. S.; Guimarães, G. B.: **Patrimônio Natural dos Campos Gerais do Paraná**. Ponta Grossa: Editora da UEPG, 2007, p. 49 – 58.
- Miara, M. A. **Análises tempo-espaciais da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Cará-Cará, Ponta Grossa – PR**. Dissertação (Mestrado). Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.
- Minerpar – Minerais do Paraná S.A. Cartas Geológicas do Estado do Paraná – Escala 1:250.000. Folha Ponta Grossa (SG.22-X-C). Curitiba: Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Zoneamento Ecológico-Econômico do Paraná, 2005. **CD-ROM**.
- Moro, R. S.; Schmitt, J.; Diedrichs, L. A. **Estrutura de um fragmento da mata ciliar do rio Cará-Cará**, Ponta Grossa, PR. Publicatio UEPG – Biological and Health Sciences, Ponta Grossa, v. 7, n. 1, p. 19-38, 2001.
- Nascimento, P. S. R. et al. Efeito de Pré-Processamento (ajuste) no Desempenho da Segmentação e Classificação De Imagens Landsat-TM.. *In*: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 9,. 1998, Santos. **Anais...** São José dos Campos: INPE 1998, p. 981-989.
- Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm>. Acesso em 17 de Abril de 2016.
- Rosa, R. **Introdução ao sensoriamento Remoto**. Uberlândia. Editora UFU, 2007.



Ferramenta técnica como suporte a gestão do território

Edson Antonio Mengatto Junior¹

João dos Santos Vila da Silva²

Regina Célia de Oliveira¹

¹Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Rua João Pandiá Calógeras, 51 - Barão Geraldo

Campinas, SP

mengattogeo@gmail.com

reginacoliveira@ige.unicamp.br

²Embrapa Informática Agropecuária

Av. André Tosello, 209 - Barão Geraldo

Campinas, SP

joao.vila@embrapa.br

Resumo: O território ao se constituir como um espaço de conflitos a partir da complexa relação entre a necessidade de uso e apropriação do espaço e a permanência do funcionamento dos sistemas naturais, que venham garantir minimamente condições de assistir as demandas imediatas de uso, sob um olhar que permita criar condições de preservação para usos futuros, busca constituir nos mecanismos de planejamento a forma eficiente de ordenamento que venha considerar critérios de usos e sustentabilidades. Nesse sentido, o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) se torna, a partir da homologação da lei nº 4.297 de 2002, em um instrumento legal de organização do território nacional. Este trabalho objetiva apresentar funcionalidades de análise espacial no SIAGEO a partir da disponibilidade de dados do Pantanal e da Amazônia. Para tanto, foram disponibilizados 665 temas espaciais, adquiridos em colaboração com o Ministério do Meio Ambiente (MMA) que primeiramente foram organizados a partir do software de Sistema de Informação Georreferenciado (SIG) QGIS, versão 1.8 Lisboa. Estes temas estão disponíveis para visualização e manuseio a partir do portal SIAGEO, com o intuito de permitir avaliações e estudos visando o ordenamento do território de maneira mais ágil e com menor custo financeiro. O uso de suas informações por universidades, instituições de pesquisa entre outros, possibilita maior desenvolvimento das áreas adjacentes aos zoneamentos de maneira sustentável. Torna-se assim um instrumento técnico importante para a elaboração de planejamentos e ordenamentos territoriais.

Palavras-chave: SIG, mapas temáticos, visualizador web

Abstract: The territory to be constituted as an area of conflict from the complex relationship between the need to use and appropriation of space and the permanence of the functioning of natural systems, which will minimally ensure conditions to watch the immediate demands of use, under a look allow preservation create conditions for future use, search constitute the planning mechanisms to efficiently ordering that will consider criteria and uses sustainable. In this sense, the Ecological Economic Zoning (ZEE) becomes from the approval of Law No. 4297 of 2002 in a legal instrument of the national territory organization. The objective of this work present spatial analysis functionality not SIAGEO from the Pantanal data availability and Amazon. For this, 665 were available space themes, acquired in collaboration with the Ministry of Environment (MMA) which were first organized from the Georeferenced Information System (GIS) software QGIS version 1.8 Lisboa. These themes are available for viewing and handling from SIAGEO portal, in order to permit reviews and studies for regional planning in a more agile way and with less financial cost. The use of your information by universities, research institutions, among others, enables further development of areas adjacent to zoning sustainably. It is therefore an important technical tool for the development of planning and territorial systems.

Key-words: GIS, thematic maps, web viewer

1. Introdução

Nas últimas décadas, o aumento do desmatamento nos principais biomas brasileiros, importantes redutos de conservação da biodiversidade, além dos conflitos gerados a partir da complexa relação entre a necessidade de uso e apropriação do espaço, em consonância com os sistemas naturais provocaram debates e ocasionaram a criação de fóruns de discussão, que devem ser utilizados como espaços de negociação para a definição de ações e criação de políticas públicas (com a criação de leis e decretos) a serem implementadas em conformidade com o discurso da sustentabilidade, permitem assim, o uso dos recursos naturais com menor degradação ambiental, garantindo a existência destes recursos para futuras gerações.

As últimas décadas registraram o ressurgimento da importância do campo de conhecimento denominado políticas públicas, assim como das instituições, regras e modelos que regem sua decisão, elaboração, implementação e avaliação (Souza, 2006 pg. 20). Políticas estas que devem ser voltadas sobretudo a um planejamento mais adequado a cada área avaliada e suas iniciativas, buscando-se assim, melhor ordenamento territorial possível para as áreas de gestão.

Para Rodrigues (2015, p. 9), a origem do termo ordenamento territorial se deu na França, nos estudos do *aménagement du territoire*. O sentido de *aménagement* é de arranjo, arrumação, ordenação, organização, ordenamento.

Por planejamento, entende-se o conjunto de ações integradas, coordenadas e orientadas que são empregadas para diagnosticar a realidade em avaliar as perspectivas e estruturar medidas a serem executadas considerando prazos e espaços. O ato de planejar sempre esteve associado à evolução da cultura humana, de enfrentar seus problemas, procurando sempre a melhor alternativa para a sua resolução (Philippi Jr. *et al.* 2005 p. 632).

Visto como um instrumento da política nacional do meio ambiente, o ZEE (Zoneamento Ecológico-Econômico) constitui uma importante referência para as políticas públicas. Ao oferecer soluções alternativas aos conflitos relacionados à ocupação do território e ao uso de seus recursos naturais, busca orientar os tomadores de decisão na adoção de ações convergentes com a conciliação do desenvolvimento socioeconômico e da conservação ambiental, de acordo com as vulnerabilidades e potencialidades do território.

O ZEE se torna um dos principais produtos de planejamento e organização do território, ao defini-lo como instrumento político e técnico do planejamento com a principal finalidade de aperfeiçoar o uso do espaço aliado as políticas públicas existentes e operantes (MMA e SAE, 1997).

O zoneamento ecológico-econômico do Brasil pode ser definido como:

“instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras, atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida à população” (Art. 2o Decreto No 4.297 de 2002).

Assim, o ZEE atua como um instrumento de planejamento territorial elaborado a partir de informações técnico-científicas e que contribui para o ordenamento do território através de políticas, bem como orienta a aplicação de investimentos necessários para a proteção ambiental, melhoria da qualidade de vida da população e minimização de perdas do patrimônio natural.

O ZEE tem como atribuição fornecer subsídios para a gestão do território entre as várias esferas do poder, sejam elas no setor privado, público ou sociedade civil. Além disso, de acordo com o artigo 3o do referido decreto

“o ZEE tem por objetivo geral organizar, de forma vinculada, as decisões dos agentes públicos e privados quanto a planos, programas, projetos e atividades que, direta ou indiretamente, utilizem recursos naturais, assegurando a plena manutenção do capital e dos serviços ambientais dos ecossistemas” (BRASIL, 4.297/02).

Na tentativa de se agilizar processos de planejamento para ordenamentos mais adequados às áreas adjacentes avaliando suas características, o uso de ferramentas técnicas como o geoprocessamento de dados operacionalizados a partir de plataformas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e uso de sensoriamento remoto possibilitam, além de maior agilidade e versatilidade, a disseminação das informações de interesse social, econômico e ambiental de maneira menos custosa financeiramente.

Nesse sentido, o Sistema Interativo de Análise Geoespacial da Amazônia Legal - SIAGEO Amazônia reúne de forma sistematizada as informações geoespaciais utilizadas e produzidas nas diversas iniciativas de ZEE da região, possibilita a visualização e o *download* de mapas georreferenciados e de informações tabulares de modo interativo, por meio da manipulação de diferentes níveis de informação de acordo com o interesse e a necessidade do usuário. Do mesmo modo, permite efetuar análise espacial de um ponto, linha ou polígono sobre os mapas temáticos inseridos no catálogo, além de disponibilizar aos usuários o acesso aos documentos técnicos e aos marcos legais referentes a cada iniciativa de zoneamento.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é apresentar funcionalidades de análise espacial no SIAGEO a partir da disponibilidade de dados do Pantanal e da Amazônia que podem ser úteis ao Zoneamento Econômico-Ecológico nacional.

3. Material e Métodos

Os dados inseridos no sistema visualizador são referentes aos ZEE dos nove Estados componentes da Amazônia Legal, a saber: Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins.

A elaboração de projeto institucional propiciou a Embrapa Informática Agropecuária o recebimento dos dados e apoio do Ministério do Meio Ambiente (MMA). Estes dados foram então inseridos em um banco de dados utilizando o *software* livre Quantum GIS (QGIS), versão 1.8 (Lisboa). Foi também utilizado o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) PostgreSQL + PostGIS, atendendo os pré-requisitos necessários para o trabalho proposto.

Para a definição do banco de dados final *web* no sistema visualizador, foi elaborado triagem dos temas espaciais com o objetivo de avaliar possíveis repetições e dados inconsistentes.

Foram recebidos inicialmente 2.500 geodados e após triagens, avaliação e aferição da consistência, foram definidos 665 dados geoespaciais que foram disponibilizados para visualização e manuseio no SIAGEO Amazônia.

Foram ainda projetados para o Sistema de Coordenadas Geográficas, *datum* SIRGAS 2000 e definido o sistema de representação dos dados temáticos (RGB), bem como criado uma sistemática de nomes dos arquivos disponibilizados e estrutura de diretórios.

Houve ainda a aplicação de uma ferramenta desenvolvida para a publicação do banco de dados espaciais para a alimentação de forma automática do banco PostgreSQL e da plataforma i3Geo, diminuindo a possibilidade de ocorrência de erros. Foram efetuadas algumas adaptações de *software* e mecanismos tecnológicos, principalmente pela automatização de rotinas e integração de recursos dos ambientes de desenvolvimento com o ambiente de publicação das informações.

Os dados são apresentados de duas formas. A primeira é a espacial, considerando informações referentes a Amazônia Legal e aos Estados e a segunda, temática, armazenados e agrupados nos seguintes temas: Aspectos Institucionais; Meio Biológico; Meio Físico; Meio Socioeconômico e Estudos Integrados. Estes temas foram definidos norteados nas diretrizes do Zoneamento Ecológico-Econômico (MMA, 2001).

Os dados estão disponibilizados em 5 tópicos principais: ZEE Estaduais, MacroZEE da Amazônia Legal, Dados Básicos Estaduais, Proposta de Integração dos ZEE e TerraClass. O **Tabela 1** apresenta a organização final utilizada considerando a existência de características homogêneas para os agrupamentos.

Tabela 1. Organização dos temas no SIAGEO Amazônia

Tema	Definição	Exemplo
Aspectos Institucionais	Áreas que são instituídas de forma legal, portanto com existência de lei específica.	Unidades de Conservação, Terras Indígenas, Área Militar
Meio Biológico	Dados que condicionam estudos derivados de processo biótico ou biológico.	Vegetação, Desmatamentos
Meio Físico	Dados derivados de estudos do meio físico de cada Estado.	Drenagem, Geomorfologia, Geologia
Meio Socioeconômico	Dados derivados de estudos de aspectos sociais e econômicos de determinada área.	Escolas, Esgotamento Sanitário, Rede de Atendimento de Saúde
Estudos Integrados	Estudos que integrem mais de uma informação para a geração de novo estudo ou dados.	Aptidão agrícola, potencial florestal não madeireiro

Fonte: Mengatto Junior *et. al.* (2015)

As publicações referentes ao ZEE de cada Estado foram recebidas via MMA ou obtidas por meio de pesquisas eletrônicas em sítios dos governos estaduais. Estas publicações foram organizadas por iniciativa e escala de elaboração e posteriormente disponibilizadas também no portal do SIAGEO Amazônia.

4. Resultados e Discussão

De acordo com o portal, o visualizador foi desenvolvido pela Embrapa Informática Agropecuária,

em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, os Governos dos estados da Amazônia Legal e a Embrapa Amazônia Oriental, com recursos da FINEP e CNPq. Para tanto, o SIAGEO Amazônia fornece, assim, uma base de informações territoriais integradas que permite maior conhecimento do território amazônico e de outros biomas, subsidiando a formulação e a espacialização de planos, programas e políticas e contribuindo, dessa forma, para a superação da desarticulação e da sobreposição de ações que incidem sobre a região.

As ferramentas de geotecnologias (como o geoprocessamento de dados operacionalizados em Sistemas de Informação Georreferenciados) possibilitam uma dinâmica de acessibilidade e disponibilização de informações através do uso da internet, atendendo à Lei de Acesso à Informação (lei nº 12.527/2011), que regulamenta o direito constitucional de acesso às informações públicas, criando um mecanismo que possibilita a qualquer pessoa, física ou jurídica, o acesso a informações públicas de extrema importância para a promoção da gestão territorial da Amazônia brasileira. A disponibilização destes mapeamentos condiciona uma possibilidade de maior transparência em relação aos dados estratégicos e permite a elaboração de novos planejamentos das áreas de forma integrada.

Para seu acesso é necessário a realização de um cadastro para gerar *login* e senha, na tentativa de abastecer os responsáveis pela sua elaboração de informações quanto ao uso, tipos de usuários e quantidade que se utilizam das ferramentas disponíveis no SIAGEO Amazônia. A **Figura 1** apresenta a página de *login* e de cadastro para o acesso ao Portal.

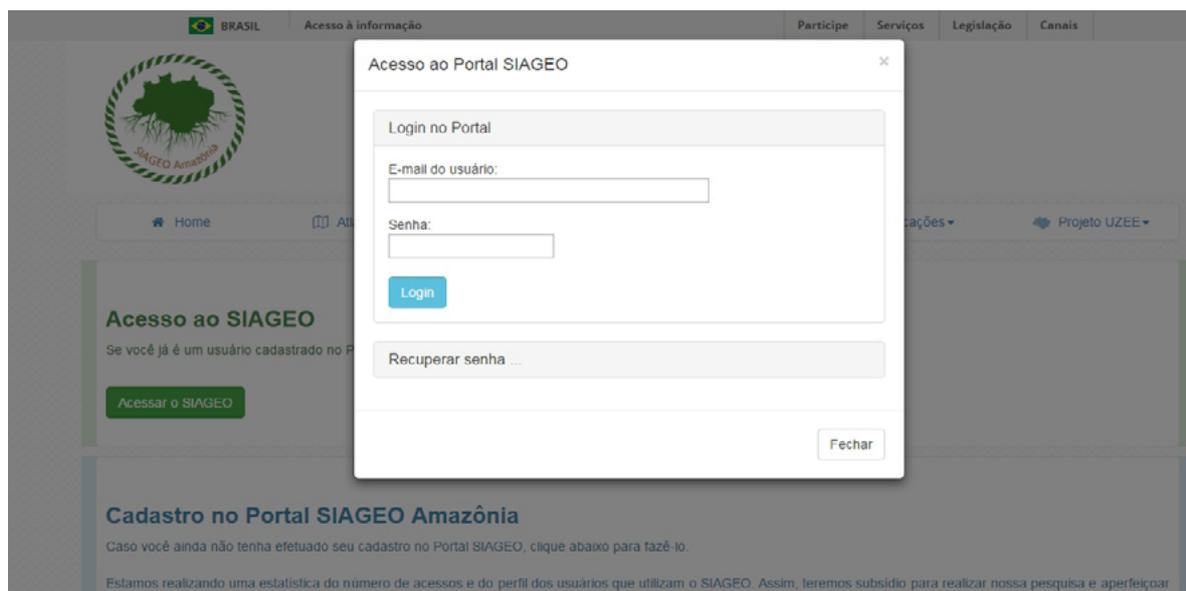


Figura 1. Acesso ao Portal SIAGEO Amazônia

A partir da **Figura 2** é possível visualizar o portal contendo 6 “abas” principais: Home, a qual apresenta diversas informações referentes a elaboração do SIAGEO Amazônia, como o projeto de criação e as instituições parceiras da produção; Atlas que apresenta plataforma de acesso ao modelo Atlas disponível no sítio do MMA; *WebGIS* cujos dados disponibilizados via *web* se encontram organizados como já mencionados acima; Relatórios cujo uso da ferramenta pode auxiliar na comparação e avaliação de temas disponíveis no banco do SIAGEO permitindo assim avaliação de distâncias e outras informações espaciais ao usuário do sistema e que também pode se tornar essencial para a avaliação de créditos bancários; Publicações (destacado na **Figura 2**) devido à importância destas informações ao disponibilizar todas as publicações oficiais referentes aos ZEE e Projeto UZEE, excetuando-se os Estados do Mato Grosso e Rorai-

ma, devido a existência de liminar de proibição da homologação e não finalização dos estudos, respectivamente.



Figura 2. Portal SIAGEO Amazônia em destaque

Inserido na Amazônia Legal, mas com presença também no bioma Pantanal, o ZEE do Estado do Mato Grosso tem sua primeira experiência no estado elaborada na escala 1:1.500.000 e constituída a partir da Lei Estadual nº 5.993/2002, que define a Política de Ordenamento Territorial no Estado objetivando o uso racional dos recursos naturais das áreas rurais do estado.

A escala 1:250.000 foi elaborado na validação pela Comissão Estadual do Zoneamento Socioeconômico-Ecológico (instituída pelo Decreto Estadual nº 1.139/2008) e normatizada a partir da Lei Estadual nº 9.523/2011 tendo sido concebido de forma vinculada ao Programa de Desenvolvimento Agropecuário do Estado do Mato Grosso (PRODEAGRO). No entanto, devido a divergências quanto as áreas aprovadas em assembleias, o ZEE encontra-se suspenso sob efeito de liminar judicial, acarretando na omissão de suas informações de Zonas e Subzonas disponíveis no SIAGEO Amazônia.

Embora a liminar impeça a disponibilização do zoneamento do Estado, outras informações utilizadas no ZEE podem ser visualizadas e utilizadas para estudos diversos relacionados ao estado e com vistas ao uso racional de suas áreas adjacentes. Portanto, o SIAGEO Amazônia conta com 27 temas inseridos neste sistema para o Estado. Assim, são possíveis análises utilizando de informações como a geomorfologia, geologia, regiões hidrográficas, mapas de temperatura, domínios fitogeográficos, bem como a localização das unidades de conservação existentes e as áreas protegidas, entre outros.

A ferramenta de Relatórios de Análise Espacial (contida na “aba” Relatórios) possibilita a realização de análises de pontos, linhas ou territórios adjacentes à Amazônia e/ou Pantanal a partir da escolha de qualquer tema inserido no sistema, como rios, limites municipais, zonas de conservação, áreas de gestão, entre outros.

A **Figura 3** apresenta o uso da ferramenta, considerando que parte da planície pantaneira se encontra no Estado do Mato Grosso (destacado em vermelho ao sul do Estado na figura abaixo), bem como a Bacia do Alto Paraguai também apresenta parcela de sua área inserida no Estado de Mato Grosso, o uso das informações contidas no SIAGEO pode permitir a avaliação de informações importantes não somente para o bioma Amazônico, como também para o bioma Pantanal, a partir destas informações disponibilizadas neste sistema.

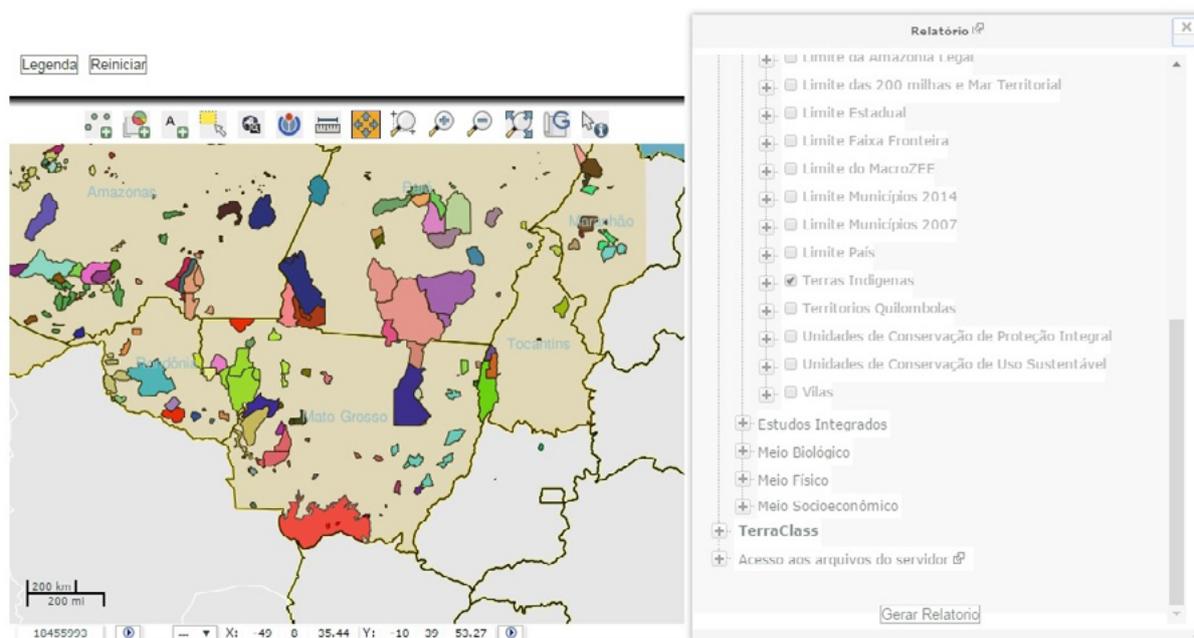
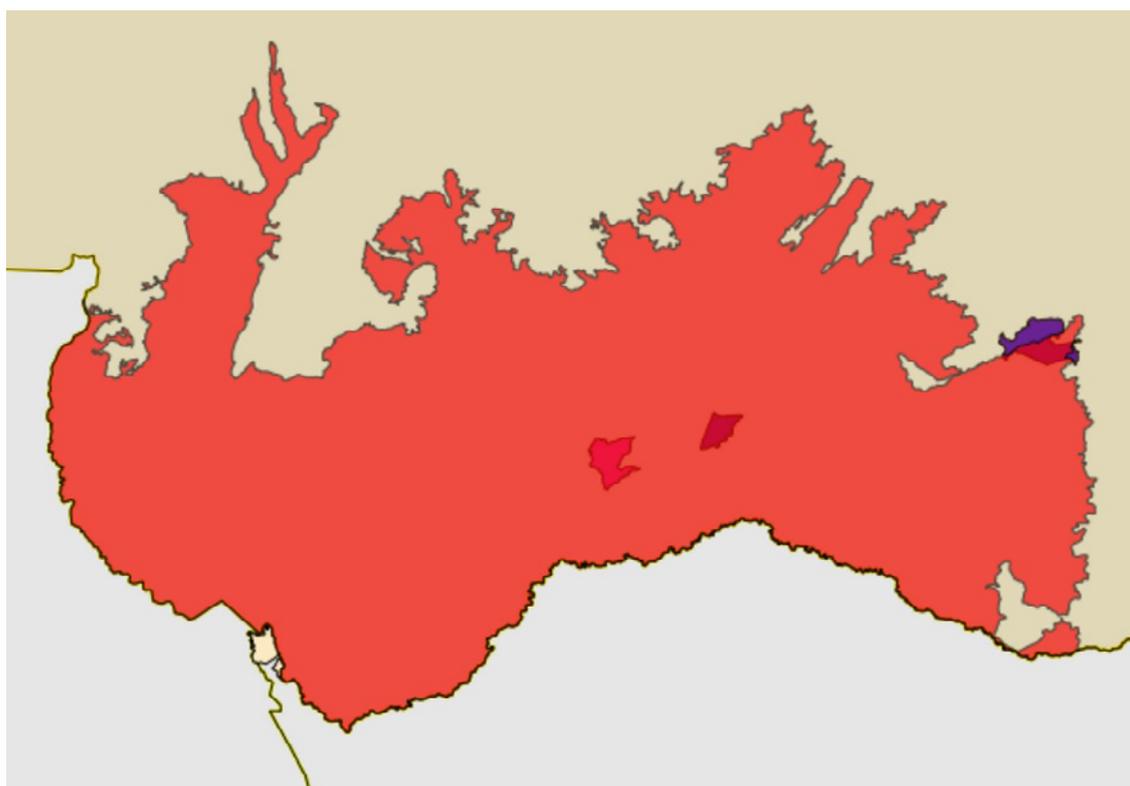


Figura 3. Uso da ferramenta Relatórios de Análise Espacial

Para tanto, o sistema gera um relatório contendo a porcentagem do território que intercepta cada classe dos temas selecionados; a porcentagem de cada classe que é interceptada pelo território; as classes do tema que estão contidas no território submetido; se o território está totalmente contido em alguma classe dos temas selecionados; as classes próximas até 15 km do território submetido; se há biomas presentes no território avaliado. Com isso, o relatório gerado a partir da consulta espacial pode ser salvo para sua utilização posterior em outras pesquisas possíveis tendo como formato a extensão pdf, como é possível visualizar na **Figura 4**, e que permite outras avaliações e análises a partir do uso da ferramenta.

O uso de suas informações de maneira adequada por universidades, instituições de pesquisas, administrações públicas entre outros, permite a avaliação de diversos campos de conhecimento e que se tornam de extrema importância na avaliação das áreas seja no campo social, econômico ou ambiental, possibilitando assim o uso dos recursos naturais e o desenvolvimento social da região avaliada de maneira sustentável e que permita com isso, a existência destes recursos naturais para outras gerações.



Porcentagem do território submetido que avança nas classes das camadas selecionadas

Nome	Interseção
Macrozeze da Amazônia Legal -Terras Indigenas	
Periquara	0,220%
Baia do Guat	0,390%
Tereza Cristiana	0,259%
Guat	0,001%

Porcentagem das classes das camadas selecionadas que avançam no território submetido

Nome	Interseção
Macrozeze da Amazônia Legal -Terras Indigenas	
Periquara	0,916%
Baia do Guat	1,627%
Tereza Cristiana	1,082%
Guat	0,005%

Classes contidas no território submetido

Nome	Contém
Macrozeze da Amazônia Legal -Terras Indigenas	
Periquara	Contido
Baia do Guat	Contido

Classe que contém totalmente o território submetido

Nome	Contém
Macrozeze da Amazônia Legal -Terras Indigenas	
Nada Encontrado	

Classes próximas até 15Km do território submetido

Nome	Distância
Macrozeze da Amazônia Legal -Terras Indigenas	
Periquara	Intercepta
Baia do Guat	Intercepta
Tereza Cristiana	Intercepta
Guat	Intercepta

Biomias presentes no território submetido

Nome	Presença
AMAZÔNIA	Presente
CERRADO	Presente
PANTANAL	Presente

Gerar PDF

Figura 4. Resultado gerado no Relatório de Análise Espacial

5. Conclusões

Considerando todos os geodados espaciais disponibilizados, bem como a lei de acesso à informação mencionados acima, o SIAGEO torna-se instrumento técnico importante para a elaboração de planejamentos e ordenamentos territoriais com alto rendimento, excelente eficácia de análise e baixo custo financeiro.

O ZEE visto como política pública possibilita duas avaliações distintas. A primeira, é a de que o ZEE é um instrumento para o ordenamento territorial e o desenvolvimento regional de toda a área inserida. A segunda, que se torna a própria política de ordenamento, com capacidade de intervenção positiva em seu ordenamento se avaliado como um instrumento político-jurídico e não somente como uma ferramenta técnica de utilização pelas diferentes administrações públicas (federal, estadual ou municipal).

6. Agradecimentos

Agradecemos a Embrapa Informática Agropecuária pela concessão das informações disponíveis neste trabalho e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

7. Referências

Brasil. Decreto 4297/02. Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/d4297.htm. Acesso em 05 de junho de 2016.

Mengatto Junior, E. A. M.; Silva, J. S. V. Andrade, D. D. Santos, J. L. Figueiredo, V. A. Informações Geoespaciais da Amazônia Legal na Internet. In: **Anais 4** Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia. 18 a 20 de novembro. Belém, PA, 2015.

MMA & SAE. **Detalhamento da Metodologia para Execução do Zoneamento Ecológico-Econômico pelos Estados da Amazônia Legal**. Brasília. DF, Ministério do Meio Ambiente, dos recursos Hídricos e da Amazônia Legal – MMA, Secretaria de Coordenação da Amazônia – SCA, Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República – SAE/PR, Resp. Técnicos Dra. Bertha K. Becker e Dr Cláudio A. G. Egler, Laboratório de Gestão do Território da universidade Federal do Rio de Janeiro, 1997.

MMA. **Programa Zoneamento Ecológico-Econômico: diretrizes metodológicas para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil**. Brasília: MMA/SDS, 2001. 110 p.

Philippi JR.; A.; Bruna, G.C.; Silveira, V.F. **Planejamento territorial: instrumentos de intervenção**. IN: PHILIPPI JR., A. (ed.) Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri (SP): Manolo,2005.

Rodrigues, M. A. **Dinâmica espacial do desmatamento no estado do Acre entre 1999 e 2010: o papel do zoneamento ecológico-econômico** / Marco Aurélio Rodrigues. – Campinas, SP: [s.n.], 2014. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências, UNICAMP. Campinas, 2014.

Souza, C. **Políticas Públicas: uma revisão da literatura**. Sociologia, Porto Alegre, ano 8, n. 16, jul/dez 2006, p. 20-45.



Classificação sub-pixel de séries temporais de dados MODIS para o mapeamento da cana-de-açúcar na Bacia do Alto Paraguai

João Francisco Gonçalves Antunes 1
Júlio César Dalla Mora Esquerdo 1

¹Embrapa Informática Agropecuária
Av. Dr. André Tosello, 209 - Barão Geraldo
13083-886 - Campinas, SP - Brasil
{joao.antunes, julio.esquerdo}@embrapa.br

Resumo. O aumento da produção da cana-de-açúcar tem impulsionado o setor sucroalcooleiro na região Centro-Sul do Brasil, em especial nos estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso. Porém, a expansão do cultivo na extensa Bacia do Alto Paraguai (BAP) que engloba o Pantanal, pode trazer graves ameaças ao bioma. Os dados MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) fornecem cobertura de grandes áreas com alta periodicidade, que possibilitam o monitoramento da cultura da cana-de-açúcar. Entretanto, a moderada resolução espacial dos dados faz com que possa ocorrer a mistura espectral de diferentes classes de cobertura da terra dentro de um mesmo pixel. Neste contexto, o objetivo do trabalho foi aplicar uma metodologia de classificação sub-pixel utilizando séries temporais de dados MODIS para mapear o cultivo da cana-de-açúcar na BAP. O classificador Fuzzy ARTMAP, utilizando os termos harmônicos das séries temporais dos índices de vegetação MODIS, obtiveram valores da curva ROC de 0,871 e 0,835 para as safras 2005/2006 e 2013/2014, mostrando ser eficiente para o mapeamento do cultivo da cana-de-açúcar, pois produziu modelos de classificação confiáveis para fins de estatísticas agrícolas. A Medida de Compromisso do classificador Fuzzy ARTMAP possibilitou mapear as áreas cultivadas com cana-de-açúcar, demonstrando o potencial para a análise sub-pixel de séries temporais de dados MODIS. Os resultados indicaram que a área cultivada com cana-de-açúcar na BAP aumentou aproximadamente 33% nesse período de nove safras agrícolas. Os mapeamentos gerados fornecem informações objetivas sobre o cultivo da cana-de-açúcar na BAP e podem auxiliar na avaliação do impacto ambiental do Pantanal.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, processamento de imagens, análise harmônica, reconhecimento de padrões; redes neuro-fuzzy.

Abstract. The increase of the sugarcane production has boosted the sugar-ethanol sector in the Central-South region of Brazil, mainly in the states of Mato Grosso do Sul and Mato Grosso. However, agricultural expansion in the Alto Paraguay River Basin (BAP), an extensive region including the Brazilian Pantanal, may bring serious threats to this biome. MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) data provide coverage of large areas with high periodicity, supporting the sugarcane crop monitoring. Nevertheless, the moderate spatial resolution of MODIS data may lead to spectral mixture due to the presence of different land use and land cover classes within a single pixel. In this context, the objective of this study was to apply a sub-pixel classification methodology using MODIS time-series to map sugarcane crop areas in the region of BAP. The Fuzzy ARTMAP classifier, using the harmonic terms of MODIS time-series of vegetation index data, obtained the ROC curve values of 0.871 and 0.835 for the 2005/2006 and 2013/2014 cropping seasons, showing to be efficient to map sugarcane crop areas, because it produced reliable classification models for agricultural statistics. The Commitment Measure, provided by the Fuzzy ARTMAP classifier, allowed to map the sugarcane crop areas, demonstrating the potential for sub-pixel analysis of MODIS time-series data. The results have shown that the sugarcane cultivation in the BAP region increased approximately 33% over the nine cropping seasons years. The generated maps provide objective information about the sugarcane production in the BAP region and may support the assessment of environmental impacts in the Pantanal.

Key-words: remote sensing, image processing, harmonic analysis, pattern recognition, neuro-fuzzy networks.

1. Introdução

A crescente demanda por açúcar e etanol beneficia o setor sucroalcooleiro brasileiro. Além de ser o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, o Brasil é, também, o maior exportador de açúcar e o segundo maior produtor de etanol. A região Centro-Sul é responsável por aproximadamente 90% da produção canavieira do país. Nos últimos anos vem ocorrendo uma expressiva expansão do cultivo da cana-de-açúcar nos estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, que produzem, respectivamente, 8% e 3% da produção nacional (UNICA, 2016).

A Bacia do Alto Paraguai (BAP), cuja porção brasileira engloba parte dos estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, tem grande importância ecológica para o Brasil por incluir o Pantanal, que é uma das maiores planícies inundáveis do mundo com rica biodiversidade de fauna e flora. O Pantanal é um bioma bem conservado, mas o planalto tem passado por alterações antrópicas em substituição da vegetação por pastagens e cultivos agrícolas. Neste contexto, questões relacionadas ao impacto ambiental tanto da atividade agrícola quanto da atividade industrial relacionada ao cultivo da cana-de-açúcar precisam ser consideradas com cuidado (SOS Pantanal e WWF Brasil, 2015).

A cana-de-açúcar é uma gramínea da família *Poaceae*. Como pode ter vários ciclos de desenvolvimento é caracterizada como uma cultura semiperene, tendo de três a seis cortes antes da reforma do canavial. Seu ciclo fenológico compreende as fases de brotação, perfilhamento, crescimento e maturação, com duração de 18 meses (cana de ano-e-meio) ou 12 meses (cana de ano), dependendo da época e da região de plantio (Scarpari e Beauclair, 2010). Na região Centro-Sul do país há o predomínio da cana de ano, plantada entre setembro e dezembro, embora a cana de ano-e-meio, plantada de janeiro a maio, também seja cultivada, com a colheita sendo realizada de abril a dezembro (Anjos e Figueiredo, 2010).

Algumas plataformas orbitais destinadas à observação da superfície terrestre apresentam características que favorecem o monitoramento agrícola e ambiental, pois fornecem uma visão sinóptica e frequente de áreas extensas, com baixos custos. Sensores como o MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo dos satélites TERRA e AQUA, apresentam alta resolução temporal e moderada resolução espacial, características que possibilitam o estudo e a análise de alvos com elevada dinâmica espectral, como os cultivos agrícolas. Os produtos derivados do sensor MODIS são disponibilizados gratuitamente e reúnem características

importantes, com potencial para o monitoramento da cultura da cana-de-açúcar (Adami et al., 2012).

Diversas técnicas têm sido estudadas na análise de séries temporais de índices de vegetação do sensor MODIS para o monitoramento da superfície terrestre. Um exemplo é a análise harmônica que vem sendo utilizada na identificação de padrões da dinâmica temporal que ocorre nas superfícies vegetadas (Jia et al., 2011).

A integração dos dados do sensoriamento remoto orbital às técnicas de inteligência artificial tem sido pouco explorada no campo científico. Um exemplo é o reduzido número de pesquisas que usam técnicas de aprendizado de máquina na classificação digital de imagens de satélite. De acordo com Giacco et al. (2010), novas abordagens de inteligência artificial, combinando redes neurais e lógica fuzzy, são alternativas viáveis e inovadoras para o reconhecimento de padrões na classificação de séries temporais de imagens de satélite, em especial na análise sub-pixel de dados com moderada resolução espacial.

2. Objetivo

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi aplicar uma metodologia de classificação sub-pixel utilizando séries temporais de dados MODIS para mapear o cultivo da cana-de-açúcar na BAP, nas safras 2005/2006 e 2013/2014.

3. Material e Métodos

O estudo foi realizado na BAP, que é uma bacia transfronteiriça com extensão total de aproximadamente 600.000 km², dividida entre o Brasil, com 60% do território, a Bolívia e o Paraguai, cada um com cerca de 20% do território. A porção brasileira da BAP possui 368.000 km² e é formada pela planície do Pantanal e pelo planalto de entorno (Silva e Abdon, 1998), conforme ilustrado pela **Figura 1**.

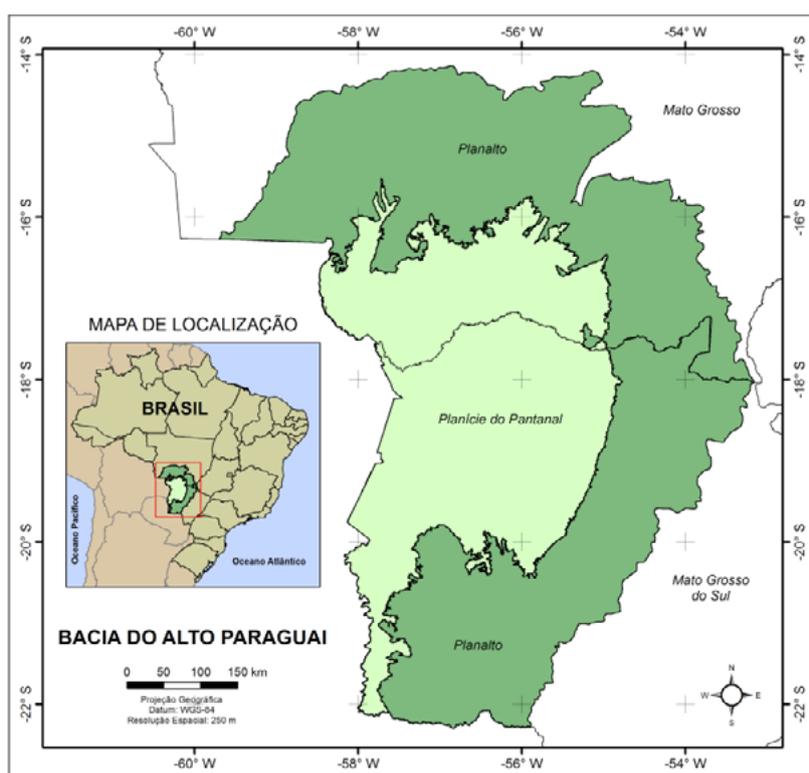


Figura 1. Porção brasileira da Bacia do Alto Paraguai.

Os principais rios da BAP estão situados no planalto e são responsáveis pelo abastecimento e a dinâmica das águas do Pantanal, devido à sua baixa altitude e declividade. Os processos de ocupação no planalto afetam diretamente toda a planície (Junk et al., 2006).

As séries temporais de imagens do satélite TERRA foram obtidas do Banco de Produtos MODIS na base Estadual Brasileira, que armazena e disponibiliza na Internet as composições de 16 dias do produto MOD13Q1, em recortes por estados (Esquerdo et al., 2010).

Foram utilizados dois índices de vegetação neste trabalho. O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), proposto por Rouse et al. (1973) para atenuar a interferência do solo na resposta espectral da vegetação e diminuir a influência da atmosfera e do ângulo de elevação solar em imagens temporais. E o EVI (*Enhanced Vegetation Index*), desenvolvido por Huete et al. (1994) para otimizar a resposta espectral da vegetação e melhorar a sensibilidade em regiões de maior biomassa vegetal. Esses índices de vegetação exploram o contraste entre as bandas do vermelho e do infravermelho próximo, porém o EVI representa melhor a dinâmica da vegetação ao longo de uma série temporal de imagens porque utiliza a banda do azul para atenuar as influências atmosféricas.

A análise harmônica foi utilizada para decompor as séries temporais dos índices de vegetação EVI e NDVI por meio da Transformada de Fourier em termos harmônicos, que são ondas cossenoidais ou senoidais, onde cada onda é definida por um valor único de amplitude e fase, conforme ilustrado na **Figura 2**.

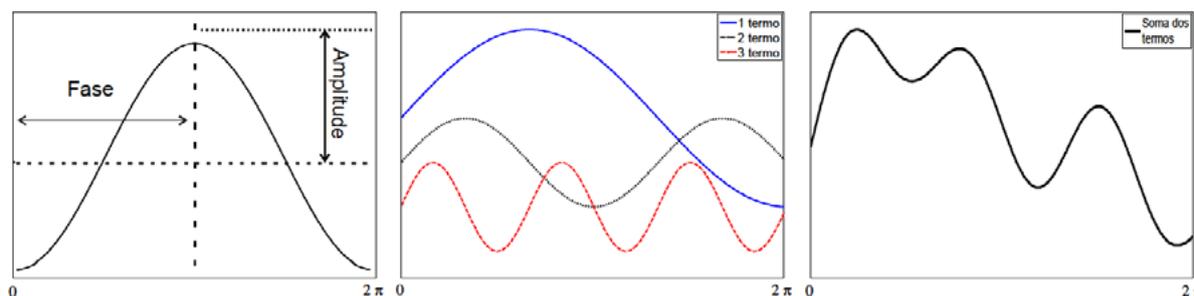


Figura 2. Representação dos termos harmônicos gerados pela Transformada de Fourier.
Fonte: Adami (2010).

A amplitude corresponde à metade do valor onde a função é maximizada e a fase é o deslocamento entre a origem e o pico da onda no intervalo de 0 até 2π . Cada termo harmônico representa o número de ciclos completados por uma onda num determinado intervalo de tempo e é responsável por um percentual da variância total da série temporal de dados original. Assim, o primeiro harmônico tem um período T igual ao período total, o segundo harmônico corresponde à metade do período do primeiro harmônico $T/2$, o terceiro harmônico a $T/3$ e assim sucessivamente (Jakubauskas et al., 2001).

As imagens obtidas a partir da aplicação da Transformada de Fourier foram geradas numa base por pixel para cada imagem da série temporal. Na prática, significa decompor a variação dos índices de vegetação em harmônicos que representem as oscilações durante o ciclo de desenvolvimento, o que propicia a identificação de áreas agrícolas. A imagem harmônico zero (termo aditivo) corresponde à média dos índices de vegetação e representa o vigor total para cada tipo de cobertura vegetal durante o período. As imagens amplitude indicam a variação máxima dos índices de vegetação para todo o período. A fase, com intervalo de valores de 0° a 360° , indica o tempo, ao longo da série temporal em que acontece o máximo valor de amplitude, podendo ser associada com os meses do ano. A imagem variância indica a dispersão dos

valores dos índices de vegetação em torno da média da série temporal.

O processamento das séries temporais de EVI e NDVI foi realizado por meio do software HANTS (*Harmonic Analysis of NDVI Time-Series*) desenvolvido em linguagem IDL (*Interactive Data Language*) por De Wit e Su (2005). O conceito básico do algoritmo é que o desenvolvimento da vegetação apresenta um forte efeito sazonal que pode ser simulado por funções senoidais de baixa frequência, com diferentes fases e amplitudes. As nuvens provocam alterações nas séries temporais e podem ser consideradas ruídos de altas frequências. O algoritmo HANTS analisa a série temporal, identifica as áreas de baixas frequências referentes à vegetação e, a partir da Transformada de Fourier, elimina os valores discrepantes da série temporal que representam altas frequências.

A classificação dos termos harmônicos das séries temporais de EVI e NDVI foi realizada com a rede neural auto-organizável de agrupamento Fuzzy ARTMAP, que é um modelo não paramétrico baseado na Teoria da Ressonância Adaptativa de processamento cognitivo do cérebro humano, destinado à aproximação de funções não lineares multidimensionais. Essa arquitetura atua de forma recorrente para resolver o dilema “estabilidade x plasticidade”, mantendo um equilíbrio em criar novas categorias de reconhecimento quando padrões desconhecidos estimulam a rede e a capacidade em agrupar padrões similares na mesma categoria, preservando o conhecimento previamente adquirido (Carpenter et al., 1991).

A rede Fuzzy ARTMAP é composta por um módulo ART_a que processa os dados de entrada, e um módulo ART_b que processa a resposta de saída desejada para o padrão apresentado à rede, cujos elementos são valores dos conjuntos fuzzy, interligados por um módulo de memória associativa que realiza a conexão entre as categorias de reconhecimento de ART_a para ART_b . O treinamento supervisionado do Fuzzy ARTMAP é realizado com a regra de aprendizagem competitiva “o-vencedor-leva-tudo” e a estratégia de votação dos neurônios acionados com maior frequência para diferentes ordenações dos dados, de forma a maximizar a generalização das categorias de reconhecimento de padrões e minimizar os erros de predição da rede (Mannan et al., 1998).

Para classificação sub-pixel foi utilizado o algoritmo da rede neural Fuzzy ARTMAP baseado na Medida de Compromisso CMT (*Commitment*), que expressa o grau de compromisso de um pixel em relação a uma determinada classe e mostra-se de natureza muito semelhante às probabilidades posteriores Bayesianas (LI, 2008). A rede neural Fuzzy ARTMAP com o algoritmo de classificação sub-pixel da medida CMT utilizado neste trabalho faz parte do conjunto de classificadores do software geoespacial TerrSet.

Para seleção do conjunto de amostras a serem usadas pelo classificador Fuzzy ARTMAP e para validação dos modelos de classificação CMT, foram utilizados mapas temáticos de referência do Canasat, que são gerados por meio de técnicas de segmentação e interpretação visual de imagens tipo Landsat e possuem excelente qualidade temática (Adami et al., 2012).

A partir das imagens de entrada e das amostras de treinamento, o classificador Fuzzy ARTMAP com o algoritmo sub-pixel CMT, gera um conjunto de imagens de adesão, uma para cada classe (Cana e Não-Cana), com os graus de compromisso dos pixels medidos entre zero e um, que permite as estimar as proporções de mistura de cana-de-açúcar nos pixels, por meio de uma operação matricial de estatística zonal, conforme a Equação 1:

$$A_{cana} = A_{pixel} * \sum_{i=1}^n CMT_{cana_i} \quad (1)$$

onde,

A_{cana} = área de cana-de-açúcar em hectares (km²);

A_{pixel} = área do pixel MODIS de 0,0625 km² (250 m x 250 m = 62.500 m²);

CMT_{cana_i} = Medida de Compromisso CMT da classe Cana por pixel;

n = número de pixels internos aos limites vetoriais da BAP.

Para validação da susceptibilidade dos modelos de classificação CMT da classe Cana, gerados pelo Fuzzy ARTMAP, foi empregada a análise da curva ROC baseado em Pontius e Parentier (2014). A curva ROC traça a taxa de Verdadeiros Positivos (VP) em relação à taxa de Falsos Positivos (FP), para diferentes limiares, a partir da comparação do mapa das medidas de Compromisso com o mapa de referência da classe Cana e Não-Cana, representando a relação entre a sensibilidade e a especificidade do classificador. O valor ROC é a área sob a curva (AUC) que resulta conectando-se os pontos obtidos para cada limiar. AUC igual a um refere-se à concordância espacial perfeita entre o mapa das medidas de Compromisso e o mapa de referência, enquanto que AUC igual 0,5 indica a tendência das medidas de Compromisso ser distribuídas aleatoriamente. A curva ROC foi calculada por meio de uma planilha eletrônica Excel, desenvolvida por Pontius (2016), que está associada aos módulos estatísticos de validação da acurácia de classificação do TerrSet.

4. Resultados e Discussão

As séries temporais de EVI e NDVI do MODIS para o recorte da BAP foram decompostas pelo HANTS, separadamente, para o período de agosto a meados de abril de cada safra, sendo 17 imagens de cada índice de vegetação, que cobrem metade do ciclo fenológico característico da cana-de-açúcar, desde a fase de perfilhamento até atingir o pico vegetativo na fase de crescimento, com cobertura total do solo, indo para a fase de maturação quando é iniciada a colheita, totalizando 34 imagens processadas para cada safra.

Os termos harmônicos gerados foram a amplitude e a fase para as frequências 0, 1, 2 e 3 que correspondem a média do EVI e NDVI de cada série temporal e aos ciclos de sete meses e meio, quatro meses e dois meses e meio, respectivamente. Também foi gerada a variância da média de cada série temporal. Os dados estão no fator original de escala no intervalo de -2.000 a 10.000. A tolerância de ajuste entre a diferença dos valores originais e os valores da Transformada de Fourier foi definida em 1.000.

Para seleção do conjunto de amostras foram utilizados pixels puros coletados nos mapas temáticos de referência do Canasat para o recorte da BAP. Baseado em Foody e Cox (1994), cada imagem do Canasat (30 m) foi degradada espacialmente com um filtro de convolução passa-baixa de dimensões 9 x 9 pixels para a resolução espacial de 270 m. Em seguida foi feita a reamostragem pelo método do vizinho mais próximo para 0,002245° (250 m) para replicar os pixels das duas classes. Para delimitação das áreas representativas de cana-de-açúcar foram definidos os limiares de 200 a 255 ND para a classe Cana e 0 a 1 ND para a classe Não-Cana.

Para garantir uma classificação fidedigna a partir do processo de aprendizagem do classificador Fuzzy ARTMAP, o tamanho mínimo da amostra de treinamento foi definido com base na regra de ouro utilizada por Van Niel et al. (2005), sendo 30 x 16 imagens (termos harmônicos e variância do EVI e NDVI) x 2 classes (Cana e Não-Cana) igual a 960 pixels.

Assim sendo, foi realizada uma amostragem aleatória de 480 pixels por classe sobre o mapa de referência do Canasat da safra 2005/2006 na resolução espacial de 250 m. Após isso foi aplicado o filtro morfológico de dilatação de dimensões 3 x 3 pixels com dois ciclos para expandir os pixels das duas classes e ao final foi feito o mascaramento das áreas expandidas que se sobrepuseram entre as classes, gerando 6.884 pixels da classe Cana e 11.972 pixels da classe Não-Cana, num total de 18.856 amostras de treinamento, em forma de polígonos. Esse mesmo procedimento foi repetido para safra 2013/2014, obtendo uma amostra de treinamento com 19.419 pixels, sendo 7.449 pixels da classe Cana e 11.970 pixels da classe Não-Cana,

como polígonos. Ambas as amostras de treinamento atendem perfeitamente a regra do tamanho mínimo definido inicialmente.

As 16 imagens referentes aos termos harmônicos e a variância do EVI e NDVI foram utilizadas como variáveis de entrada do classificador Fuzzy ARTMAP, com as respectivas amostras de treinamento para cada safra. A configuração utilizada para ART_a foi o parâmetro de escolha igual a 0,01, a taxa de treinamento igual a 0,93 e o parâmetro de vigilância igual 0,94. Para ART_b utilizou-se a taxa de treinamento igual a 1,00 e o parâmetro de vigilância igual 1,00. Dentre as várias simulações de ajuste, essa foi a combinação ótima de melhor generalização do modelo. A camada de mapeamento que conecta ART_a a ART_b possui duas dimensões referente às classes Cana e Não-Cana. Para a classificação sub-pixel foi utilizada a Medida de Compromisso CMT.

Em relação à topologia da rede, a camada F₁ contém o dobro de neurônios da dimensão das variáveis de entrada para preservar a amplitude das informações, neste caso 32, igual a 2 x 16 variáveis de entrada. O número de neurônios da camada F₂ cresce dinamicamente durante o processo de aprendizagem e está diretamente relacionado à parametrização de ART_a. Quanto maior a taxa de treinamento, mais neurônios na camada F₂ e mais informação de novos padrões é incorporada à rede. Quanto maior o parâmetro de vigilância, também mais neurônios são gerados na camada F₂. O parâmetro de escolha determina o vencedor da classe de saída para determinado pixel e está sujeito ao teste de ressonância baseado no parâmetro de vigilância. A fase de treinamento do Fuzzy ARTMAP foi realizada rapidamente em aproximadamente três minutos. A fase de classificação foi bastante lenta, devido às dimensões da área de estudo e das variáveis de entrada, levando em torno de seis horas de processamento.

A **Figura 3** apresenta as imagens CMT da classe Cana, resultado da classificação do Fuzzy ARTMAP, para as safras 2005/2006 e 2013/2014 da BAP.

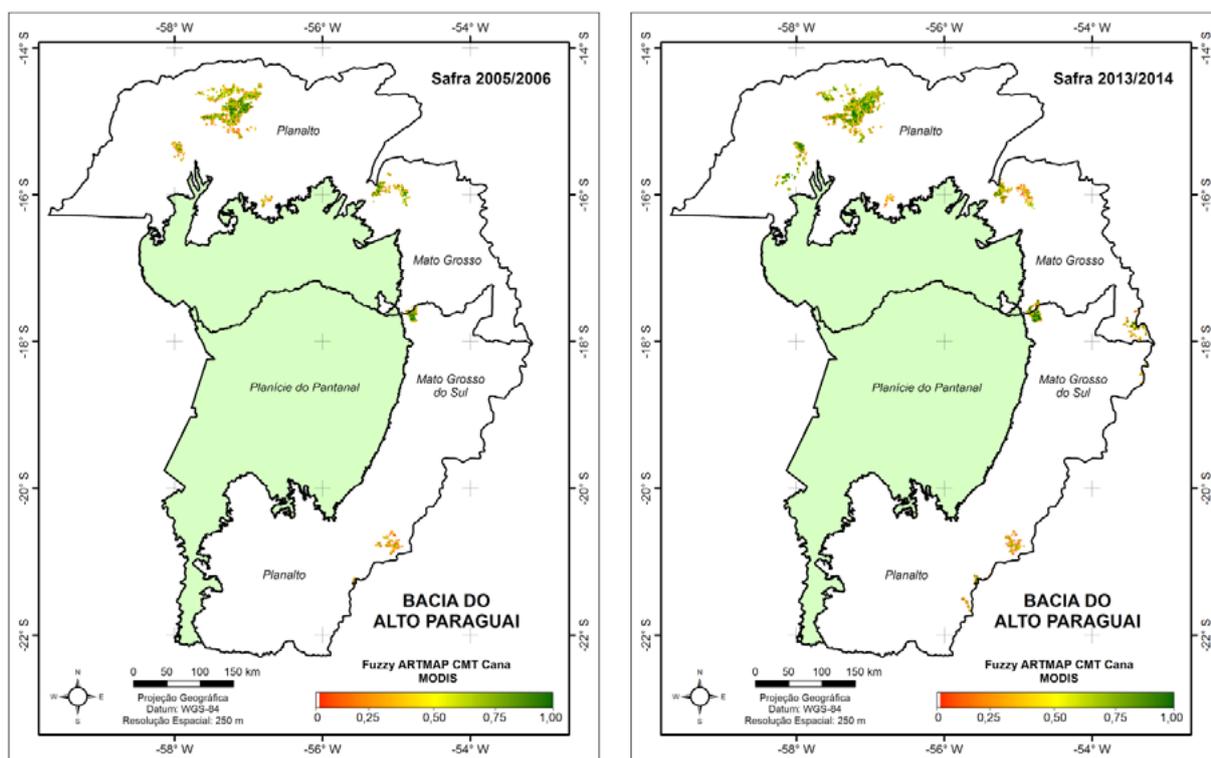


Figura 3. Modelos de classificação CMT Cana das safras 2005/2006 e 2013/2014.

A **Figura 3** mostra o gradiente de variação das cores em tons de verde, para os tons de amarelo e tons de vermelho, representando a transição da classe Cana, com altas proporções de cana-de-açúcar dentro do pixel para a classe Não-Cana, sem a presença de áreas de cultivo. Visualmente pode-se perceber que na safra 2013/2014 as proporções da classe Cana são maiores que na safra 2005/2006, destacadas nos círculos azuis, indicando que ocorreu uma expansão do cultivo da cana-de-açúcar na BAP nesse período de nove safras agrícolas.

Para validação dos modelos CMT Cana, gerados pela classificação Fuzzy ARTMAP, foi empregada a análise da curva ROC, para as safras 2005/2006 e 2013/2014. Para isso, o mapa das medidas CMT, que expressa o grau de compromisso dos pixels a classe Cana, foi comparada com os mapas de referência que apontam a localização geográfica das áreas de cultivo da cana-de-açúcar na BAP.

A **Figura 4** exibe o gráfico ROC considerando 100 limiares de intervalos iguais para calcular a área sob a curva (AUC), das safras 2005/2006 e 2013/2014. A partir da análise da curva ROC, pode-se observar que à medida que se aumenta o limiar de corte, o poder discriminante do modelo CMT Cana também aumenta, mantendo uma boa relação entre a sensibilidade e a especificidade do classificador, o que confere uma maior área sob a curva e, conseqüentemente, obtém-se um melhor desempenho.

A AUC dos modelos de classificação CMT Cana foi de 0,871 e 0,835, para as safras 2005/2006 e 2013/2014, respectivamente, que são considerados valores muito superiores aos modelos aleatórios, caso as medidas CMT tivessem a tendência de serem distribuídas uniformemente sobre a diagonal (AUC = 0,50). Este fato demonstra a ótima adequação dos modelos de classificação sub-pixel, gerados pela rede neural Fuzzy ARTMAP, comprovando que é plausível mapear a cana-de-açúcar na BAP baseado nas medidas de Compromisso.

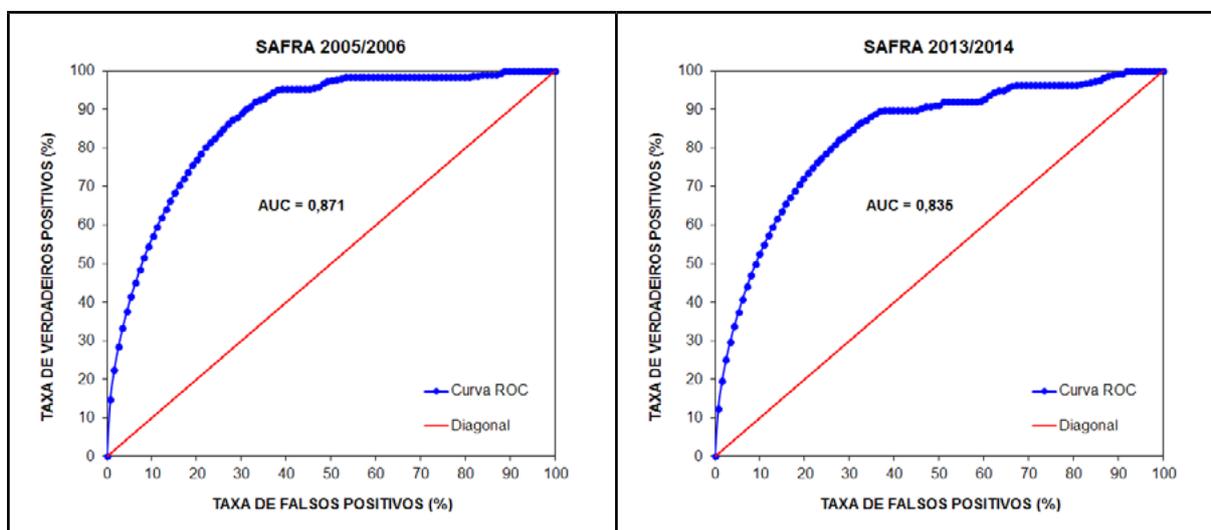


Figura 4. Curva ROC entre os modelos de classificação CMT Cana e os mapas de referência das safras 2005/2006 e 2013/2014.

Para confirmar a expansão do cultivo da cana-de-açúcar na BAP, as estimativas das proporções de mistura da classe Cana foram obtidas por meio da Equação 1. A **Tabela 1** reúne as estimativas de área cultivada do Canasat e as do modelo CMT Cana gerado pelo classificador Fuzzy ARTMAP, das safras 2005/2006 e 2013/2014, respectivamente, para os limites geográficos dos estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso englobados pela BAP.

Tabela 1. Estimativas de área cultivada de cana-de-açúcar.

Limites	Área Cultivada de Cana-de-açúcar (km ²)					
	Canasat			CMT Cana		
	Safras		Expansão	Safras		Expansão
	2005/2006	2013/2014	%	2005/2006	2013/2014	%
MS	319,16	442,74	38,72	313,49	468,06	49,31
MT	1.664,28	2.198,19	32,08	2.069,04	2.705,98	30,78
BAP	1.983,44	2.640,93	33,14	2.382,53	3.174,04	33,22

Pela análise da **Tabela 1**, podem-se notar diferenças entre as estimativas de área do Canasat e do modelo CMT Cana, o que é razoável, já que o Canasat é realizado com base em imagens com mais detalhamento espacial em relação às imagens MODIS, as quais possuem limitações para detectar áreas pequenas com comportamento espectral da cana-de-açúcar. Tal fato reflete na diferença expressiva entre as estimativas de área da cana-de-açúcar mapeada pelo Canasat e pelo modelo CMT Cana no Estado do Mato Grosso do Sul, caracterizado por uma extensão do cultivo bem menor do que a do Estado do Mato Grosso. No entanto, na abrangência geográfica da BAP observa-se a tendência de convergência entre as estimativas de área do Canasat e do modelo CMT Cana, mostrando que o classificador Fuzzy ARTMAP foi eficiente para o mapeamento do cultivo da cana-de-açúcar consolidado pela região. Para a safra 2005/2006, a área cultivada com cana-de-açúcar foi de 2.382,53 km², enquanto que na safra 2012/2013 foi de 3.174,04 km², apontando um aumento aproximado de 33%.

O Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar regula oficialmente o plantio da cultura no Brasil com base em critérios econômicos, sociais e ambientais (Manzatto et al., 2009). A expansão do cultivo com a instalação de usinas na BAP é proibida em áreas com cobertura vegetal nativa, especialmente no Pantanal, mas permite a continuação das atividades das unidades sucroalcooleiras já instaladas. Os resultados deste trabalho indicaram que ocorreu um aumento significativo da área cultivada com cana-de-açúcar na BAP, em torno de 33% no período analisado de nove safras agrícolas, apesar de ser um crescimento menor que dos estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso.

A expansão, com destaque de algumas regiões nos círculos azuis da **Figura 3**, normalmente se dá em áreas antrópicas que serviam como pastagem para atividades de pecuária. Este fato ameniza a expansão do cultivo da cana-de-açúcar na BAP, uma vez que áreas de vegetação natural do Pantanal não estão sendo substituídas pelo cultivo. Entretanto, muitas das graves ameaças ao Pantanal, como o desmatamento, a erosão do solo, o assoreamento dos cursos fluviais e a contaminação das águas por agroquímicos utilizados na agricultura, ocorrem na região do planalto em áreas de cabeceira dos rios e provocam impactos ambientais em toda a planície.

5. Conclusões

O classificador Fuzzy ARTMAP, utilizando os termos harmônicos das séries temporais de EVI e NDVI, foi eficiente para o mapeamento do cultivo da cana-de-açúcar na BAP, pois produziu modelos de classificação confiáveis para fins de estatísticas agrícolas.

A Medida de Compromisso do classificador Fuzzy ARTMAP possibilitou estimar as áreas cultivadas com cana-de-açúcar, demonstrando potencial para a análise sub-pixel de séries temporais de dados MODIS.

Os mapeamentos gerados fornecem informações objetivas sobre o cultivo da cana-de-açúcar na BAP e podem auxiliar na avaliação do impacto ambiental do Pantanal.

6. Referências

- Adami, M. **Estimativa da data de plantio da soja por meio de séries temporais de imagens MODIS**. 163p. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2010.
- Adami, M.; Mello, M. P.; Aguiar, D. A.; Rudorff, B. F. T.; Souza, A. F. A Web platform development to perform thematic accuracy assessment of sugarcane mapping in South-Central Brazil. **Remote Sensing**, v. 4, n. 10, p. 3201-3214, 2012.
- Anjos, I. A. dos.; Figueiredo, P. A. M. de. **Aspectos fitotécnicos do plantio**. In: Cana-de-açúcar. - Dinardo-Miranda, L. L.; Vasconcelos, A. C. M. de; Landell, M. G. de A. (Eds.) Campinas: Instituto Agrônômico, 1ª edição, 882p., 2010.
- Carpenter, G. A.; Crossberg, S.; Reynolds, J. H. ARTMAP: Supervised real-time learning and classification of nonstationary data by a self-organizing. **Neural Networks**, v. 4, n. 5, p. 565-588, 1991.
- De Wit, A. J. W.; Su, B. Deriving phenological indicators from SPOT-VGT data using the HANTS algorithm. In: International SPOT-VEGETATION Users Conference, 2nd., **Proceedings...** Belgium: Antwerp, p. 195-201, 2005.
- Esquerdo, J. C. D. M.; Antunes, J. F. G.; Andrade, J. C. de. **Desenvolvimento do banco de produtos MODIS na Base Estadual Brasileira**. (Comunicado Técnico, 100) - Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 7 p., 2010.
- Foody, G. M.; Cox, D. P. Sub-pixel land cover composition estimation using a linear mixture model and fuzzy membership functions. **International Journal of Remote Sensing**, v. 15, n. 3, p. 619-631, 1994.
- Giacco, F.; Thiel, C.; Pugliese, L.; Scarpetta, S.; Marinaro, M. Uncertainty analysis for the classification of multi-spectral satellite images using SVMs and SOMs. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 48, n. 10, p. 3769-3779, 2010.
- Huete, A.; Justice, C.; Liu, H. Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS. **Remote Sensing of Environment**, v. 49, n. 3, p. 224-234, 1994.
- Jakubauskas, M. E.; Legates, D. R.; Kastens, J. H. Harmonic analysis of time-series AVHRR NDVI data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 67, n. 4, p. 461-470, 2001.
- Jia, L.; Shang, H.; Hu, G.; Menenti, M. Phenological response of vegetation to upstream river flow in the Heihe Rive basin by time series analysis of MODIS data. **Hydrology Earth System Sciences**, v. 15, n. 3, p. 1047-1064, 2011.
- Junk, W. J.; Cunha, C. N.; Wantzen, K. M.; Petermann, P.; Strussmann, C.; Marques, M. I.; Adis, J. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Aquatic Sciences**, v. 68, n. 3, p. 278-309, 2006.
- Li, Z. Fuzzy ARTMAP based neurocomputational spatial uncertainty measures. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 74, n. 12, p. 1573-1584, 2008.
- Mannan, B.; Roy, J. Fuzzy ARTMAP supervised classification of multispectral remotely-sensed images. **International Journal of Remote Sensing**, v. 19, p. 767-774, 1998.
- Manzatto, C. V.; Assad, E. D.; Baca, J. F. M.; Zaroni, M. J.; Pereira, S. E. M. (Orgs.) **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar: expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro**. (Documentos, 110) - Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 55p., 2009.
- Pontius, R. G. **Gil Pontius' home page**. Clark University. Disponível em <<http://www.clarku.edu/~rpontius/>>. Acesso em 30 jun. 2016.
- Pontius, R. G.; Parmentier, B. Recommendations for using the Relative Operating Characteristic (ROC). **Landscape Ecology**, v. 29, n. 3: p. 367-382, 2014.
- Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: EARTH RESOURCES TECHNOLOGY SATELLITE-1 SYMPOSIUM, 3., **Proceedings...** Washington, D. C.: NASA, v. 1, p. 309-317, 1973.
- Scarpari, M. S.; Beauclair, E. G. F. de. **Anatomia e botânica**. In: Cana-de-açúcar. - Dinardo-Miranda, L. L.;

Vasconcelos, A. C. M. de; Landell, M. G. de A. (Eds.) Campinas: Instituto Agronômico, 1ª. edição, 882p., 2010.

Silva, J. dos S. V. da; Abdon, M. de M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, Num. Esp., p. 1703-1711, 1998.

SOS Pantanal; WWF Brasil. **Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do Solo na Bacia do Alto Paraguai - Porção Brasileira - Período de Análise: 2012 a 2014**. 66p. Brasília, 2015.

União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA). **UNICADATA**. Disponível em <<http://www.unicadata.com.br/>>. Acesso em 30 jun. 2016.

Van Niel, T. G.; Mcvicar, T. R.; Datt, B. On the relationship between training sample size and data dimensionality: Monte Carlo analysis of broadband multi-temporal classification. **Remote Sensing of Environment**, v. 98, n.4, p. 468-480, 2005.



Ferramenta de análise de crédito rural: espacializando dados para o Pantanal

Vera Aparecida de Figueiredo¹
João dos Santos Vila da Silva¹
Elisa Calhau de Castro¹
Daniel Dias de Andrade¹

¹Embrapa Informática Agropecuária
Av. André Toselo, 209 - Barão Geraldo
13083-886 - Campinas, SP - Brasil
{vera.aparecida, ecalhau, diasandrade.daniel}@gmail.com
joao.vila@embrapa.br

Resumo: O Pantanal brasileiro está situado na bacia do Alto Paraguai, com 138.183 km², ocupando 38,21% da área da bacia. O governo Federal tem direcionado cada vez mais recursos para o crédito rural, que visa ao apoio financeiro às atividades agropecuárias ou não-agropecuárias, em estabelecimentos rurais ou em áreas comunitárias rurais próximas. Concomitantemente, novos recursos computacionais advindos da tecnologia da informação têm permitido a construção de sistemas interativos, que permitem a visualização e manipulação de dados geoespaciais, tornando-se uma poderosa ferramenta computacional, ágil e eficaz no suporte a análise dos dados envolvidos. É com esse intuito que o sistema SIAGEO Amazônia disponibiliza a ferramenta Módulo Bancário voltada especialmente às instituições financeiras responsáveis pela concessão de crédito rural, permitindo a análise de mapeamentos temáticos estabelecidos no Zoneamento Ecológico-Econômico de cada estado da Amazônia Legal. Neste artigo serão destacadas as funcionalidades da ferramenta Módulo Bancário como um instrumento de auxílio durante o processo de avaliação de liberação de crédito rural para empreendimentos na região do Pantanal.

Palavras-chave: SIAGEO Amazônia, módulo bancário, Pantanal, crédito rural.

Abstract: The Brazilian Pantanal is located in the Upper Paraguay River Basin, with 138,183 square kilometers, occupying 38.21% of the basin area. The Brazilian Government has increasingly provided resources for rural credit, which aims at supporting the agricultural or non-agricultural activities on farms or in nearby rural community areas. Nowadays, in parallel, the information technology has allowed the development of interactive systems that provide visual interfaces to manage geospatial data. These systems have become a powerful computational resource making them agile and effective tools to support the analysis of geospatial data. Therefore, the SIAGEO Amazon system provides the Módulo Bancário, which is a computational tool designed for financial institutions that are responsible for granting rural credit. The tool performs spatial analysis of the geographic mappings defined in the context of the Ecological-Economic Zoning initiative regarding the states within the Legal Amazon. This article will highlight the features of the SIAGEO Módulo Bancário as an efficient tool to be used during the process of rural credit granting to enterprises established in the Pantanal region.

Key-words: SIAGEO Amazônia, spatial analysis, Pantanal, rural bank credit.

1. Introdução

O Pantanal destaca-se como a maior área de planície sazonal do planeta, localizando-se integralmente na bacia do Alto Paraguai (BAP), a qual situa-se na região central do continente Sul-Americano. Através de imagens de satélites, o mapeamento fitogeográfico da região mostrou o Pantanal como uma organização natural do espaço, uma vez que compreende uma faixa de transição e contato entre ecossistemas diversificados, tais como Chaco, cerrado, florestas, bem como ao lado de ecossistemas aquáticos e subaquáticos de enorme extensão em sua planície de inundação segundo Ab Sáber (2006). Além do bioma diversificado, compreende uma área com um grande número de fazendas destinadas à criação de gado de corte, tornando a pecuária bovina a atividade econômica preponderante no Pantanal. Somam-se a essas características a dificuldade de obtenção de informações sobre setores da região em decorrência das dificuldades sazonais de acesso aos estabelecimentos pecuários devido ao regime hidrológico e às grandes distâncias abrangidas, como ressalta Silva et al. (2001). Entretanto, de acordo com Harris et al. (2005) sobretudo a partir do fim dos anos 90, tem-se observado o crescimento da atividade turística e de mineração, com o estabelecimento de diversos empreendimentos nos municípios da região da bacia do Alto Paraguai. Em última instância, o crescimento dos investimentos e expansão de empreendimentos na região pantaneira, frente às suas características geográficas e econômicas, justificam os esforços tecnológicos no sentido de apoiar as iniciativas governamentais relacionadas à gestão de risco na concessão de crédito rural na região.

O Governo Federal tem direcionado cada vez mais recursos para o crédito rural. A maior parte do capital destina-se a créditos de custeio para cobrir os gastos rotineiros com as atividades no campo e despesas habituais dos ciclos produtivos, desde a compra de insumos até a fase de colheita de acordo com Mapa (2016). O principal programa de crédito rural é o PRONAF (Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar), o qual visa ao apoio financeiro a atividades agropecuárias ou não-agropecuárias. Seus recursos destinam-se à implantação, ampliação ou modernização da estrutura de produção, beneficiamento, industrialização e de serviços, no estabelecimento rural ou em áreas comunitárias rurais próximas, de acordo com projetos específicos. Em última análise, objetiva promover o aumento da produção e da produtividade e a redução dos custos de produção, visando à elevação da renda da família produtora rural. Para Antão e Campanholo (2011), essa e outras medidas adotadas pelas áreas governamentais e o trabalho das instituições de pesquisa tornaram o agronegócio brasileiro muito competitivo frente a grandes potências mundiais do ramo.

Atualmente, graças às ferramentas computacionais disponíveis, ao acesso do grande público à Web e também ao esforço das instituições governamentais e privadas de pesquisa, tornou-se viável o acesso público a sistemas interativos que possibilitam a visualização e

manipulação de dados geoespaciais. Iniciativas de desenvolvimento e divulgação de dados espaciais via *web*, de forma *online*, são discutidas em Mengatto Júnior et al (2015a), destacando a possibilidade de publicação dos dados de forma dinâmica e atualizada.

Nesse contexto, o projeto de Uniformização do Zoneamento Ecológico Econômico da Amazônia Legal (UZEE) tem por objetivo uniformizar e integrar os ZEE (Zoneamentos Ecológico-Econômicos) dos estados da Amazônia Legal, por meio de legendas e diretrizes de uso e ocupação que sejam comuns ao Mato Grosso e aos demais estados envolvidos. Insere-se dentre as metas desse projeto, a elaboração de um sistema de visualização, via *web*, das informações geradas e integradas, estabelecendo-se como uma importante ferramenta para instrumentalizar as políticas públicas e subsidiar a tomada de decisão, como destacado em Vendrusculo et al. (2009).

Esse sistema de visualização, denominado *SIAGEO Amazônia*, foi desenvolvido com a utilização de programas de código aberto, tais como o *i3Geo*, *GeoNetwork* e o gerenciador de banco de dados *PostgreSQL*, bem como sua extensão *PostGIS* que fornece suporte a dados geográficos. A plataforma *i3Geo* fora desenvolvida pelo Ministério do Meio Ambiente e responde a uma aplicação *web* de mapas interativos onde são utilizadas técnicas que possibilitam a visualização de dados espaciais, portanto, caracterizando-se como um sistema WebGIS. Interfaceando com esse sistema, foi desenvolvida uma ferramenta de análise espacial e geração de relatórios dinâmicos. Esses softwares, em conjunto, constituem-se, em última análise, numa ferramenta que permite o rápido acesso às informações geoespaciais, bem como a emissão de relatórios ou gráficos, tornando-se uma alternativa ágil e eficaz no suporte a análise dos dados envolvidos, de acordo com Possan et al. (2014).

Atualmente o *SIAGEO Amazônia* disponibiliza a ferramenta web Módulo Bancário, detalhada em Santos et al (2015), voltada especialmente às instituições financeiras responsáveis pela concessão de crédito rural e que permite a análise de temas fixos com foco nas definições das zonas e subzonas estabelecidas nos ZEE de cada estado, bem como a comparação com outros mapeamentos específicos como Unidades de Conservação e Terras Indígenas, por exemplo.

2. Objetivo

Destacar as funcionalidades da ferramenta Módulo Bancário como um instrumento de auxílio durante o processo de avaliação espacial da liberação de crédito rural para empreendimentos na região da BAP em Mato Grosso, considerando mapas aprovados e disponibilizados pelo estado.

3. Material e Métodos

Nas seções seguintes serão abordadas algumas características geográficas da região do Pantanal relevantes no contexto da análise de crédito rural, as principais funcionalidades da ferramenta Módulo Bancário e a descrição do relatório emitido pela ferramenta através de dois exemplos de empreendimentos fictícios no Pantanal.

3.1. A Ferramenta Módulo Bancário

A ferramenta Módulo Bancário foi desenvolvida na Embrapa Informática Agropecuária e está disponível no portal do sistema *SIAGEO Amazônia*. Para o uso da ferramenta, o usuário deve fornecer suas credenciais de acesso ao sistema, ou cadastrá-las no caso de primeiro acesso. A **Figura 1** ilustra o menu de acesso ao portal.



Figura 1. Acesso ao Portal SIAGEO Amazônia

Ao clicar no botão “Acessar o SIAGEO”, a página inicial de cadastro e acesso é apresentada, conforme a **Figura 2** abaixo. Após a entrada de seu *login* e senha, o usuário deve acessar o menu Relatórios, conforme indicado na **Figura 3**.

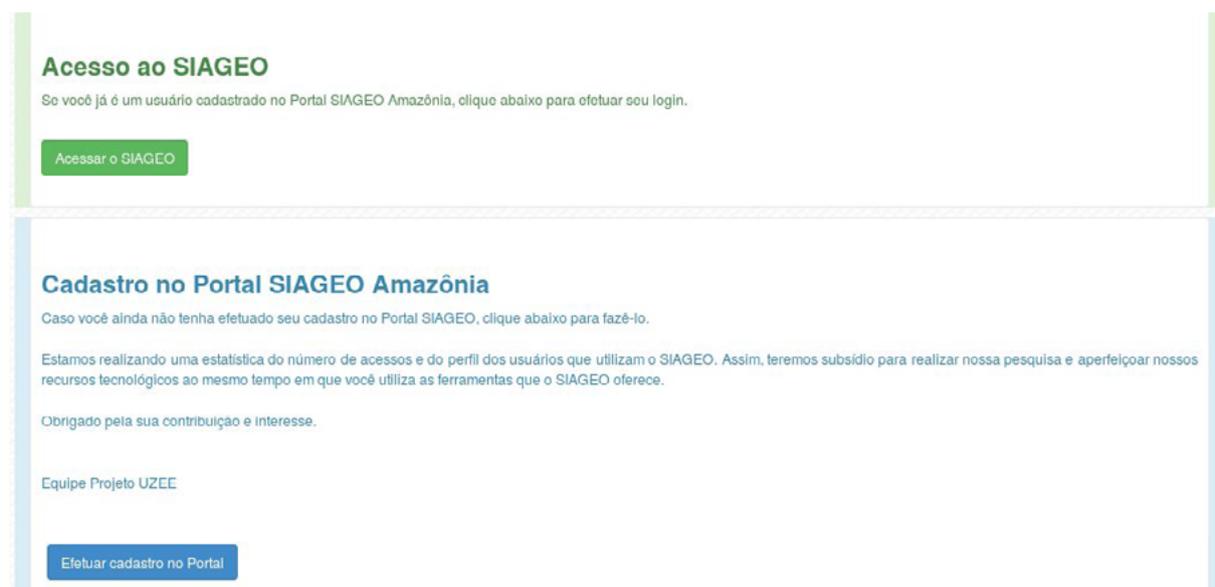


Figura 2. Página inicial de cadastro e acesso ao Portal SIAGEO Amazônia.



Figura 3. Acesso à ferramenta Módulo Bancário.

A **Figura 4** apresenta a tela inicial da ferramenta Módulo Bancário. Nesta tela, o usuário realiza a consulta espacial do seu empreendimento.

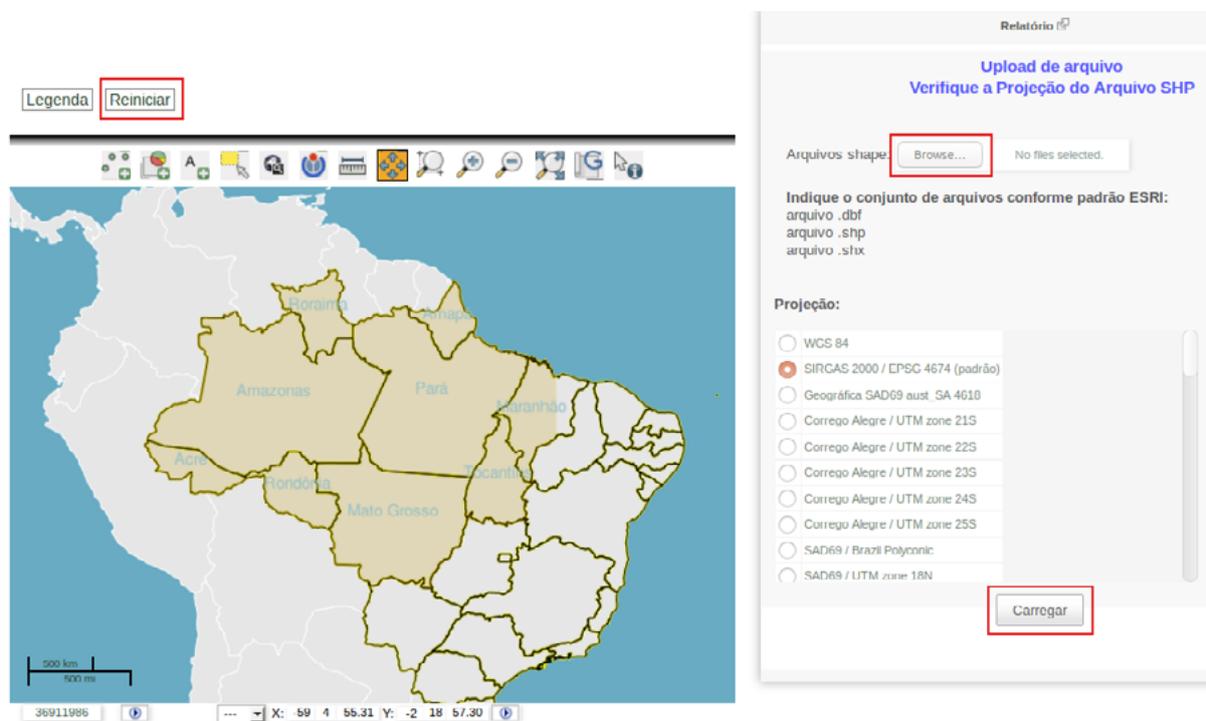


Figura 4. Tela inicial da ferramenta Módulo Bancário.

Ao pressionar o botão *Browse*, é aberta a tela de gerenciamento de arquivos do sistema operacional para que o usuário informe os dados de seu empreendimento em formato vetorial (*shapefile*). Os arquivos selecionados devem ter as extensões *dbf*, *shp* e *shx* respectivamente.

Além, disso, seleciona-se também o tipo de sistema de referência geodésico (projeção) utilizado na geração dos arquivos que estão sendo enviados. Ao clicar no botão *Carregar*, os arquivos são lidos e seu conteúdo validado pelo sistema, o qual, primeiramente, verifica se o empreendimento intercepta a área da Amazônia Legal. Em caso negativo, uma mensagem de alerta informa ao usuário que seu empreendimento está fora dos limites da Amazônia Legal, ou seja, não está no contexto de aplicação da ferramenta. Em caso positivo, a ferramenta informa os estados interceptados pelo empreendimento e exibe um mapa com os temas de interesse preestabelecidos na ferramenta (**Tabela 1**) abaixo e presentes nos estados interceptados, bem como, o empreendimento submetido é sobreposto no mapa. A **Figura 5** exemplifica um mapa gerado, destacando-se em roxo (no interior do retângulo vermelho) o polígono referente a um empreendimento fictício.

Caso o usuário pressione o botão *Reiniciar*, retorna-se à tela inicial da ferramenta, permitindo-se uma nova consulta espacial.

Na **Tabela 1** a seguir, listam-se os mapeamentos temáticos definidos em acordo entre a equipe do projeto e membros do setor financeiro. Estes são os mapas utilizados na comparação espacial realizada pela ferramenta.

Após realizadas as comparações espaciais pelo sistema, além do mapa ilustrado na **Figura 5** acima, é disponibilizado o detalhamento da análise espacial do empreendimento através da geração de um relatório online. Para isso, o usuário deverá pressionar o botão *Gerar Relatório* que é mostrado na mesma tela.

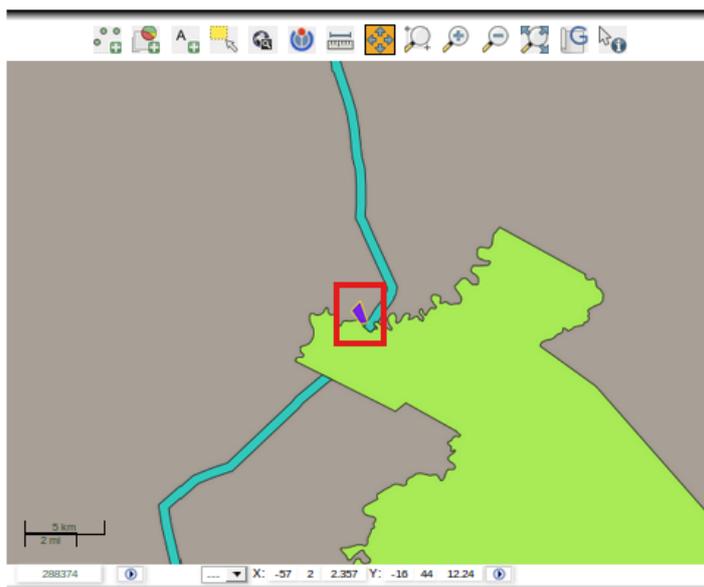


Figura 5. Temas interceptados e empreendimento.

Tabela 1. Mapeamentos temáticos usados no Módulo Bancário

Tipo de Mapa	Situação
Zonas de Gestão	Dados já inseridos no sistema
Subzonas de Gestão	
Tipos de Gestão	Dados disponíveis no momento apenas para as iniciativas de ZEE do Estado do Pará
Unidades de Conservação	Dados já inseridos no sistema
Bioma	
Cobertura Vegetal	Dados já inseridos no sistema
Terras Indígenas	Dados já inseridos no sistema
Declividade	Em processo de elaboração
Solo (Pedologia)	Dados já inseridos no sistema
Aptidão Agrícola	Em processo de elaboração

4. Resultados e Discussão

4.1. Descrição do Relatório

O relatório é composto pela descrição detalhada do resultado da comparação espacial do empreendimento (*shapefile*) fornecido pelo usuário e os mapeamentos temáticos listados na **Tabela 1** (vide seção 3.1) para cada estado interceptado da Amazônia Legal.

A seguir, a descrição das seções do relatório será acompanhada de ilustrações utilizando-se como exemplo um empreendimento inteiramente presente na região da bacia do Alto Paraguai.

4.1.1. Análise Espacial de dois Empreendimentos na bacia do Alto Paraguai

Inicialmente, apresenta-se um cabeçalho com informações relacionadas à data de geração do relatório, ao sistema de projeção utilizado, bem como uma área reservada para eventuais comentários sobre a análise em andamento, como apresentado na **Figura 6** a seguir:

Relatório Gerado Através de Dados Espaciais Mapa da Área pesquisada

Data geração do relatório: 08 de Julho de 2016 14:01:05

Comentários:

Projeção: SIRGAS 2000

Figura 6. Cabeçalho do relatório

O relatório é subdividido em seções, cada qual referente a um mapa do **quadro 1** (vide seção 3.1). No caso da BAP, os mapas disponíveis atualmente para análise espacial são: “Unidades de Conservação” e “Terras Indígenas”, apresentados na **Figura 7**. Sendo assim, para qualquer empreendimento na região, somente esses mapas serão considerados pela ferramenta e, conseqüentemente, o relatório somente apresentará o resultado das comparações espaciais com esses mapas.

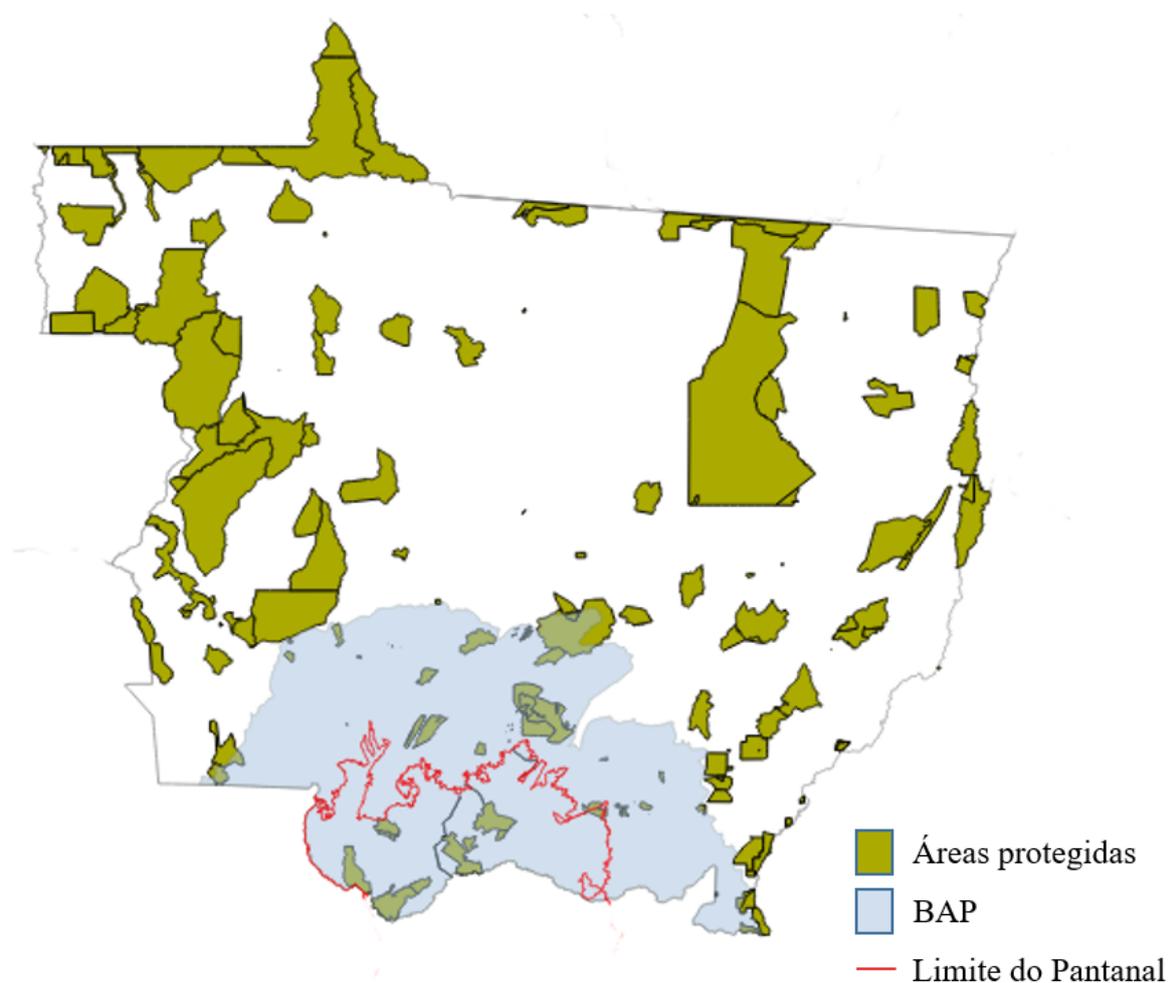


Figura 7. Áreas protegidas (terra indígenas e unidades de conservação) em Mato Grosso.

A seguir, será descrito o relatório gerado pela ferramenta Módulo Bancário, usando-se como exemplo dois empreendimentos fictícios na região do Pantanal.

No primeiro caso, apresenta-se o relatório gerado a partir da análise espacial do empreen-

dimento fictício, mostrado na **Figura 5**. Como ilustrado na **Figura 8**, inicialmente, exibe-se um mapa com o tema interceptado e o *shapefile* do empreendimento sobreposto ao tema, bem como a legenda correspondente, seguida das informações resultantes das comparações espaciais:

- **Porcentagem do território submetido que avança em classes do tema:** os cálculos visam à determinação da porcentagem do empreendimento que intercepta as classes do tema sob análise.
- **Classes próximas até 15 Km do território submetido:** neste caso, são efetuados cálculos para a determinação das classes do tema que distam do empreendimento em um raio de até 15 Km.
- **Biomás presentes no território submetido:** informam-se quais biomás estão presentes na região que contém o empreendimento submetido.

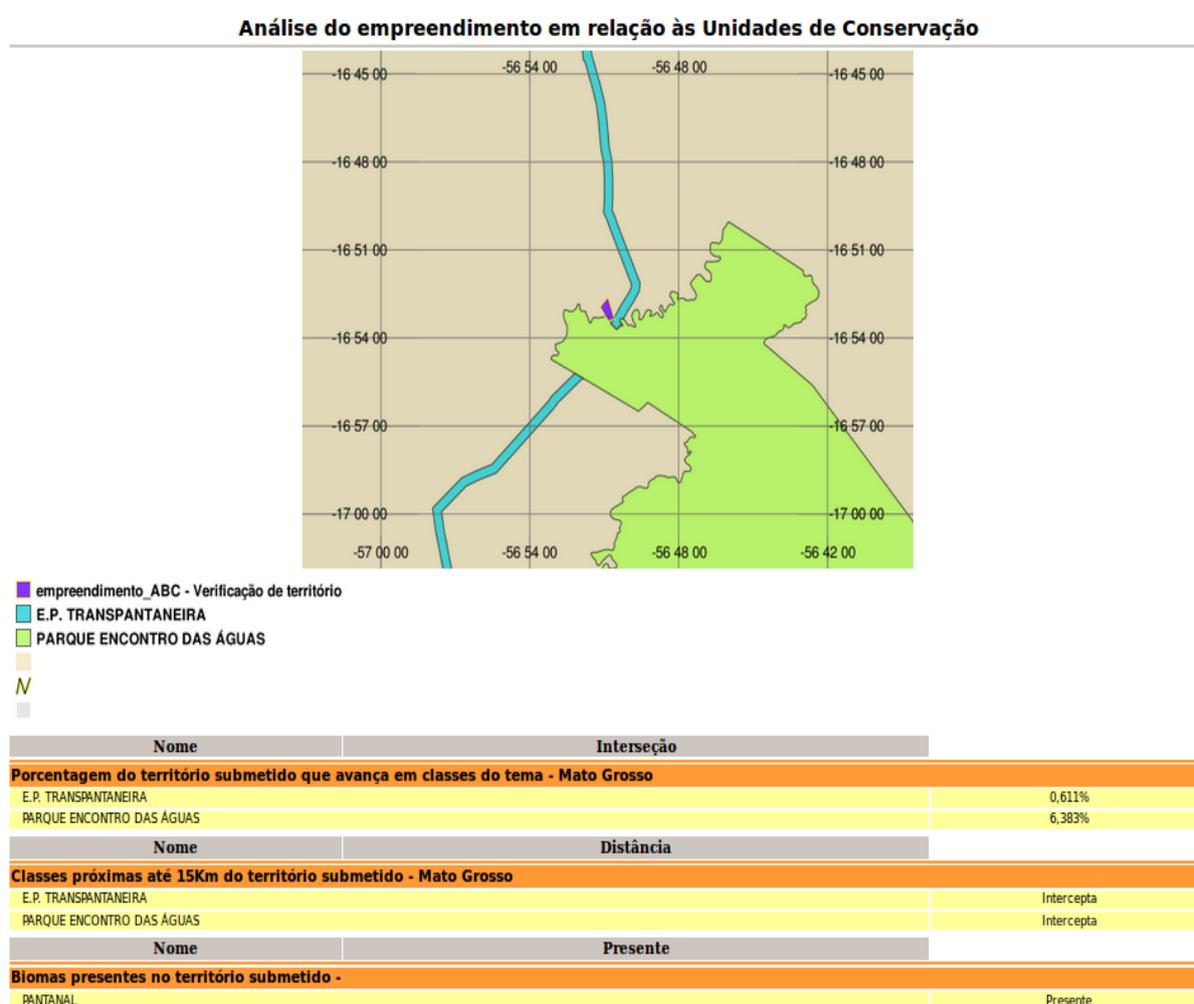


Figura 8. Análise do empreendimento em relação às Unidades de Conservação

Para esse empreendimento, o relatório gerado só exibe resultados para o mapeamento temático “Unidades de Conservação”, dentre os listados no quadro 1, uma vez que o empreendimento somente intercepta o referido tema.

No segundo caso, apresenta-se, na **Figura 9**, o relatório gerado a partir da análise espacial de outro empreendimento fictício, seguindo o mesmo procedimento do primeiro caso. Entretanto, este empreendimento intercepta somente o tema “Terras Indígenas”.

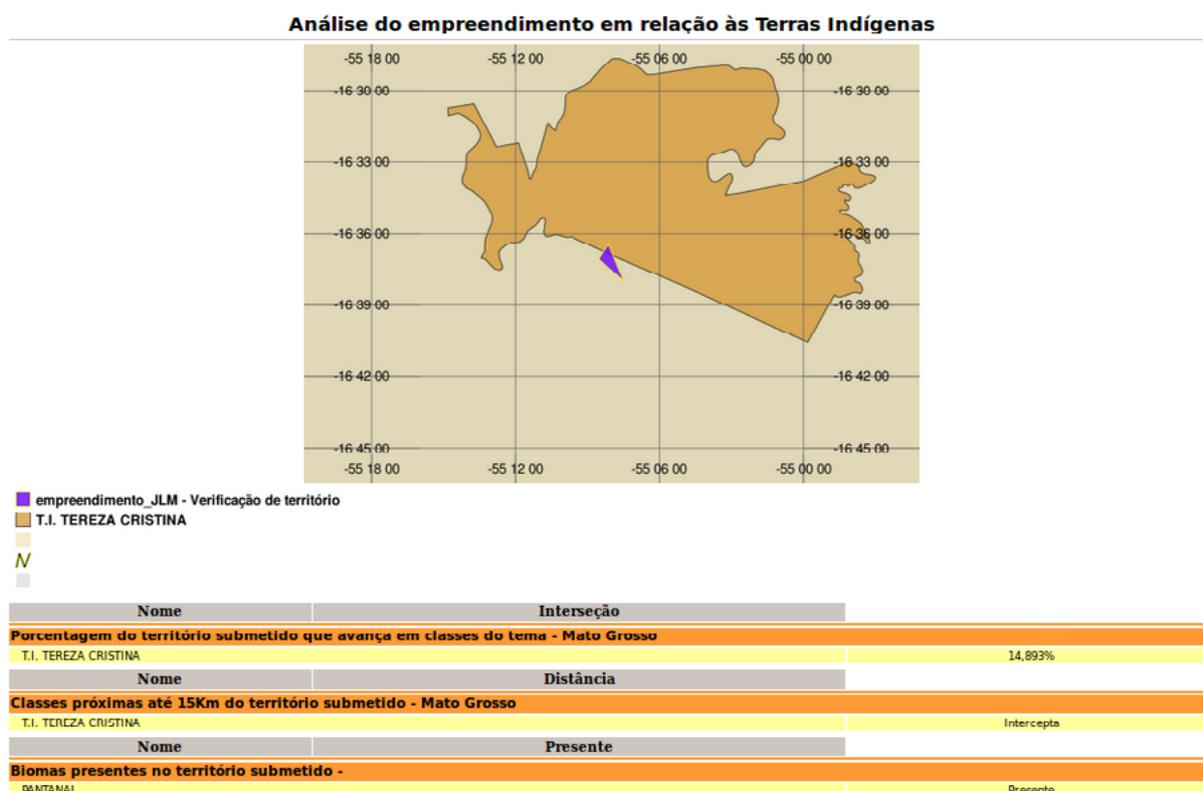


Figura 9. Análise do empreendimento em relação às Terras Indígenas.

5. Considerações

Segundo Silva e Abdon (1998), o Pantanal ocupa uma área de 138.183 km², ou seja, 38,21% da bacia, dos quais 48.865 km² (35,36%) estão no Mato Grosso e 89.318 km² (64,64 %) no Mato Grosso do Sul. Neste artigo, as análises realizadas e discutidas na seção 4.1 aplicam-se somente a empreendimentos que estejam no Pantanal em Mato Grosso. Isso não é devido a uma limitação computacional da ferramenta Módulo Bancário, mas sim porque, atualmente, insere-se exclusivamente no contexto do projeto UZEE que abrange somente os mapeamentos temáticos dos nove estados da Amazônia Legal, os quais foram disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente, como descrito em Mengatto Junior et al (2015b).

Os mapeamentos temáticos realizados no Mato Grosso estão armazenados no banco de dados do sistema SIAGEO Amazônia. Esses mapas referem-se a dados de ZEE estaduais, além de outros estudos e iniciativas elaborados para a região. No entanto, devido a divergências quanto às áreas aprovadas em assembleias estaduais, os estudos relacionados a “zonas” e “subzonas” do estado matogrossense encontram-se suspensos sob efeito de liminar judicial, acarretando na omissão de suas informações através do visualizador web do SIAGEO Amazônia, bem como das análises espaciais descritas no relatório gerado pela ferramenta Módulo Bancário. Além disso, como mostrado na seção 4.1, para o estado do Mato Grosso, o Módulo Bancário considera somente informações relacionadas a dois mapeamentos temáticos dentre os listados no **Tabela 1**: “Unidades de Conservação” (**Figura 8**) e “Terras Indígenas” (**Figura 9**), pois são os únicos mapeamentos aprovados até o presente momento.

Reitera-se assim a importância de mais iniciativas de mapeamentos temáticos serem realizadas pela Secretaria do Meio Ambiente do estado do Mato Grosso a fim de enriquecer a base de dados da ferramenta Módulo Bancário que passará a fornecer um suporte mais completo junto às instituições financeiras durante o processo de gestão de risco e liberação de crédito

rural para empreendimentos na região pantaneira.

6. Conclusões

A ferramenta Módulo Bancário apresenta-se como um eficiente instrumento de apoio às instituições financeiras no processo de análise espacial para gestão de risco e liberação de crédito rural para empreendimentos na região do Pantanal, por meio da análise dos relatórios emitidos pela ferramenta, que considera os mapas disponibilizados para a BAP. Neste sentido, recomenda-se a efetiva consideração desta ferramenta pelas instituições financeiras no sentido de valerem-se deste ágil e eficiente recurso computacional.

Devido à relevância econômica e ao potencial de crescimento da região da BAP e, por que não dizer de todo o estado do Mato Grosso, sugere-se que as instituições governamentais responsáveis pelo levantamento e organização dos mapeamentos temáticos da região se façam valer de seus recursos a fim de aprovar e disponibilizar mais mapeamentos temáticos. Consequentemente, a ferramenta Módulo Bancário apresentada poderá mais acuradamente oferecer suporte às instituições financeiras às quais, através da liberação do crédito rural, tornarão viável, em última análise, o crescimento sustentável e contínuo na região pantaneira.

7. Referências

- Ab´Sáber, A. **Brasil: Paisagens de Exceção. O litoral e o Pantanal Mato-Grossense, Patrimônio Básico.** São Paulo: Ateliê Editorial, 2006, 182 p.
- Antão, R. A. de S.; Campanholo, T. O crédito rural no contexto do desenvolvimento econômico e social. **Revista da Católica**, v. 3, n. 5, jan./jul., 2011.
- Vendrusculo, L. G., Silva, J. S. V., Araújo, L. B., Oliveira, S. D. M., & Copatti, A. (2009). Uso da técnica de Web Mapping para disseminação de dados ambientais com enfoque no licenciamento ambiental In: Octava Conferencia Iberoamericana em Sistemas, Cibernética e Informática (CISCI), 2009, Orlando, FL, 10 a 13 de julho de 2009. **Anais...** Orlando: International Institute of Informatics and Systemics, 2009, p. 141-146.
- Santos, J. L.; Silva, J. S. dos V.; Mengatto Junior, E. A. ; Andrade, D. D.; Figueiredo, V. A. .Análise Espacial para apoiar o crédito rural. In: Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia, 4. 18 a 20 de novembro, 2015, Belém. **Anais....** Belém: UEPA, 2015. v. 4. p. 316-325.
- Mapa. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Crédito Rural.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/politica-agricola/credito-rural>>. Acesso em: 05 jul. 2016.
- Mengatto Júnior, E. A.; Anaruma Filho, F.; Santos, J. L. dos; Silva, J.S.V.; Possan, L. H. J. Qualidade de metadados na elaboração de banco de dados em ambiente SIG para disponibilização via web. In: impósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015a, João Pessoa, PB. **Anais** São José dos Campos: INPE, 2015a. p. 4503-4510
- Mengatto Junior, E. A. M.; Silva, J. S. V. Andrade, D. D. Santos, J. L. Figueiredo, V. A. Informações Geoespaciais da Amazônia Legal na Internet. In: Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia, 4. 18 a 20 de novembro, 2015. **Anais...** Belém: UEPA, 2015b. 451-460.
- Possan, L. H. J.; Santos, J. L. dos; Silva, J. S. V. Uma ferramenta de análise espacial e geração de relatórios dinâmicos para auxílio à gestão ambiental. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 5., 2014, Campo Grande, MS. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2014. p. 905-914. 1 CD-ROM. ISBN 978-85-17-00069-0.
- Silva, J.S.V.; Abdon, M.M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas Sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, número especial, p. 1703-1711, out. 1998.
- Silva, J. dos SV da, Moraes, A. S.; Seidl, A. F. **Evolução da agropecuária no Pantanal brasileiro, 1975–1985.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2001. 157 p.
- Harris, M. B.; Arcangelo, C.; Pinto, E.C.T.; Camargo, G.; Ramos Neto, M.B.; Silva, S.M. 2005. **Estimativas de perda da área natural da Bacia do Alto Paraguai e Pantanal Brasileiro.** Relatório técnico não publicado. Campo Grande, MS: Conservação Internacional Brasil, 2005. 35 p.



**Análise da vulnerabilidade natural da bacia do Rio Coxipó Açu - MT
Análise dos atributos do meio físico e de uso e ocupação do solo das zonas de manejo do
Parque Nacional da Serra da Canastra no município de Delfinópolis (MG)**

Ana Paula Pereira Carvalho¹
Osni José Pejon¹
Eduardo Goulart Collares²

¹ Universidade de São Paulo - EESC/USP
Av. Trabalhador Sancarlense, Parque Arnold Schimidt
13566-590 - São Carlos, SP - Brasil
ana.carvalho02@usp.br
pejon@sc.usp.br

² Universidade do Estado de Minas Gerais - UEMG/Campus Passos
Av. Juca Stockler nº: 1130, Bairro Belo Horizonte
37900-106 - Passos, MG - Brasil
collaresambiental@hotmail.com

Resumo. Este artigo envolveu a análise dos atributos do meio físico e uso e ocupação do solo das três zonas de manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC) que abrangem o município de Delfinópolis (MG), sendo elas: zona intangível (ZI), zona de ocupação temporária (ZOT) e zona de amortecimento (ZA). Os procedimentos metodológicos iniciaram-se com a seleção dos atributos a serem considerados na análise, depois o trabalho concentrou-se no processamento, com o uso do ArcGIS 10®, das informações disponibilizadas pelo Projeto Grande Minas, que realizou o Zoneamento Ambiental dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande. Nesta etapa foram contabilizadas as áreas de cada uma das classes dos cinco atributos adotados. Em seguida foi realizada a análise individualizada das zonas confrontando as características físicas e de uso e ocupação do solo com as descrições estabelecidas no plano de manejo. Observa-se que a ZI destaca-se com o maior grau de preservação, o relevo desta área é caracterizado por vales, morros e serras. A ZOT apresenta como material predominante solo arenoso, nesta área o relevo é bastante acidentado e apresenta altas declividades. Já a ZA é a área que mais contribui com as atividades econômicas do município, pois nesta zona é permitido o uso do solo com certas restrições legais. Esta análise auxiliará na elaboração do mapeamento geoambiental do município de Delfinópolis, para subsidiar as tomadas de decisão dos gestores públicos na solução dos problemas encontrados.

Palavras-chave: planejamento municipal, plano de manejo, unidade de conservação, SIG.

Abstract. The objective of this work was to analyze the attributes of the physical environment and land uses of the three management areas (intangible zone - ZI; temporary occupation zone - ZOT; and buffer zone - ZA) of the National Park Serra da Canastra (PNSC) located in Delfinópolis (MG). The methodological procedures comprehend the selection of the environmental attributes, analysis of the information provided by the Grande Minas Project that elaborated the Environmental Zoning of the Sub-basins of Médio Rio Grande-MG. The analysis was carried out, quantifying the areas of each class of the five adopted attributes, and then correlating with the management plan zones of the PNSC. The results showed that the ZI have the highest degree of preservation, the relief of this area is characterized by valleys, hills and mountains. AZOT has as predominant sandy soil material and, the relief is very rugged with steep slopes. Meanwhile, ZA is the zone that presents the main economic activities of Delfinópolis, because in this area are allowed anthropic land uses, however with certain legal restrictions. The analysis performed in this work shall assist the development of geo-environmental mapping of Delfinópolis to subsidize public manager's decision making in solving the land uses conflicts.

Key-words: municipal planning, management plan, conservation unit, GIS.

1. Introdução

O planejamento do espaço físico territorial de um município é fundamental para que o seu desenvolvimento aconteça de forma satisfatória, ainda mais se contemplar no seu limite administrativo uma área protegida. Dessa forma um plano de ações bem formulado proporciona aos gestores públicos condições mais rápidas e eficientes na solução das demandas da área. Em muitos municípios o planejamento da área não é realizado de forma condizente, ocasionando diversos problemas que influenciam no seu equilíbrio dinâmico.

Existem vários instrumentos que auxiliam o planejamento territorial de uma determinada área, dentre eles o plano de manejo destaca-se como responsável no gerenciamento das áreas protegidas. De acordo com Pereira (2009), para o fortalecimento do sistema das áreas de preservação ambiental e a sua biodiversidade é indispensável conhecer o plano de manejo como um dos instrumentos de gestão ambiental mais antigo, que por sua vez é obrigatório legalmente, visto que foi instituído em 1979.

Segundo Muruthi (2006), este tipo de plano é compreendido como um instrumento dinâmico e prático que mostra a realidade da área, com base na análise de fatores ambientais e socioeconômicos, além de citar medidas gerais para a conservação. O plano oferece orientações em três dimensões: espaço, de forma a estabelecer o que deve ser realizado em um local específico; tempo, visa o que deve ser feito em um determinado período; método, que constitui como deve ser realizada cada etapa proposta.

Segundo a Lei Federal nº 9.985/2000, o plano de manejo deve também estabelecer o zoneamento e as normas que devem gerir o uso da área e o manejo dos recursos naturais. Desta forma a divisão da unidade de conservação em zonas auxilia na identificação de áreas que necessitam de cuidados emergenciais com relação ao uso irracional dos recursos naturais.

Este documento tem que envolver não apenas a área protegida, mas também a sua zona de amortecimento e os corredores ecológicos, além de disponibilizar medidas que estimulem sua integração com o meio econômico e social das áreas circunvizinhas (BRASIL, 2000).

A área em estudo é o município de Delfinópolis, este é considerado especial, devido 55% da sua área contemplar o Parque Nacional da Serra da Canastra, que é considerado como uma unidade de conservação do tipo "proteção integral". No plano de manejo desta unidade foram delimitadas dez zonas, sendo que três destas situam-se no limite administrativo do município em estudo.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi elaborar uma tabulação de atributos do meio físico e antrópico,

com o intuito de realizar uma análise das zonas de manejo definidas no plano do Parque Nacional da Serra da Canastra que abrangem o município de Delfinópolis.

3. Material e Métodos

3.1. Localização da Área em Estudo

A área de estudo está inserida na Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande (GD7), que é uma das oito unidades de gerenciamento de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Grande, situada no estado de Minas Gerais.

O município de Delfinópolis encontra-se no norte da bacia hidrográfica (GD7), no Chapadão da Canastra, com uma área de abrangência de aproximadamente 1.329 km². Limita-se com os municípios de Cássia, Ibiraci, Passos, Sacramento, São João Batista do Glória e São Roque de Minas, sendo que sua porção sul é totalmente margeada pelo Rio Grande (**Figura 1**).

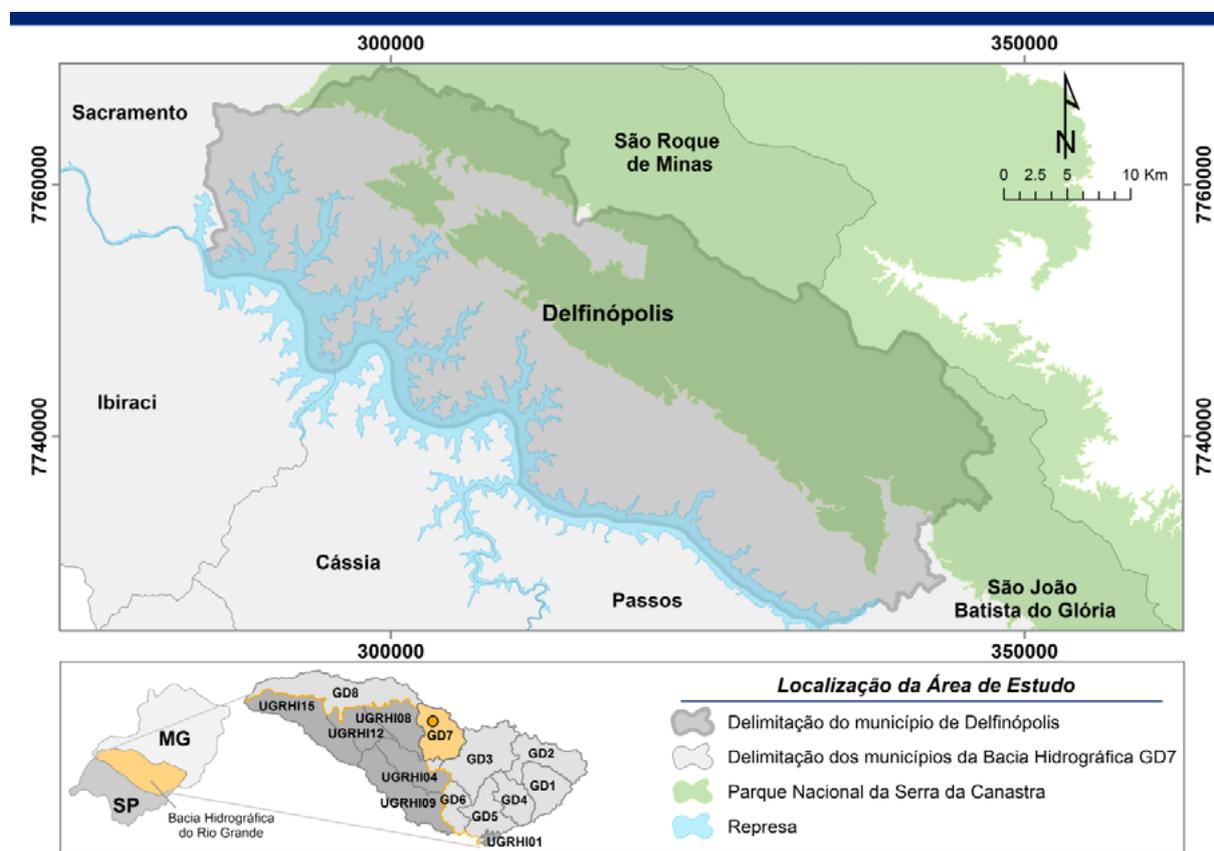


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.

O município de Delfinópolis apresenta uma população de 6.830 habitantes, sendo que 71% deste contingente residem na zona urbana (IBGE, 2010).

A geologia do município está representada por rochas do Grupo Canastra (gnaisse, xisto e milonito) e Grupo Araxá (gnaisse, xisto e quartzito).

Com relação à economia do município, este se destaca no setor agrícola, com a produção de cana-de-açúcar, soja e banana. Além da agricultura, outro setor que contribui fortemente com esta categoria é o turismo, pois a região apresenta grandes belezas cênicas, com a presença de cachoeiras e pousadas, o que caracteriza o município com alto nível a aptidão turística.

Nesta região está localizado parte do Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), visto

que este elemento regional apresenta uma área de 200.000 ha, no entanto, somente 71.525 ha da área estão regularizados (IBAMA, 2005).

3.2. Procedimentos Metodológicos

Este trabalho, em um primeiro momento, envolveu a escolha dos atributos do meio físico, com a finalidade de analisar as zonas já definidas pelo zoneamento do Parque Nacional da Serra da Canastra apresentado no plano de manejo da unidade de conservação, elaborado no ano de 2005, pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Os documentos cartográficos com informações do meio físico utilizados para a análise foram elaborados pela equipe do Projeto Grande Minas que realizou o Zoneamento Ambiental dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande. Os documentos cartográficos utilizados foram elaborados na escala de 1:50.000, sendo estes:

- Mapa de materiais inconsolidados (Magri et al., 2013);
- Mapa do substrato rochoso (Collares e Gomes, 2013);
- Mapa dos sistemas aquíferos (Collares e Gomes, 2013);
- Mapa de uso e ocupação do solo (Dias et al., 2013).

Estes documentos cartográficos abrangem áreas maiores e tiveram que ser devidamente ajustados à área do presente estudo, com o uso do ArcGIS 10[®]. Além desses documentos, foi necessária a elaboração de uma nova Carta de Declividades, específica para o município de Delfinópolis. Esta foi elaborada com base no Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), o qual utilizou no processo de interpolação os pontos cotados, as curvas de nível e a rede hidrográfica, na escala de 1:50.000. Os planos de informação utilizados para a geração do MDEHC também foram disponibilizados pelo Projeto Grande Minas. Esta carta foi elaborada no software ArcGIS 10[®], por meio da extensão *Spatial Analyst Tools*, na qual são encontrados os comandos *Surface - Slope*.

Além dos atributos apresentados foi utilizado o plano de manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra. Neste documento encontram-se as informações quanto ao ordenamento físico territorial de cada uma das classes do zoneamento, bem como as normas gerais de manejo da área do parque.

A etapa seguinte consistiu na realização da tabulação cruzada dos planos de informação com cada uma das zonas do plano de manejo do PNSC, que foram inseridos no software ArcGIS 10[®] para o cálculo da área de cada uma das classes dos atributos adotados.

Após o processamento dos cinco planos de informação foi realizada uma análise descritiva e quantitativa do meio físico para fins de verificar as características das áreas frente às suas condições de uso.

Estes procedimentos podem também ser adotados para auxiliar no planejamento dos municípios que se encontram na região do Pantanal que são ocupados por áreas protegidas, como o Parque Nacional do Pantanal Mato-grossense, Parque Estadual Serra de Santa Bárbara, Parque Estadual do Guirá, Parque Estadual do Encontro das Águas. Este método proporciona maior facilidade na identificação das restrições e potencialidades das áreas contribuindo com as tomadas de decisões para um melhor ordenamento físico territorial da região.

4. Resultados e Discussão

Após os procedimentos metodológicos utilizados foi possível a análise de cada uma das zonas. Segundo o zoneamento do Parque Nacional da Serra da Canastra, o município de Delfinópolis é dividido em três zonas, sendo elas: zona intangível; zona de ocupação temporária; e zona de

amortecimento.

A **Figura 2** apresenta a delimitação de cada uma das zonas segundo o IBAMA (2005) e a **Tabela 1** apresenta as respectivas áreas em km² e % de cada uma delas.

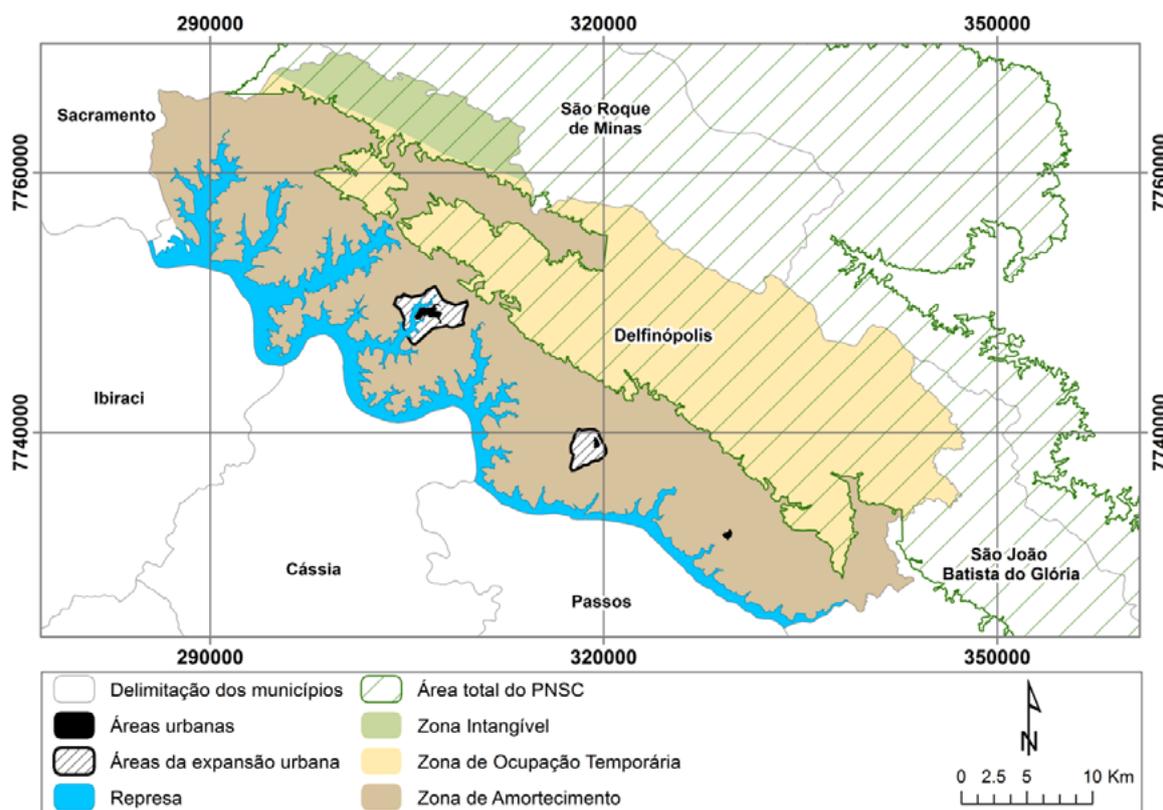


Figura 2. Delimitação das zonas encontradas na área do município de Delfinópolis referente ao plano de manejo do PNSC.

Tabela 1. Área das zonas de manejo que situam no município de Delfinópolis.

Zonas	Área (km ²)	Área (%)
Zona Intangível (ZI)	69,2	5,2
Zona de Ocupação Temporária (ZOT)	490,2	36,9
Zona de Amortecimento (ZA)	742,03	55,8

A **Figura 3** apresenta os planos de informações utilizados para a análise das zonas e suas respectivas legendas. Vale ressaltar que, com relação aos materiais inconsistentes, a análise realizada, bem como a representação das suas classes na legenda, consideram apenas o aspecto de granulometria das unidades e não a denominação completa delas.

A **Tabela 2** mostra os dados quantitativos de cada uma das classes dos cinco atributos adotados.

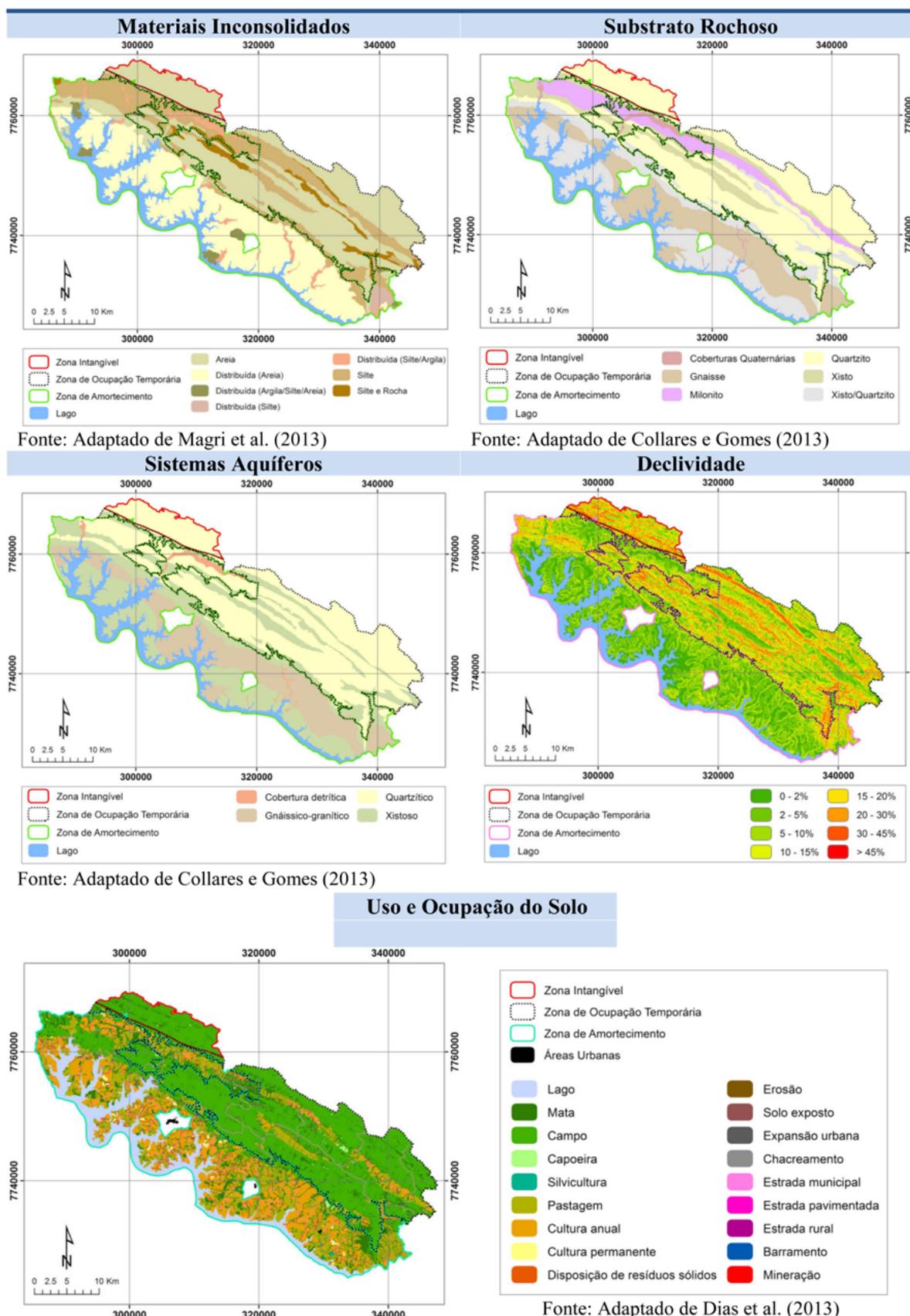


Figura 3. Planos de informações utilizados na análise das três zonas definidas no plano de manejo da unidade de conservação.

Tabela 2. Dados quantitativos das zonas de manejo referente aos atributos do meio físico.

Materiais Inconsolidados							
Classes Km ²	ZI		ZOT		ZA*		
	%	Km ²	%	Km ²	%		
Areia	69,20	99,99	332,95	67,92	57,91	7,80	
Distribuída (Areia)	-	-	0,12	0,02	370,24	49,90	
Distribuída (Argila/Silte/ Areia)	-	-	-	-	16,30	2,20	
Distribuída (Silte)	-	-	0,14	0,03	12,32	1,66	
Distribuída (Silte/Argila)	-	-	0,15	0,03	31,90	4,30	
Silte	0,001	0,01	122,25	24,93	119,88	16,16	
Silte e Rocha	-	-	34,63	7,07	7,85	1,06	
Substrato Rochoso							
Coberturas Quaternárias	-	-	0,31	0,06	15,58	2,10	
Gnaíссе	-	-	2,23	0,45	232,70	31,36	
Milonito	-	-	33,06	6,74	59,04	7,97	
Quartzito	69,20	99,99	327,80	66,87	25,16	3,40	
Xisto	0,001	0,01	73,42	14,98	40,45	5,45	
Xisto/Quartzito	-	-	53,42	10,90	243,36	32,80	
Sistemas Aquíferos							
Cobertura detrítica	-	-	0,31	0,06	15,58	2,10	
Gnáíссico-granítico	-	-	2,23	0,46	232,71	31,38	
Quartzítico	69,20	99,99	360,87	73,61	84,19	11,35	
Xistoso	0,001	0,01	126,84	25,87	283,81	38,25	
Declividade							
0 - 2%	0,93	1,34	23,23	4,74	262,32	35,35	
2 - 5%	5,98	8,64	76,95	15,69	213,71	28,80	
5 - 10%	13,13	18,97	116,27	23,71	153,19	20,64	
10 - 15%	12,90	18,64	89,31	18,22	57,32	7,72	
15 - 20%	11,81	17,06	71,86	14,66	29,94	4,04	
20 - 30%	18,34	26,50	86,90	17,72	22,92	3,09	
30 - 45%	6,08	8,79	25,20	5,14	2,62	0,35	
>45%	0,04	0,06	0,58	0,12	0,01	0,002	
Uso e Ocupação do Solo							
Área agrícola	Cultura anual	-	-	14,78	3,01	221,03	29,79
	Cultura permanente	-	-	0,05	0,01	7,36	0,99
	Silvicultura	-	-	0,001	0,0002	1,71	0,23
Atividade Pontual	Barramento	-	-	0,02	0,004	0,27	0,04
Área urbana	Chacreamento	-	-	-	-	1,34	0,18
	Expansão urbana	-	-	-	-	0,28	0,04

Área de Vegetação Natural	Campo	63,48	91,74	377,65	77,03	84,92	11,44
	Capoeira	0,10	0,15	1,86	0,38	1,68	0,23
	Mata	5,60	8,09	55,69	11,36	126,60	17,06
Estrada	Estrada municipal	-	-	2,11	0,43	4,07	0,55
	Estrada pavimentada	-	-	-	-	0,10	0,01
	Estrada rural	0,01	0,02	0,58	0,12	4,52	0,61
Solo Exposto	Disposição de resíduos sólidos	-	-	-	-	0,02	0,003
	Erosão	-	-	-	-	0,15	0,02
	Mineração	-	-	0,11	0,02	0,48	0,06
	Solo exposto	-	-	0,80	0,16	1,23	0,17
Pastagem	-	-	-	36,61	7,47	161,65	21,78
Represa	-	-	-	-	-	124,62	16,79

*Os atributos (materiais inconsolidados, substrato rochoso e sistemas aquíferos) da ZA não contemplam 100%, devido esta zona abranger 16,92% do Rio Grande e área represada.

• Zona Intangível (ZI)

Segundo o plano de manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra, esta área tem por objetivo proteger os ecossistemas e os recursos genéticos, além de dedicar-se ao monitoramento ambiental. A ZI também é considerada o espaço que apresenta o mais elevado grau de preservação, não sendo permitida nenhuma prática humana (IBAMA, 2005).

Com relação aos aspectos geológicos, o material inconsolidado desta área é quase totalmente composto por solos cuja fração granulométrica predominante é a areia, visto que o substrato rochoso nesta região é composto por quartzitos com intercalações ocasionais de mica-xisto e filito do Grupo Canastra. O sistema aquífero predominante nesta zona é o quartzítico. De acordo com IBAMA (2005), este sistema corresponde a aquíferos fraturados, visto que o condicionamento dos fluxos subterrâneos é conduzido pela presença da porosidade secundária, que é evidenciada pelas próprias discontinuidades do meio rochoso, consolidadas pelos planos de fraturas e fissuras.

Pelas características da região, esta área pode apresentar alguma suscetibilidade à ocorrência de eventos naturais que podem desestabilizar o seu equilíbrio dinâmico, como a incidência de processos erosivos, devido os materiais que a constituem. Outro fator que condiciona a ocorrência destes eventos é a declividade do terreno, a qual é considerada elevada (20% a 30%), visto que estas classes estão bem distribuídas em toda a zona.

Com relação ao uso e ocupação do solo na ZI, esta apresenta 91,74% de sua área ocupada por vegetação natural, mais especificamente por campo. Nesta zona não se encontra nenhum tipo de atividade agrícola ou pecuária. Nestas condições pode-se considerar que esta área, frente aos seus objetivos, dispostos no plano de manejo, apresenta-se dentro dos padrões estabelecidos na sua criação.

• Zona de Ocupação Temporária (ZOT)

O objetivo desta zona é assegurar a proteção dos recursos naturais e culturais, estabelecer ter-

mos de compromisso com os proprietários da área, além de reduzir os impactos ambientais provenientes das atividades praticadas (IBAMA, 2005).

A ZOT é definida como uma área provisória, diante disso é considerada a parte não regularizada do Parque Nacional da Serra da Canastra, compreendendo aproximadamente 37% da área total do município de Delfinópolis. Por ser uma área que ainda encontra-se em processo de adequação quanto à regularização fundiária, ainda mantém as atividades humanas, ou seja, até o momento não aconteceu à regularização nem a desapropriação da área.

Assim como na ZI, a composição granulométrica do material inconsolidado que compõe a maior parte da área é areia, que corresponde a 332,95 km², estando presente em locais em que o relevo é caracterizado por serras e escarpas, com altas amplitudes, entre 924-1445m. A segunda classe mais abundante é composta principalmente por solos siltosos que compreende quase 25% da área. Este material está localizado em áreas onde as declividades são superiores a 10% (em morros e morrotes) ou em declividades inferiores a 30% (em relevos de serras e escarpas) (Magri et al., 2013).

Com relação à hidrogeologia, os sistemas aquíferos presentes na área são o quartizítico e xistoso, oriundos do substrato rochoso composto por quartzito com intercalações de mica-xisto e filito. Outras litologias presentes na área correspondem à mica-xisto com ocorrências de quartzito e lentes de mármore e filito com intercalações de quartzito. Ambas litologias estão representadas nas formações geológicas do Grupo Araxá e Canastra.

Sobre o uso e ocupação do solo, esta zona apresenta mais de 80% de sua área coberta por vegetação natural, mais especificamente do tipo campo (77,03%). Levando-se em consideração as atividades antrópicas, as classes que se destacam são a pastagem e as atividades agrícolas, ambas situadas em áreas em que as declividades são menores ou atingem no máximo 15%.

Dentre as práticas humanas citadas, as atividades minerárias também se destacam devido o seu potencial poluidor e de degradação. Estas atividades estão concentradas na região sudeste da zona com a exploração de quartzito por minerações do tipo céu aberto, e a maior parte delas apresenta irregularidades nos órgãos ambientais (Almeida, 2014).

• **Zona de Amortecimento (ZA)**

Esta zona é compreendida por uma faixa adjacente, de dez quilômetros da unidade de conservação. Nesta área é permitido o uso do solo com algumas restrições legais, estipuladas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído pela Lei Federal nº 9.985/2000.

A caracterização geomorfológica desta área é representada por colinas médias e amplas com topos aplainados ou arredondados na porção oeste e sul desta zona. O substrato rochoso dominante é composto por gnaisses e xisto com intercalações de quartzito, pertencentes às formações geológicas do Grupo Araxá e Canastra (Magri, 2013).

Na porção norte da ZA o substrato rochoso é composto por milonito, xisto, quartzito e coberturas quartenárias, estas classes encontram-se em áreas que apresentam altas amplitudes topográficas, situadas entre 658-1084m.

Ainda com relação aos aspectos geológicos, o material inconsolidado presente nesta zona é bem distribuído, com predomínio de areia. Esta área é constituída de planícies ao entorno do Rio Grande, nestes locais a declividade situa-se entre 0 e 15%.

A hidrogeologia é representada por um sistema aquífero xistoso (xisto e xisto com intercalações de quartzito); o segundo sistema predominante é o gnáissico-granítico (gnaisse, gnaisse com presença de rocha ultramáfica e rochas ultramáficas), que intercala com o primeiro sistema citado (Collares e Gomes, 2013).

Com relação ao uso e ocupação do solo, quase 30% da área correspondem às plantações de culturas anuais, como cana de açúcar e soja. Estas áreas localizam-se próximas ao Rio Grande, situadas em amplitudes que variam entre 658 e 924m. As culturas permanentes encontram-se em menor escala e referem-se à produção de café e o cultivo de bananas. Estas áreas estão situadas em locais que apresentam baixas declividades, o que favorece o processo de mecanização da produção agrícola. A pastagem está bem distribuída e quase se iguala em área com as atividades agrícolas presentes nesta zona.

Diferente da ZI e da ZOT, esta zona é a que apresenta menor área de vegetação natural, visto que nesta região é permitida a utilização do solo para práticas agropecuárias, desde que considerem as exigências legais para uso.

Destacadas como áreas exclusas no interior da ZA situam-se a área urbana do município de Delfinópolis e também as áreas dos distritos de Olhos D'Água e Ponte Alta. Vale ressaltar que apenas a área do distrito de Ponte Alta encontra-se dentro da ZA, visto que para as duas outras áreas citadas foi considerada ao seu entorno um espaço para a expansão urbana. Além das áreas urbanas, o município apresenta áreas de chacreamento mais concentradas nas proximidades do Rio Grande, que podem ser consideradas em alguns pontos como pousadas.

5. Conclusões

Este trabalho teve como objetivo analisar as zonas de manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra que contemplam a área do município de Delfinópolis (MG), com relação aos atributos do meio físico e de uso e ocupação do solo, confrontando com as descrições das zonas apresentadas no plano de manejo, dessa forma foi possível verificar individualmente as características das três áreas.

Com relação à ZI, se considera a zona do município que apresenta maior grau de preservação, porém pode ser uma área susceptível à ocorrência de processos erosivos, devido às declividades serem bastante acentuadas e também pelo material que a compõe.

A ZOT compreende uma área provisória, na qual deve ocorrer o processo de regularização ou desapropriação, sendo que até o momento estes processos encontram-se em andamento. Na ZA situa-se a maior parte das atividades que contribuem com o setor econômico do município, e relacionam-se com as práticas agrícolas, turísticas e minerárias. Vale ressaltar que estas intervenções humanas devem ser executadas após a licença ambiental disponibilizada pelo órgão ambiental responsável, de acordo com as normas descritas no plano de manejo da unidade de conservação.

A análise apresentada neste artigo auxiliará na elaboração do mapeamento geoambiental do município de Delfinópolis, com a intenção de subsidiar as tomadas de decisão dos gestores públicos na solução dos problemas encontrados, bem como proporcionar um melhor planejamento do município, que conseqüentemente refletirá no seu desenvolvimento de maneira sustentável. Os procedimentos adotados neste artigo poderão ser implementados também em outras regiões, como a porção centro-oeste do país, que mesmo apresentando características físicas diferentes, encontram-se áreas protegidas importantes que devem ser controladas para assegurar a biodiversidade local.

6. Agradecimentos

A coordenação do Projeto Grande Minas pela disponibilização dos documentos cartográficos e ao CNPq pelo apoio financeiro.

7. Referências

- Almeida, C. N. R. de. **Estudo Geoambiental da Região da Serra da Canastra - MG: Potencialidades e Restrições ao Uso Turístico**. 2014. 283 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geotecnia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- BRASIL. Lei Federal nº 9.985, de 18 de janeiro de 2000. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**.
- Collares, E. G.; Gomes, D. M. Geologia. In: Collares, E. G. **Zoneamento Ambiental das Sub-bacias Hidrográficas dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande: Aspectos dos Meios Físico e Biótico**. Passos: Edifesp, 2013. Cap. 6, v. 3, p. 154-164.
- Dias, C. C. et al. Diagnóstico do Uso e Ocupação do Solo. In: Collares, E. G. **Zoneamento Ambiental das Sub-Bacias Hidrográficas dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande: Aspectos Socioeconômicos e Uso e Ocupação do Solo**. Passos: Edifesp, 2013. Cap. 3, v.2, p. 138-153.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e do Desenvolvimento Sustentável. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra da Canastra**. Ministério do Meio Ambiente: Brasília-DF, 2005, 828 p.
- IBGE. **Informações estatísticas**, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=31&search=minas-gerais>>. Acesso em 23 de maio de 2016.
- Magri, R. A. F. et al. Materiais Inconsolidados. In: Collares, E. G. **Zoneamento Ambiental das Sub-bacias Hidrográficas dos Afluentes Mineiros do Médio Rio Grande: Aspectos dos Meios Físico e Biótico**. Passos: Edifesp, 2013. Cap. 8, v. 3, p. 171-187.
- Muruthi, P. **The Process of Preparing a General Management Plan for a Protected Area**. AWF Working Papers. 12p. 2006.
- Pereira, G. S. **O Plano de Manejo e o seu Uso como Ferramenta de Gestão de Parques Nacionais no Estado do Rio de Janeiro**. 2009. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2009.



Diagnóstico do uso do solo no entorno de lagoas marginais ao rio Taquari, Bacia do Médio Taquari, Mato Grosso do Sul, Brasil, por meio de imagem de satélite LANDSAT: influência sobre a diversidade da biota aquática.

Adriana Maria Güntzel¹
Talita Varela Utsuni de Camargo¹
Víncler Fernandes Ribeiro de Oliveira
Alexandre Fornaro²

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS – Campus de Coxim
Rua General Mendes de Moraes, 370
Bairro Jardim Aeroporto
79400-000 – Coxim, MS – Brasil
{Adriana}amguntzel@uems.br

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul
Rua Saline Tanure, s/nº
Bairro Santa Teresa
79400-000 – Coxim - MS

Resumo. A Bacia do Rio Taquari (BAT), pelas características do seu regime pluviométrico, tipos de solos e relevo, é uma das regiões que apresentam os maiores potenciais erosivos da Bacia do Alto Paraguai. A rápida expansão da agropecuária na BAT, a partir da década de 70, levou à supressão de 62% da vegetação natural, o que somado às fragilidades potenciais da bacia, constitui uma ameaça à biodiversidade da região, como reflexo de modificações ocorridas na estrutura dos corpos d'água que constituem o sistema rio-planície de inundação, importantes na manutenção da integridade do Bioma Pantanal. Este estudo tem por objetivo realizar um diagnóstico do uso do solo no entorno de três lagoas marginais ao rio Taquari, por meio de imagens de satélite Landsat (1:25.000), analisando a sua influência sobre a diversidade da biota aquática das lagoas. Os dados de biodiversidade (microinvertebrados) foram obtidos de estudos realizados entre 2004 e 2006. Observou-se que, apesar da maior proporção de áreas desmatadas para o plantio de pastagens estarem situadas no entorno da lagoa Buritizinho, nessa área também ocorre a maior concentração de vegetação nativa remanescente. Nessa lagoa foi encontrada maior biodiversidade de organismos aquáticos. Por outro lado, maior percentual de áreas desmatadas com pastagens de alta produtividade e menores percentuais de vegetação nativa foram observados no entorno das lagoas Ribeirão dos Veados e do Deda, onde foram registrados os menores valores de biodiversidade de organismos aquáticos. Os resultados indicam influência negativa do uso do solo, nas áreas adjacentes às lagoas, sobre a biodiversidade aquática.

Palavras-chave: biodiversidade aquática, biomas Cerrado-Pantanal, geotecnologias, impacto ambiental.

Abstract. Because characteristics of rainfall, soil types and topography, Taquari River Basin (BAT), is a region with the greatest erosion potential in the Upper Paraguay River Basin. From the 70s, the rapid expansion of agriculture in the BAT led to the suppression of 62% of natural vegetation, which added to that features, is a threat to biodiversity in the Pantanal biome, resulting in changes in the structure of ecosystems. This study aims to make a diagnosis of soil use in the drainage basin of three oxbow lakes around to the river Taquari, using Landsat satellite image (1:25,000), analyzing their influence on the diversity of aquatic biota. The biodiversity data (microinvertebrates) were obtained from studies conducted between 2004 and 2006. It was observed that, despite the greater proportion of deforested areas for planting pastures are situated around the lake Buritizinho, this area also have the largest concentration of native vegetation remaining. In this lake was observed a greater biodiversity of aquatic organisms. On the other hand, a higher percentage of deforested areas with pastures of high productivity and lowest percentages of native vegetation were observed in the vicinity of the lakes Ribeirão dos Veados and Deda, which were recorded the lowest values of biodiversity of aquatic organisms. The results indicate the negative influence of human activities in areas adjacent to lakes on aquatic biodiversity.

Keywords: aquatic biodiversity, Cerrado-Pantanal biomes, geotechnologies, environmental impact.

1. Introdução

O rio Taquari é um dos principais tributários do Pantanal, e sua planície aluvial encontra-se nas regiões do Paiaguás e da Nhecolândia (Galdino e Vieira, 2006). Ao longo de seu curso, ocorrem lagoas marginais formadas pelo isolamento de meandros abandonados, que diferem, entre outros fatores, quanto ao tempo de formação e grau de conexão com o rio, ocorrendo desde lagoas totalmente isoladas, até lagoas em processo de isolamento. Estas, por sua vez, podem ser influenciadas pelas inundações a partir do canal principal do rio durante todo o ano ou apenas no período de águas altas (Güntzel et al., 2010).

Em sistemas de planícies de inundação, a manutenção de uma diversidade biológica relativamente grande resulta da maior diversidade de habitats gerados pelos eventos cíclicos de inundação e seca (Junk et al., 1989). Além disso, a maior parte da biomassa dos rios deriva direta ou indiretamente da produção dentro da planície de inundação, portanto a manutenção da biodiversidade de rios depende não somente da qualidade da água, mas também está diretamente relacionada com a preservação dos sistemas laterais.

Estudos demonstraram a importância das lagoas marginais ao rio Taquari para a manutenção da biodiversidade do sistema rio-lagoas, por abrigarem uma grande variedade de invertebrados aquáticos (Güntzel et al., 2010), os quais representam importante parte da dieta de peixes de pequeno porte, os quais vivem associados às macrófitas aquáticas (Güntzel et al., 2012).

A abundância e a diversidade de invertebrados aquáticos estão associadas a diferentes fatores, tais como grau de trofia dos sistemas aquáticos, poluição, contaminação e disponibilidade de habitats, e esses organismos são sensíveis às mudanças ambientais por apresentarem ciclos de vida curtos, respondendo rapidamente às mudanças do meio, de modo que a estrutura de suas populações serve de alarme antecipado para os sintomas de degradação ambiental, sendo, por essa razão, considerados ótimos bioindicadores (Cardoso et al., 2008).

Sabe-se que a rápida expansão da agropecuária, a partir da década de 70, levou à supressão de 62,0% da vegetação natural na Bacia do Alto Taquari, e, em 2000, apenas 37,9% da área da bacia correspondia à vegetação nativa (Savana e Encraves); 54,79% eram de pastagens plantadas para agropecuária e 7,09% eram áreas cultivadas com soja e milho (Galdino e Vieira, 2006).

Considerando que a Bacia do Alto Taquari é uma das regiões que apresenta os maiores potenciais erosivos da Bacia do Alto Paraguai, pelas características do seu regime pluviométrico, tipos de solo e relevo (Vieira et al., 2006), esse ritmo de conversão de terras, somado às fragilidades potenciais da bacia, se reflete em pressões sobre os recursos hídricos, constituindo-se em uma ameaça à biodiversidade do Bioma Pantanal, como reflexo das modificações na estrutura dos ecossistemas aquáticos associados aos rios de planície de inundação que formam esse com-

plexo Bioma.

O método utilizado neste estudo foi análise de imagens de satélite, uma vez que sensoriamento remoto tem sido aplicado ao estudo de planícies de inundação em diversos trabalhos, alguns deles utilizando imagens Landsat como em Pinto *et al.* (1985) e Florenzano *et al.* (1988) (LIMA, 2010). Dentre as técnicas de análise de dados de imagens orbitais mais utilizadas podem-se citar: interpretação visual, métodos baseados em pixels e análise orientada a objeto (Desclée *et al.*, 2006, citados por LIMA, 2010).

Técnicas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e Sensoriamento Remoto (SR) auxiliam na delimitação de extensas áreas de potencial preservação, sendo capazes de expressar eficientemente conceitos de expressão territorial, tais como as unidades potenciais de uso da terra, as zonas de influência de determinado parâmetro, as áreas críticas, os centros dinâmicos de poder e as áreas de preservação permanente, entre outros (XAVIER-DA-SILVA, 2001).

Portanto, esse trabalho buscou a interpretação visual de imagens Landsat, para avaliar as condições de conservação/degradação da bacia de drenagem adjacente a três lagoas marginais, como subsídio para estudos posteriores comparativos, utilizando a interpretação digital de imagens orbitais (SIGs).

2. Objetivo

Este estudo teve por objetivo realizar um diagnóstico do uso do solo no entorno de três lagoas marginais ao rio Taquari, por meio da interpretação de imagens de satélite Landsat (1:25.000) e analisar a influência do uso do solo sobre a diversidade de microinvertebrados aquáticos das lagoas.

3. Material de Métodos

A imagem de satélite LANDSAT na escala 1:25.000 foi obtida e interpretada com base nos dados fornecidos por Miranda & Coutinho (2004), sendo que as imagens Landsat-TM e ETM, nas bandas 5, 4 e 3/RGB apresentam uma composição falsa-cor. A área do mapa utilizada para a categorização do uso do solo e indicação dos ecossistemas existentes foi estimada em termos percentuais sobre um quadrado de 250.000 m² no entorno de cada lagoa.

Tanto a biodiversidade, avaliada por meio de dados de riqueza de espécies de microinvertebrados aquáticos (microcrustáceos e rotíferos), bem como os dados limnológicos, foram obtidos de estudos realizados entre 2004 e 2006 por Güntzel *et al.* (2010) e Panarelli (2008).

As lagoas estudadas estão localizadas entre as coordenadas 18°25'9"S e 54°51'8"W. As lagoas Buritizinho e do Deda encontram-se a 194 m e 196 m de altitude, respectivamente, e a lagoa Ribeirão dos Veados, a 210 m. Elas apresentam diferentes graus de conectividade com o rio Taquari, sendo a lagoa Buritizinho, a mais isolada; a lagoa Ribeirão, intermediária, conectada ao rio por um canal estreito e recebendo influência deste apenas no período chuvoso; e a lagoa do Deda, igualmente conectada ao rio por um canal estreito e influenciada por ele a maior parte do ano (Güntzel *et al.*, 2010).

A bacia do Rio Taquari é caracterizada por um clima do tipo Aw, de acordo com a classificação de Köppen, correspondendo ao tropical semi-úmido, com uma média anual de temperatura de 26°C e média anual de precipitação variando entre 800 e 1600 mm.ano⁻¹. Nesta área, ocorrem duas estações climáticas distintas: a estação chuvosa, que se estende entre outubro e março, e a estação seca, de abril a setembro.

4. Resultados e Discussão

A Figura 1 mostra a imagem de satélite com os distintos mosaicos indicando os diferentes usos

do solo na área de entorno das lagoas marginais ao rio Taquari e a Tabela 1, a categorização do uso do solo, de acordo com a interpretação dos mosaicos, e a indicação dos ecossistemas existentes na área.



Figura 1. Imagem de satélite LANDSAT 1:25.000, indicando a localização das lagoas marginais ao rio Taquari (1. Buritizinho; 2. Ribeirão dos Veados; 3. Deda) e o uso do solo na bacia. Fonte: Miranda & Coutinho (2004).

De modo geral, observou-se predominância de vegetação nativa remanescente de Cerrado e maior proporção de vegetação florestal e formações inundáveis no entorno das lagoas Buritizinho e Ribeirão dos Veados (Tabela 1). Por outro lado, maiores proporções de culturas intensificadas, áreas irrigadas e pastagens de alta produtividade, bem como maior área com estradas, foram observadas no entorno da lagoa do Deda.

Além disso, no entorno da Lagoa Buritizinho foi registrado percentual maior de áreas desmatadas, solos preparados para o cultivo, culturas em estágio precoce de desenvolvimento e áreas cultivadas com pastagem, porém maiores percentuais de solos nus com areias quartzozas e arenitos foram registrados no entorno da Lagoa do Deda.

Tabela 1. Características do uso do solo e ecossistemas presentes no entorno das lagoas marginais ao rio Taquari, MS.

	Lagoa Buritizinho	Lagoa Ribeirão dos Veados	Lagoa do Deda
1. Florestas e formações inundáveis	10,0%	15,0%	5,0%
2. Áreas desmatadas, solos preparados para o plantio, culturas em estágio precoce de desenvolvimento	25,0%	10,0%	10%
3. Solos nus com areias quartzosas e arenitos	2,5%	0,5%	10,0%
4. Cerrados, campos cerrados e cerrado (vegetação nativa remanescente)	50,0%	35,0%	25,0%
5. Pastagens	25,0%	10,0%	10,0%
6. Culturas intensificadas, áreas irrigadas e pastagens de alta produtividade	1,5%	10,0%	10,0%
7. Áreas desmatadas e culturas mecanizadas	25,0%	10,0%	10,0%
8. Lagos	5,0%	5,0%	15,0%
9. Rios	6,0%	25,0%	25,0%
10. Estradas	2,5%	0,5%	10,0%
TOTAL	100,0%	100,0%	100,0%

A fauna de microinvertebrados aquáticos das três lagoas foi representada principalmente por microcrustáceos (Cladocera e Copepoda) e Rotifera (Tabela 2). Observou-se maior número de espécies de Cladocera na lagoa Buritizinho e valores mais baixos na lagoa do Deda. Entretanto, as riquezas de Copepoda e Rotifera foram mais altas na lagoa do Deda.

Tabela 2. Valores de riqueza de táxons componentes da fauna associada às macrófitas aquáticas nas lagoas marginais ao rio Taquari, MS.

	Lagoa Buritizinho	Lagoa Ribeirão dos Veados	Lagoa do Deda	Autor (es) e ano
Microinvertebrados litorâneos	Cladocera: 41 Copepoda: 5	Cladocera: 32 Copepoda: 8	Cladocera: 30 Copepoda: 8	Güntzel et al. (2010)
Microinvertebrados limnéticos	Cladocera: 22 Copepoda Cyclopoida: 2 Rotifera: 29	Cladocera: 22 Copepoda Cyclopoida: 3 Rotifera: 26	Cladocera: 17 Copepoda Cyclopoida: 5 Rotifera: 45	Panarelli (2008)

As lagoas marginais ao rio Taquari, que sofrem influência deste durante a maior parte do ano, como a lagoa do Deda, são as mais propícias a funcionar como sensores contínuos das atividades antrópicas e do uso do solo na bacia de drenagem, respondendo a essas atividades por meio da modificação na estrutura e função destes ecossistemas aquáticos.

De acordo com Güntzel et al. (2010), a lagoa Buritizinho possui o menor grau de conectividade com o rio Taquari. A lagoa Ribeirão dos Veados, embora mantenha conexão com o rio, é influenciada por ele apenas no período chuvoso, e a lagoa do Deda sofre influência deste ao longo de todo o ano.

As lagoas Buritizinho e Ribeirão dos Veados apresentam tonalidades mais escuras da água na imagem do satélite, por apresentarem maior transparência e menor quantidade de materiais em suspensão (Tabela 3). Essas lagoas também possuem presença de formações inundáveis em suas margens (Miranda & Coutinho, 2004). Essas lagoas caracterizam-se pela mais baixa conectividade com o rio, o que resulta em pouca contribuição de materiais suspensos alóctones

(Güntzel et al., 2010), bem como pela presença de uma área importante de vegetação nativa remanescente no entorno dessas lagoas, protegendo as suas margens da erosão e outros impactos oriundos do uso do solo na bacia de drenagem.

Tabela 3. Valores das variáveis limnológicas (média e desvio-padrão) nas lagoas marginais ao rio Taquari, MS.

	Buritizinho	Ribeirão dos Veados	Deda
Profundidade máxima (m)*	1,80	3,75	5,0
Profundidade Secchi (m)	1,1 ± 0,28	1,4 ± 0,45	0,4 ± 0,15
Material suspenso orgânico (mg.L ⁻¹)	5,1 ± 9,18	3,1 ± 2,58	5,9 ± 5,57
Material suspenso inorgânico (mg.L ⁻¹)	1,9 ± 3,91	7,3 ± 11,17	19,7 ± 21,2

*medida realizada em 02/07/2006 (Güntzel et al., 2010)

Por outro lado, as águas da lagoa do Deda possuem uma tonalidade azul, do mesmo modo que o rio Taquari. Nesta lagoa, a contribuição em sedimentos pelo rio é potencializada pela ocorrência, em sua bacia de drenagem, de grandes áreas com culturas intensificadas e irrigadas e por pastagens de alta produtividade, cuja presença está indicada na imagem de satélite pela tonalidade verde claro bastante luminoso.

A região da Bacia do Alto Taquari (BAT) tem características geológicas e climatológicas que lhe conferem um alto potencial erosivo, processo que é acelerado pela ação antrópica, particularmente pela atividade agropecuária, presente em grande escala nessa bacia (Vieira et al., 2006),

A agricultura é uma importante fonte de poluição difusa, contribuindo, em geral, com aproximadamente 46% de sedimentos dos cursos d'água (Raposo et al., 2009). A pecuária também contribui para a degradação do solo, uma vez que favorece a sua compactação e, por conseqüência, o surgimento de focos erosivos, que podem ser acelerados por outras atividades antrópicas. Como conseqüência dessas atividades, já foi estimada uma perda de solo cerca de 315,6 t por ano na BAT e a descarga de resíduos e sedimentos vem crescendo nessa região (Vieira et al., 2006).

Apesar da maior proporção de áreas desmatadas para o plantio de pastagens estarem situadas no entorno da lagoa Buritizinho, nessa área também ocorre a maior concentração de vegetação nativa remanescente, quando comparada com as lagoas Ribeirão dos Veados e do Deda. A presença de vegetação remanescente é um indicador de melhor estado de conservação de uma dada área, resultando em maior proteção de espécies nativas da fauna e flora. Segundo Poggiani & Oliveira (1998), as áreas de vegetação remanescente indicam uma maior biodiversidade local, sendo que maior diversidade de espécies são encontradas nas áreas de interface entre as plantações e os fragmentos remanescentes. E, observando-se a imagem de satélite, nota-se que esse aspecto da paisagem em mosaico, alterando diferentes usos do solo, é mais característico da área do entorno da lagoa Buritizinho.

Além disso, mesmo com um percentual maior de áreas desmatadas, solos preparados para o cultivo, culturas em estágio precoce de desenvolvimento e áreas cultivadas com pastagem no entorno dessa lagoa, a menor conectividade dela com o rio Taquari minimiza o impacto do uso inadequado do solo na bacia do Rio Taquari sobre a água da lagoa.

Estas observações corroboram os resultados observados na lagoa Buritizinho. Apesar do maior isolamento dessa lagoa e, portanto, menor contribuição à riqueza de espécies local, a partir do contato com outros corpos de água, durante o período de cheia, nessa lagoa foi encontrada maior diversidade de organismos aquáticos filtradores de partículas em suspensão (Cladocera),

ao contrário do que é esperado para sistemas de planície de inundação com menor conectividade como canal principal do rio (Ward & Stanford, 1995).

Portanto, pode-se supor que a maior diversidade de espécies de microinvertebrados aquáticos na lagoa Buritizinho resulta da maior conservação das áreas de vegetação remanescente em seu entorno e margens, e maior isolamento da lagoa em relação ao rio Taquari, o que ajuda a reduzir os efeitos do assoreamento do rio nas características físicas e químicas da água da lagoa.

Por outro lado, maior percentual de áreas desmatadas com pastagens de alta produtividade e menores percentuais de vegetação nativa foram observados no entorno das lagoas Ribeirão dos Veados e do Deda, onde foram registrados os menores valores de riqueza de Cladocera. Os resultados demonstram influência negativa do uso inadequado do solo sobre a biodiversidade aquática nas áreas adjacentes a essas lagoas.

As áreas de pastagem, tanto da lagoa do Deda como da lagoa do Ribeirão dos Veados, correspondem a 10% da área total analisada no entorno de cada lagoa, sendo estas consideradas áreas mal manejadas em que não há uma correta utilização do solo, não sendo adotadas práticas conservacionistas, intensificando assim os processos erosivos (Vieira et al., 2006).

Além disso, a lagoa do Deda, onde foi registrada a menor riqueza de Cladocera, tem uma área de solos nus com areias quartzosas e arenitos que corresponde a cerca de 10% da área total avaliada em seu entorno, características que potencializam ainda mais a ação erosiva da chuva sobre o solo.

Conforme discutido anteriormente, em sistemas de planície de inundação, a alta biodiversidade está associada com a grande diversidade de habitats e à preservação da conectividade entre os sistemas aquáticos (Ward & Stanford, 1995). Entretanto, menor diversidade de Cladocera foi registrada na lagoa do Deda, que se encontra permanentemente conectada ao rio, sendo influenciada por suas águas durante todo o ano.

Uma vez que o uso inadequado do solo em áreas adjacentes a essa lagoa, intensifica o processo de assoreamento do rio, esse pode ser considerado um dos principais fatores responsáveis pelo menor número de espécies de microinvertebrados encontrados nessa lagoa, particularmente aqueles que realizam filtração do alimento a partir do material suspenso na água, como os Cladocera, pois a presença de materiais inorgânicos (argila, silte, por exemplo) interfere no processo de filtração e ingestão de alimento desses organismos, conforme observado por Kirk (1991).

A utilização de áreas de cursos de água para a pastagem é frequentemente observada na região da BAT, e, quando ocorre, há o desmatamento das matas ciliares podendo assim essas áreas se extinguirem no decorrer do tempo, pela exposição do solo à chuva. Segundo Galdino e Vieira (2006), nessa bacia, cursos de água em sua quase totalidade apresentam bancos de areia ou estão totalmente assoreados.

Esse resultado indica que as riquezas de espécies limnéticas e litorâneas de Cladocera foram melhores indicadores para a influência do uso do solo sobre a diversidade aquática do que os Rotifera e os Copepoda, uma vez que os Cladocera alimentam-se por meio de filtração de partículas (algas e detritos) em suspensão na água, ao contrário dos Copepoda Cyclopoida, predominantes nessas lagoas (Güntzel et al., 2010), os quais capturam o alimento por meio de apêndices bucais. Os Rotifera, apesar de conterem representantes filtradores, apresentam, enquanto grupo, grande diversidade de especializações alimentares, predominando entre os microinvertebrados da maioria dos corpos d'água continentais tropicais, não tendo sido bons indicadores para os impactos analisados nesse estudo.

5. Conclusões

Apesar da maior proporção de áreas desmatadas para o plantio de pastagens estarem situadas no entorno da lagoa Buritizinho, nessa área também foi observada maior concentração de vegetação nativa remanescente, favorecendo o estabelecimento de um maior número de espécies de Cladocera.

Maior percentual de áreas desmatadas com pastagens de alta produtividade e menores percentuais de vegetação nativa, bem como áreas maiores com solos descobertos, foram observados no entorno das lagoas Ribeirão dos Veados e do Deda, intensificando os processos erosivos, o assoreamento do rio e reduzindo a biodiversidade aquática.

A riqueza de espécies de Cladocera foi melhor indicadora para a influência do uso do solo sobre a diversidade aquática das lagoas marginais;

6. Referências

- Cardoso, L.S.; Ramos, J.D.; Mello, H.O.O. Composição, densidade e abundância das populações de Cladocera, Copepoda e Rotifera de áreas de Proteção Permanente do Rio Uberabinha. Em extensão, Uberlândia, v. 7, n. 2, p. 95-106, 2008.
- Galdino, S., Vieira, L.M. A Bacia do Rio Taquari e seus problemas ambientais e socioeconômicos. In: Galdino, S.; Vieira, L.M.; Pellegrin, L.A. Impactos ambientais e socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari – Pantanal. Corumbá, MS: Embrapa, 2006. p. 29-43.
- Güntzel, A.M., Panarelli, E.A., Silva, W.M.da, Roche, K.F. Influence of connectivity on Cladocera diversity in oxbow lakes in the Taquari River floodplain (MS, Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 22, n. 1, p. 95-107, 2010.
- Güntzel, A.M., Melo, I.K.M., Roche, K.F., V.F.B.; Pompiani, P.G. Cladocerans from gut contents of fishes associated to macrophytes from Taquari River Basin, MS, Brazil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 24, n. 1, 2012.
- Junk, W.J., Bayley, P.B., & Sparks, R.E. The Flood Pulse Concept in river-floodplain systems. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* v. 106, p. 110-127, 1989.
- Kirk, K.L. Inorganic particles alter competition in grazing plankton: the role of selective feeding. *Ecology*, v. 72, n. 3, p. 915-923, 1991.
- Miranda, E.E. de; Coutinho, A.C. (Coord.). *Brasil Visto do Espaço*. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em: <<http://www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: 28 mar. 2012.
- Panarelli, E.A. Estudo do zooplâncton em um trecho do rio Taquari e em três de suas lagoas marginais, município de Coxim, Bacia Hidrográfica do Taquari (MS). Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Relatório de Pesquisa, 2008.
- Poggiani, F.; Oliveira, R. E. Indicadores para conservação dos núcleos de vida silvestre. *Série Técnica IPEF*, v. 12, n. 31, p. 45-52, 1998.
- Raposo, A. A.; Barros, L. F. de P.; Magalhães Júnior, A. P. O parâmetro de turbidez das águas como indicador de impactos humanos na dinâmica fluvial da bacia do rio maracujá quadrilátero ferrífero/MG. In: *Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*, 13., 2009, Viçosa. Anais... XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Viçosa, 2009. p. 94-95.
- Vieira, L.M. Galdino, S., Padovani, C.R. Diagnóstico e diretrizes do Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai para a Bacia do Rio Taquari. In: Galdino, S.; Vieira, L.M.; Pellegrin, L.A. Impactos ambientais e socioeconômicos na Bacia do Rio Taquari – Pantanal. Corumbá, MS: Embrapa, 2006. p. 45-69.
- Ward, J.V., Stanford, J.A. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regulated Rivers: Research & Management*, v.11, p. 105-119, 1995.
- Xavier-da-Silva, J. *Geoprocessamento para análise ambiental*. Rio de Janeiro: Ed. Jorge Xavier da Silva; 2001.



Geotecnologias aplicadas à avaliação da aptidão agrícola das terras da bacia Ribeirão da Jacobina, Cáceres-MT

Larissa Espinosa de Freitas 1
Sandra Mara Alves da Silva Neves 2
Maria Cândida Moitinho Nunes 3
Milson Evaldo Serafim⁴
Diego Galvão de Paula⁵

1 Universidade do Estado do Mato Grosso - UNEMAT / Campus de Tangará da Serra.
Mestrado em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola
Rod. MT 358, km 07. Jardim Aeroporto. CEP: 78300-000 Tangará da Serra/MT, Brasil
larissa-efreitas@hotmail.com

² Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/Campus Cáceres
Laboratório de Geotecnologias UNEMAT – Sala 09
Av. Santos Dumont, s/n. Bairro: Santos Dumont. CEP: 78200-000 Cáceres/MT, Brasil
ssneves@unemat.br

³ Universidade Federal de Pelotas - UFPEL
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel/FAEM - Departamento de solos
Campus Universitário s/n. CP 354. CEP: 96010-900 Pelotas/RS, Brasil
nunes.candida@gmail.com

⁴Instituto Federal Educação, Ciências e Tecnologia – IFMT/Campus Cáceres
Laboratório de Solos
Av. dos Ramires, s/n. Bairro: Industrial. CEP: 78200-000 Cáceres/MT, Brasil
milson.serafim@cas.ifmt.edu.br

⁵Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT/Campus Cáceres
Departamento de Direito
Av. São João, s/n. Departamento de Direito. Bairro: Cavallhada. CEP: 78200-000 Cáceres/MT
diego.galvao@unemat.br

Resumo. Para a adequada expansão das atividades agrícolas há necessidade de conhecimento sobre a aptidão agrícola das terras. Nesse sentido objetivou-se avaliar, por meio das geotecnologias, a aptidão agrícola das terras na bacia Ribeirão Jacobina, Cáceres-MT, a fim de diagnosticar os conflitos decorrentes das adequações e inadequações de uso. O Sistema de Informações Geográficas permitiu a interseção de informações espaciais referentes às classes de solo, relevo, aptidão agrícola e uso e cobertura da terra. Após essa integração foram definidos os conflitos de uso da terra na área de estudo. A bacia Ribeirão da Jacobina apresenta 67,47% de sua área apta para atividades agropecuárias, sendo necessária a implementação de manejo conservacionista e proteção de encostas, morros e corpos d'água. Foram identificados conflitos de uso da terra em áreas com ocorrência de Neossolos Litólicos em relevo acidentado com predominância da pecuária, havendo inadequações com a classe de aptidão indicada. Concluiu-se que a adequação do uso da terra com a aptidão agrícola na área de estudo possibilitará a redução do processo de degradação do solo e o reflorestamento de áreas de APPs, contribuindo para a conservação dos corpos hídricos.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, uso e cobertura da terra, conflitos de uso, Pantanal

Abstract. For proper expansion of agricultural activities there is a need for knowledge about the ability of agricultural lands. In this sense the objective assess, through the geotechnology, agricultural land fitness in the Ribeirão Jacobina, Cáceres, in order to diagnose the conflicts arising from adjustments and inadequacies.. The Geographic Information System allowed the intersection of spatial information related to classes of soil, relief, agricultural aptitude and use and coverage of the land. After this integration were defined land use conflicts in the study area The basin Ribeirão da Jacobina presents 67.47% of its area suitable for farming activities, requiring the implementation of conservation and protection management of slopes, hills and water. Were identified land use conflicts in areas with occurrence of Neossolos Litólicos in rugged relief with predominance of livestock, and there are inadequacies with the fitness class indicated. It was concluded that the appropriateness of agricultural aptitude with the current use of the land in the study area will make it possible to reduce the process of soil degradation and the reforestation of areas of APPs, contributing to the conservation of water bodies.

Key-words: remote sensing, use and land cover, conflicts of use, Pantanal

1. Introdução

A expansão das atividades agrícolas na região Sudoeste de Mato Grosso reflete a necessidade de um planejamento racional do uso da terra que promova a recuperação, conservação e exploração sustentável dos recursos naturais. Pereira e Lombardi Neto (2004) corroboram com exposto ao discorrem que é relevante o surgimento de metodologias que forneçam subsídios para o planejamento e tomada de decisões mais precisas, adequadas e ágeis, com visão mais efetiva quanto à incorporação da componente ambiental, no processo.

O desenvolvimento das atividades antrópicas no Estado tem afetado os elementos constituintes da paisagem das bacias hidrográficas, as quais consistem em entidades hidrológicas naturais, que permitem o escoamento superficial da água para um canal de drenagem específico, córrego ou rio em um ponto particular (Chopra et al., 2005). Conforme Paiva et al. (2014), a bacia Ribeirão Jacobina apresenta conflito de uso em suas Áreas de Preservação Permanentes (APPs), necessitando de planejamento ambiental para promover a recuperação das áreas de nascente, sugerindo-se o reflorestamento, de preferência com espécies nativas, para que os cursos d'água não se extingam, o que causaria prejuízos de ordem ambiental e econômica.

Diversos trabalhos empregam o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (SAAT), elaborado por Ramalho Filho e Beek (1995), para avaliação de terras no Brasil, nos mais variados níveis de detalhe e adaptações. Conforme Silva et al. (2010), as geotecnologias e os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são ferramentas que fornecem resultados promissores na avaliação da aptidão agrícola das terras, pois permitem a geração, manipulação, análise e integração de informações espaciais.

A aplicação das análises de aptidão agrícola em bacias hidrográficas possibilita a identificação das limitações que causam restrição, diferenciando áreas aptas às pastagens naturais, silvicultura, áreas de interesse ecológico e de terras subutilizadas, uma vez que poderiam estar ocupadas com pastagem de melhor qualidade e maior capacidade de suporte ou serem agricultadas com culturas anuais, de rápido retorno de capital (Gomes et al., 2007; Marques et al., 2012). A geração de resultados de maneira ágil e consistente favorece à gestão dos territórios de bacias hidrográficas, fato este que agrega ao presente trabalho um aspecto inovador, visto a inexistência desses tipos de estudos na bacia Ribeirão Jacobina.

A conservação da planície inundável contida na Bacia do Alto Paraguai está diretamente relacionada às atividades antrópicas desenvolvidas nas áreas de Planalto. Nessa ótica, as tecnologias espaciais podem auxiliar na identificação de áreas que apresentam conflitos de uso da terra (Pessoa et al., 2013), assim como no ordenamento da ocupação de áreas ambientalmente frágeis, contribuindo para o desenvolvimento econômico em consonância a conservação ambiental.

2. Objetivo

Avaliar, por meio de geotecnologias, a aptidão agrícola das terras na bacia Ribeirão Jacobina em Cáceres-MT, a fim de diagnosticar os conflitos decorrentes das adequações e inadequações de uso da terra.

3. Material e Métodos

3.1 Área de estudo

A bacia Ribeirão Jacobina, com extensão territorial de 444,75 Km², está localizada no município matogrossense de Cáceres (Figura 1). O curso principal da bacia de estudo, o Ribeirão Jacobina, é afluente da margem esquerda do rio Paraguai, maior curso da Bacia do Alto Paraguai – BAP.

Nos limites da bacia ocorrem as unidades geomorfológicas Província Serrana e Pantanal de Cáceres, uma das subunidades do Pantanal Matogrossense (Silva e Abdon, 1998) e os biomas Cerrado e Pantanal, com maior predominância espacial do ambiente pantaneiro. O clima municipal é do tipo Tropical quente e úmido, com inverno seco (Neves et al., 2011).

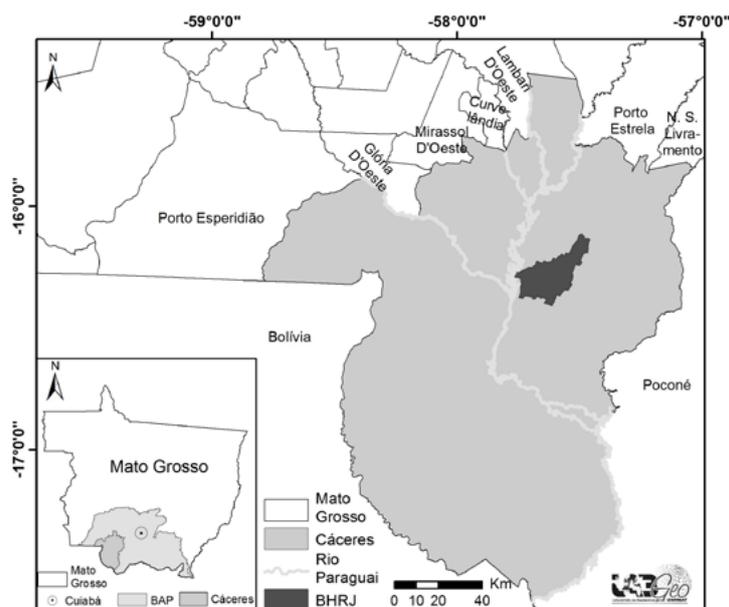


Figura 1. Bacia hidrográfica do Ribeirão Jacobina no município de Cáceres. Fonte: Labgeo Unemat, 2016.

3.2 Procedimentos metodológicos

Inicialmente foi realizado o levantamento dos mapeamentos produzidos por órgãos públicos (SEPLAN/MT, SEMA/MT, IBGE, MMA, INPE e ANA). Os dados de interesse foram compilados, compatibilizados e organizados em um Banco de Dados Geográficos - BDG no Sistema de Informações Geográficas ArcGis, versão 10.4.1 da Esri (2016).

O mapa de solos foi obtido no sítio da Secretaria de Planejamento de Mato Grosso (Mato Grosso, 2006) onde foi realizada a atualização da nomenclatura conforme Embrapa (2013). O mapa do fator topográfico (LS) foi gerado por meio das cenas do Modelo Digital de Elevação (MDE) com a utilização da banda C, a resolução espacial das imagens foi de 30x30 metros. As imagens foram mosaicadas e recortadas pela área de estudo (máscara), resultando no MDE da

área de investigação. Houve a conversão da projeção WGS 84 para SIRGAS 2000 UTM – fuso 21, através da ferramenta Project do módulo ArcToolbox do ArcGIS. A partir do arquivo *raster* do MDE da área de estudo e de técnicas computacionais foram gerados os mapas clinográfico (declividade) e de direção de fluxo (vertentes). Esses mapas foram reclassificados e combinados de modo a gerar o mapa de rampas homogêneas, de onde foram extraídos os valores de declividade média de rampa e de altura de rampa, conforme a metodologia de Fornelos e Neves (2007).

As classes de relevo foram classificadas conforme Brasil (2007), que qualifica as condições de declividade, comprimento de encostas e configuração superficial dos terrenos, que definem as formas dos modelados (formas topográficas), conforme segue: declividade de 0 a 3% - relevo plano; de 3,1 a 8% - relevo suave ondulado; de 8,1 a 20% - relevo ondulado; de 20,1 a 45% - relevo forte ondulado; de 45,1 a 75% - relevo montanhoso; e >75% - relevo escarpado.

A avaliação da aptidão agrícola das terras da área de estudo foi efetuada com base no Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (SAAT) proposto por Ramalho Filho e Beek (1995). Os grupos de aptidão 1, 2 e 3 identificam terras cujo uso mais intensivo é a lavoura; o grupo 4 representa terras cujo tipo de uso mais intensivo é a pastagem plantada; no grupo 5 estão as terras cujo uso mais intensivo limita-se à silvicultura e pastagem natural; o grupo 6 abrange áreas de terras consideradas inaptas para qualquer uma das atividades agrícolas citadas, estando sua ocupação condicionada à preservação da fauna e da flora. As classes são divididas em: (a) – classe restrita de aptidão ao nível de manejo A; a – classe regular de aptidão ao nível de manejo A; b – classe regular ao nível de manejo B; (b) – classe restrita ao nível de manejo B; c – classe regular ao nível de manejo C; p – classe regular para pastagens plantadas ao nível de manejo B; N – classe boa para pastagem natural ao nível de manejo A; S – classe boa para silvicultura ao nível de manejo B; f – classe com restrição por condições agroambientais (relevo e/ou solo e/ou clima), indicado para preservação da fauna e flora.

Em seguida foi gerado o mapa de cobertura vegetal e uso da terra, no Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas - Spring (Câmara et al., 1996), obtido gratuitamente do sítio do INPE. Inicialmente foi criado um BDG, adotando o sistema de projeção SIRGAS 2000, em seguida as bandas georreferenciadas 6, 5 e 4, com resolução espacial de 30 metros, do satélite Landsat 8, obtida no sítio do Serviço Geológico Americano foram importadas para o SIG. Após a importação das bandas estas foram recortadas pela máscara da área de estudo, no formato vetorial (.shp). Na etapa de classificação da imagem foi utilizada a metodologia proposta por Florenzano (2002), considerando os seguintes elementos: tonalidade/cor, textura, tamanho, forma, sombra, altura, padrão e localização espacial, sendo segmentada com o método crescimento de regiões, utilizando os seguintes parâmetros: similaridade 2400 e área 800. Para a definição das classes para geração do mapa de cobertura vegetal e uso da terra foi utilizado o manual técnico da vegetação brasileira (Brasil, 2012).

O mapa de conflitos de uso das terras foi elaborado no SIG a partir da combinação dos mapas de Aptidão Agrícola e de Cobertura vegetal e uso atual da terra, conforme Pedron et al. (2016), classificando as áreas da bacia de estudo em alto, médio e baixo.

Foi realizado trabalho de campo para a validação do produto cartográfico gerado, visando à obtenção da verdade terrestre.

4. Resultados e Discussão

Conforme pode ser observado na **figura 2**, a classe de solo predominante na bacia é o Neossolo Litólico. Francisco et al. (2015), por meio de estudos de avaliação de aptidão edáfica na Paraíba/PB, verificaram que as áreas classificadas como inaptas à agricultura eram compostas pre-

dominantemente por Neossolos Litólicos em afloramentos de rochas, devido a pequena profundidade dos solos, presença de pedregosidade e rochiosidade. Os Neossolos da área em estudo se encontram em relevo Ondulado a Forte ondulado (**Figura 3**), sendo primordial a conservação da vegetação nativa para que não sejam agravados os processos erosivos.

Os Luvisolos Háplicos representam 26,27% da área de estudo (**Tabela 1**), estudos em relevo Suave ondulado, necessitam de práticas conservacionistas de manejo do solo, visto que sua aptidão é voltada às culturas perenes ou sistemas agroflorestais, pois conservam a qualidade física, química e biológica dos solos. Conforme Embrapa (2013), os Luvisolos compreendem solos minerais, com horizonte B textural com argila de alta atividade, sendo rasos a pouco profundos, apresentando B textural altamente susceptível aos processos erosivos, em virtude da grande diferença textural entre o horizonte A e horizonte B.

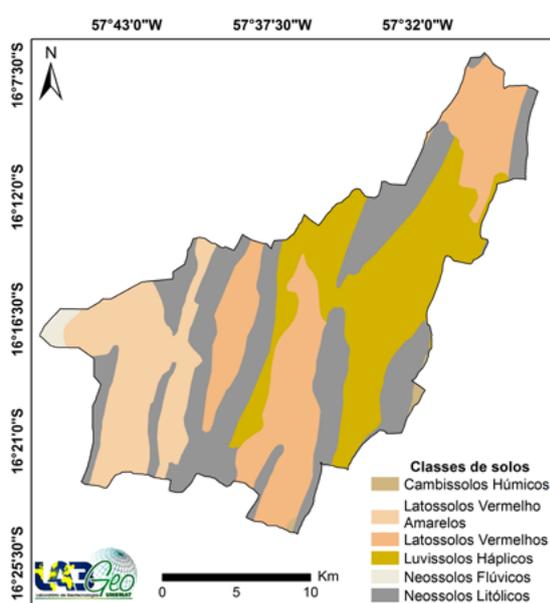


Figura 2. Classes de solos identificadas na Bacia Ribeirão Jacobina – Cáceres/MT. Fonte: os autores, 2016.

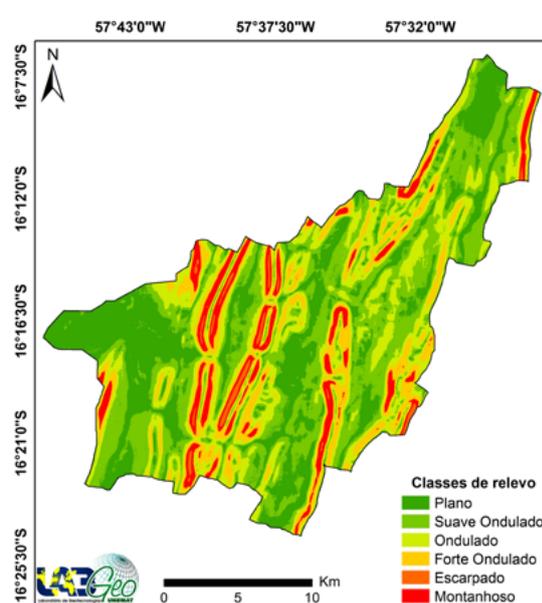


Figura 3. Classes de relevo identificadas na Bacia Ribeirão Jacobina – Cáceres/MT. Fonte: os autores, 2016.

Os Latossolos Vermelhos da bacia (24,5%) estão em áreas de relevo Plano a Suave ondulado. Conforme Nunes e Cassol (2008) estes solos apresentam alta estabilidade de agregados, sendo resistentes à quebra pelo impacto da gota da chuva e pela ação do escoamento superficial, contribuindo para sua alta resistência a impactos ambientais. Os Latossolos apresentam atributos físicos que favorecem a agricultura, sendo pouco suscetíveis aos processos erosivos, contribuindo para condução adequada de culturas anuais.

Tabela 1. Solos identificados na Bacia Ribeirão Jacobina no município de Cáceres-MT.

Classes de solos	Área (ha)	%
Cambissolos Húmicos	147	0,33
Latossolos Vermelho Amarelos	7,454	16,7
Latossolos Vermelhos	10,902	24,5
Luvisolos Háplicos	11,595	26,27
Neossolos Flúvicos	391	0,79
Neossolos Litólicos	13,986	31,41
Total	44475	100

Na área de estudo há 5 fases de relevo, dentre elas a classe Suave ondulado, que ocorre em 32,4% da área de estudo e a classe Plano, que ocupa 25,73%, ambas correspondem à 58,13% da área da bacia, sendo em grande maioria recoberta por Latossolos. Conforme Lepsch et al. (2015) as áreas com declive de 0 a 6% (Plano a Suave ondulado) são destinadas para o plantio de culturas anuais com o uso das práticas simples de conservação do solo, sendo indicado o cultivo em nível para o controle dos processos erosivos.

A preservação da vegetação de morros, encostas e nascente consta na Lei 12.651/2012 (Brasil, 2012), ressaltando a importância das APPs no equilíbrio ecológico da fauna e da flora, bem como na conservação do solo e dos recursos hídricos. Nesse sentido, em torno de 13.986 ha da bacia são destinados à preservação da vegetação, em função do relevo acidentado e cursos hídricos, se enquadrando na classe 6f f de aptidão agrícola (**Figura 4**). Os impactos do uso inadequado das terras resultam na degradação de APPs no bioma Pantanal e interferem negativamente no equilíbrio dessa unidade ambiental, afetando a dinâmica hídrica regional, interferindo no pulso de inundação da planície alagada (Lorenzon et al., 2015).

A classe 2(a)(b) de aptidão agrícola ocupa 26,27% na bacia Ribeirão Jacobina, constituindo áreas regulares para lavouras e pastagem. Segundo Silveira et al. (2015), terras sujeitas às limitações de solo e relevo necessitam de implementação de alta tecnologia de manejo para enquadrar o uso às adequações de aptidão.

A classe de aptidão agrícola 1(a)bc ocorre em 24,5% da extensão da bacia (**Tabela 3**), cujas terras são indicada como apta para lavouras anuais e pastagem. Áreas que se enquadram nessa classificação são caracterizadas por solos bem drenados, que auxiliam no desenvolvimento do sistema radicular, retenção e suprimento de nutrientes para culturas. O relevo plano encontrado nessa área auxilia a expansão processos de mecanização, provendo tecnologia necessária para o aumento de área plantada de cultivos anuais. Apoiado nos estudos de impactos na expansão agrícola no bioma Pantanal, Sakamoto et al. (2012) constataram que a dinâmica hídrica (período de cheia e seca) do ecossistema mobiliza elementos químicos no solo provenientes de agrotóxicos e fertilizantes da agricultura, sugerindo a fragilidade do ambiente pantaneiro sob condições de intenso uso antrópico.

O uso da terra predominante na bacia em estudo é a pecuária (**Figura 5**), havendo assim a supressão da vegetação nativa em áreas de relevo acidentado. A ocorrência de pastagens nos municípios da região sudoeste de Mato Grosso constitui um problema, pois não garante uma cobertura eficaz do solo, conforme apontado no plano de Longo Prazo de Mato Grosso (Mato Grosso, 2012). Em locais de encostas, onde foi identificado o uso da terra com pastagens, é necessária uma rápida intervenção por meio de práticas de conservação e de recuperação, contribuindo para redução das inadequações de uso proveniente dos processos de ocupação sem ordenamento.

A agricultura está presente na área de estudo em solos profundos e bem drenados (Latosolos Vermelhos), sob relevo plano (**Tabela 3**), não havendo inadequações com a aptidão dos solos. Conforme Harris et al. (2006) o aumento de áreas direcionada à agricultura no Pantanal está restrita aos planaltos que circundam a planície pantaneira nos municípios da Bacia do Alto Paraguai, resultando em elevadas taxas de desmatamento, principalmente na porção planáltica, fazendo que haja a conversão de áreas nativas em áreas de agricultura e pecuária, sendo um importante vetor de degradação ambiental.

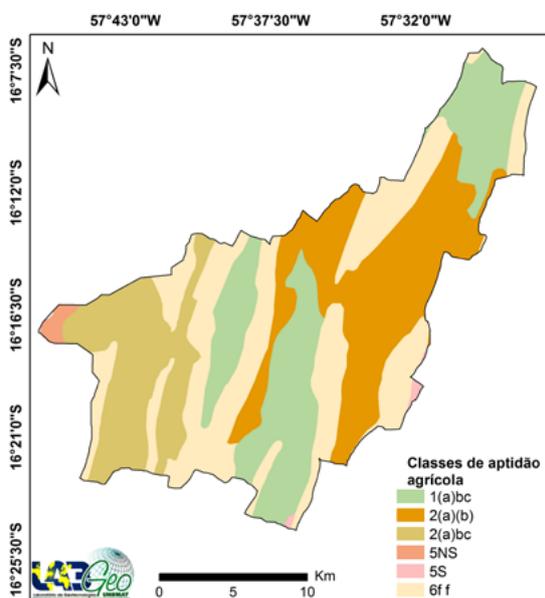


Figura 4. Classes de aptidão agrícola na bacia Ribeirão Jacobina - Cáceres/MT. Fonte: os autores, 2016.

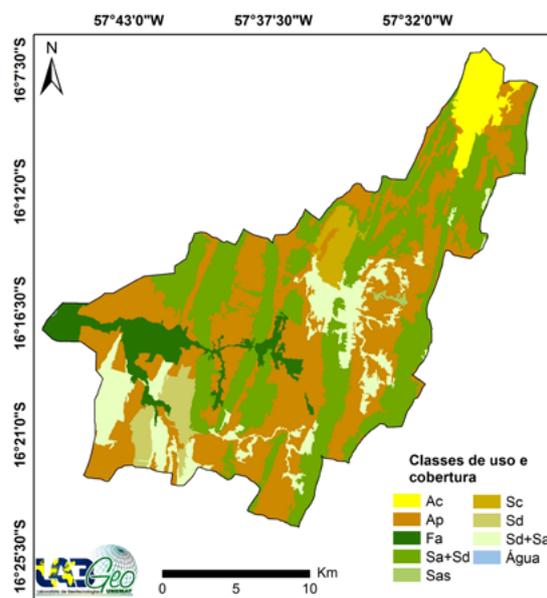


Figura 5. Classes de uso e cobertura na bacia Ribeirão Jacobina - Cáceres/MT. Fonte: os autores, 2016.

Constatou-se alto conflito de uso das terras em áreas destinadas a preservação permanente, pois houve a retirada da vegetação em áreas de morros, para inserção da pecuária, onde áreas de vegetação ciliar junto as nascentes, foram parcialmente destruídas e/ou convertidas para pastagem, representando 13.986 ha da área da bacia. Cardoso et al. (2011) citam os efeitos negativos da mudança de uso neste bioma, dentre eles está a fragmentação de habitats, invasão de espécies exóticas, poluição de aquíferos, redução da qualidade dos solos e degradação de ecossistemas. Nesse sentido, a adequação de uso tende a promover a restauração de áreas nativas na bacia, objetivando redução desses conflitos.

O conflito médio das terras foi identificado em áreas de Cambissolos Húmicos em relevo Suave ondulado a Ondulado, com predominância de Savana Arborizada e Savana Florestada, e presença de pastagem. A inadequação de uso com a aptidão do solo são fatores agravantes da degradação dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Conforme Amaral et al. (2004), o relevo da área influencia o tipo de solo, sendo que os Cambissolos Húmicos ocorrem geralmente em áreas de meia encosta, afetando um conjunto de atributos do solo e do ambiente, tais como a profundidade efetiva do solo, a drenagem interna do perfil, a declividade do terreno e a erosão superficial, os quais influenciam a capacidade de uso das terras.

O conflito baixo do uso das terras foi identificado em locais onde a agricultura foi o uso dominante em Latossolos, e a vegetação recobriu os Neossolos e Luvisolos, ocupando no total 30.332 ha. A condução da pecuária em Luvisolos na bacia é de maneira extensiva, com a utilização de forrageiras nativas e exóticas. Nesse sentido, Nascimento et al. (2015) discutem a necessidade de uma pecuária expansiva e intensiva que gere menos impacto ao Pantanal, refletindo no desenvolvimento da atividade na perspectiva sustentável, utilizando a vegetação nativa, uma vez que se encontra adaptada às condições ambientais do sistema pantaneiro.

Tabela 3. Classes de aptidão agrícola dos solos na bacia Ribeirão Jacobina, Cáceres-MT.

Classes de solos	Classes de relevo	Classes de aptidão de agrícola	Classes de uso do solo	Conflito de uso	Área (ha)
Cambissolos Húmicos	Suave ondulado a Ondulado	5 S - Sem aptidão agrícola, regular para silvicultura	Savana arborizada com presença de Savana Florestada (Sa) + Savana Florestada com Presença de Savana Arborizada (Sd) + Pecuária (Ap)	Médio	147
Latossolos Vermelho Amarelos	Plano a Suave ondulado	2(a)bc – Regular para lavoura; apta para pastagem	Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial (Fa) + Savana Florestada + Pecuária (Ap)	Baixo	7,434
Latossolos Vermelhos	Plano a Suave ondulado	1(a)bc – Apto para lavoura com manejo conservacionista, apto para pastagem	Savana Arborizada com Presença de Savana Florestada (Sa+Sd) + Pecuária + Agricultura (Ac)	Baixo	10,912
Luvissolos Háplicos	Suave ondulado a Ondulado	2(a)(b) – Regular para lavouras e pastagem	Savana Arborizada com Presença de Savana Florestada (Sa+Sd)+ Savana Arborizada sem floresta de galeria (Sas) + Pecuária (Ap) + Silvicultura (Sc)	Baixo	11,595
Neossolos Flúvicos	Plano	5NS – Sem aptidão agrícola, regular para pastagem natural e silvicultura	Floresta Estacional Semi-decidual Aluvial (Fa) + Água	Baixo	391
Neossolos Litólicos	Ondulado a Forte ondulado	6f f – Destinada a preservação permanente, com restrição por condições agroambientais	Savana Arborizada com Presença de Savana Florestada (Sa+Sd) + Pecuária (Ap) + Silvicultura (Sc)	Alto	13,986
Total					44.475

A expansão da agricultura na bacia, em particular da soja em áreas de planalto na Bacia do Alto Paraguai, configura os primeiros passos da retirada das pastagens para a inserção de agricultura com alto nível tecnológico. Conforme Santos e Sano (2015), mudanças que ocorrem nos perfis de produção na agropecuária demandam investimentos em capital e tecnologia no campo, havendo a modernização agrícola e, conseqüentemente, uso exacerbado de insumos químicos.

O manejo fitopatológico de pragas e doenças na cultura da soja é realizado por meio da aplicação excessiva de pesticidas, resultando na contaminação, por elementos tóxicos, das águas e dos solos. Desta forma, Calheiros et al. (2010), analisando amostras de água em áreas de monocultura, principalmente a soja na Bacia do Alto Paraguai, constataram a presença de resíduos de pesticidas na água, atentando-se aos efeitos subletais que a longo prazo afetam organismos não-alvo como a flora aquática, incluindo algas, comprometendo a base da cadeia alimentar no Pantanal.

A associação dos fatores solos, declividade e uso e cobertura proposta por Ramalho Filho e Beek (1995), permitiu evidenciar a necessidade de políticas de planejamento que fomentem uma ocupação territorial que se adeque a capacidade de suporte do ambiente na bacia Ribeirão Jacobina, sendo as ferramentas das geotecnologias primordiais para a identificação de áreas com conflitos de uso, de uma maneira ágil e de baixo custo.

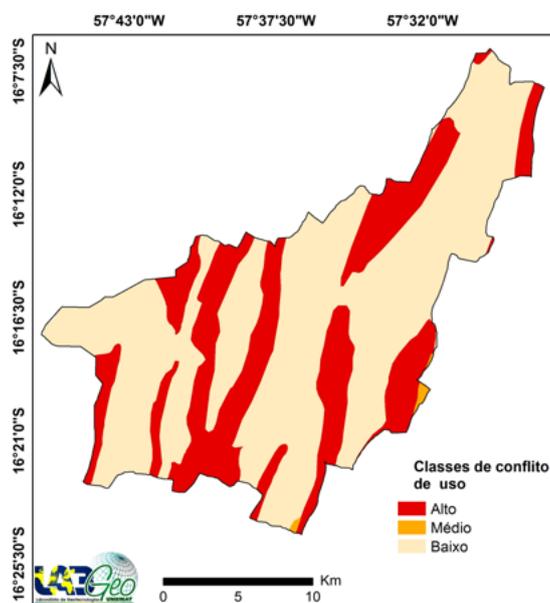


Figura 6. Conflito de uso da terra na bacia Ribeirão Jacobina - Cáceres/MT. Fonte: os autores, 2016.

5. Conclusões

Na bacia Ribeirão Jacobina predomina a classe de baixo conflito de uso da terra, decorrente do relevo Plano e da aptidão das terras indicarem a viabilidade de seu uso para fins agropecuários. Contudo, deve-se ressaltar a importância da adoção de práticas conservacionistas na porção territorial que apresentou alto conflito de uso das terras, devido à supressão da vegetação para o desenvolvimento da pecuária, pois houve a formação de pastos em áreas cuja aptidão indica que seja destinada à preservação permanente.

As geotecnologias permitiram a visualização da expansão da soja na bacia, cultivo anual, não sendo indicada para solos de baixa aptidão, principalmente Neossolos, que têm pouca profundidade efetiva, havendo demandas de estudos sobre aptidão das terras para que não haja o agravamento de conflitos de uso.

6. Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso - FAPEMAT pela concessão de bolsa de Mestrado e ao projeto “Modelagem de indicadores ambientais para a definição de áreas prioritárias e estratégicas à recuperação de áreas degradadas da região sudoeste de Mato Grosso/MT”, vinculado à sub-rede de estudos sociais, ambientais e de tecnologias para o sistema produtivo na região sudoeste mato-grossense – REDE ASA, financiada no âmbito do Edital MCT/CNPq/FNDCT/FAPs/MEC/CAPES/PRO-CENTRO-OESTE Nº 031/2010.

7. Referências bibliográficas

Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades@, 2016. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=510682&search=mato-grosso|porto-esperidiao> Acesso em: 23 jun. 2016.

Brasil. Lei n.º 12. 651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 25 maio de 2012. Disponível na biblioteca digital URLib <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm> Acesso em: 30 jun. 2016.

Brasil. Manual técnico de pedologia. 2 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. p. 189-191.

- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Brasília: PortalBio, 2014. Disponível em: <http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm>. Acesso em: 23 jun. 2016.
- Cardoso, E. L.; Silva, M. L. N.; Curi, N. ; Ferreira, M. M.; Freitas, D. A. F. Qualidade química e física do solo sob vegetação arbórea nativa e pastagens no Pantanal Sul-Mato-Grossense. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* (Impresso), v. 35, n. 2, p. 613-622, 2011.
- Calheiros, D. F.; Ferracini, V. L.; Queiroz, S. C. N.; Contaminação por agrotóxicos nas águas da Bacia do Alto Paraguai. In: 3º Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do Sul, 18., 2010, Corumbá. Anais...Corumbá: Embrapa Pantanal, 2010. p. 1-5. Disponível na biblioteca digital URLib: < <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/25125/1/sp17344.pdf> >. Acesso em: 29 jun. 2016.
- Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Freitas, U. M.; Garrido, J. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. *Computers & Graphics*, v. 20, n. 3, p. 395 - 403, 1996.
- Chopra, R.; Dhiman, R. D.; Sharma, P. K. Morphometric analysis of sub-watersheds in Gurdaspur district, Punjab using remote sensing and GIS techniques. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, v. 33, n. 4, p. 531 - 539, 2005.
- Embrapa. Centro Nacional de Pesquisas de solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013. 306p.
- Esri. Environmental Systems Research Institute. ArcGIS Professional GIS for the desktop, versão 10.1.4 advance, CA., 2016.
- Florenzano, T. G. Imagens de satélite para estudos ambientais. São Paulo: Oficina de Textos, 2002. 16p.
- Fornelos, L. F.; Neves, S. M. A. S. Uso de modelos digitais de elevação (MDE) gerados a partir de imagens de radar interferométricos (SRTM) na estimativa de perdas de solo. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 1, n. 59, p. 25-33, 2007.
- Francisco, P. R. M.; Pereira, F. C.; Brandão, Z. N.; Zonta, J. H.; Santos, D.; Silva, J. V. N. Mapeamento da aptidão edáfica para fruticultura segundo o zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 8, n. 2, p. 377-390, 2015.
- Gomes, N. M.; Faria, M. A.; Silva, A. M.; Mello, C. R.; Viola, M. R. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo associados ao uso e ocupação da paisagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 11, n. 4, p. 427-435, 2007.
- Harris, M. B.; Arcângelo, C.; Pinto, E. C. T.; Camargo, G.; Ramos Neto, M. B.; Sandro Menezes Silva, S. M. Estimativa da perda de cobertura vegetal original na Bacia do Alto Paraguai e Pantanal brasileiro: ameaças e perspectivas. *Natureza & Conservação*, v. 4, n. 2, p. 50-66, 2006.
- Lemos, R. C.; Santos, R. D. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 4 ed. Viçosa/MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2002. 83p.
- Lepsch, I. F.; Espindola, C. R.; Vischi Filho, O. J.; Hernani, L. C. Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 1ª ed. Campinas/SP: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.170p.
- Lorenzon, T. H.; Paiva, S. L. P.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; NUNES, E. S. Analysis of the conservation state from the permanent protection areas at the springheads and of the water from Cabaçal river drainage basin, Mato Grosso state, Brazil. *Geografia*, v. 40, número especial, p. 145-161, 2015.
- Marques, A. F. S. M.; Martins Júnior, P. P.; Vasconcelos, V. V.; Novaes, L. A. d'A. Proposição Metodológica para a Cartografia de Solos e Aptidão Agrícola: Estudo de Caso para a Bacia do Rio Paracatu. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 1, n. 1, p. 01-17, 2012.
- Mato Grosso (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Moreira, M. L. C.; Vasconcelos, T. N. N. (Orgs). Mato Grosso: solos e paisagem. 1. ed. Cuiabá: SEPLAN, 2007. 272p.
- Mato Grosso (Estado). Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral. Plano de Longo Prazo de Mato Grosso: macro-objetivos, metas globais, eixos estratégicos e linhas estruturantes. In: Prado, J. G. B.; Bertchieli, R.; Oliveira, L. G. (Orgs). Plano de Longo Prazo de Mato Grosso. Cuiabá/MT: Central de Texto, vol. IV, 2012. 108p. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://www.seplan.mt.gov.br/mt20/mt20.htm> > Acesso em: 30 fev. 2016

- Miziara, F. Condições estruturais e opção individual na formulação o conceito de “Fronteira Agrícola”. In: Silva, L. S. D. (Org.). *Relações cidade-campo: fronteiras*. Goiânia: Editora UFG, 2000. p. 273 – 373.
- Nascimento, D. L.; Galvanin, E. A. S.; Aquino, H. R. R. C.; Neves, S. M. A. S.; Vasconcelos, T. *Pecuária sustentável: uma alternativa para a conservação do Pantanal no Estado de Mato Grosso*. *Revista de Estudos Sociais*, v. 17, n. 34, p. 171-180, 2015.
- Neves, S. M. A. S.; Nunes, M. C. M.; Neves, R. J. *Caracterização das condições climáticas de Cáceres/MT Brasil, no período de 1971 a 2009: subsídios às atividades agropecuárias e turísticas municipais*. *Boletim Goiano de Geografia*, v. 31, n. 2, p. 55-68, 2011.
- Nunes, M. C. M.; Cassol, E. A. *Estimativa da erodibilidade em entressulcos de latossolos do Rio Grande do Sul*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, número especial, p. 2839-2845, 2008.
- Paiva, S. L. P.; Kreitlow, J. P.; Neves, S. M. A. S.; Neves, R. J.; Muniz, C. C. *Sistemas de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto aplicado na análise de conflito de uso da terra na Bacia Ribeirão Jacobina-Pantanal Mato-grossense*. In: *Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 22., 2014, Campo Grande. Anais...* Campinas: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2014, p. 966 -973. Disponível na biblioteca digital URLib: < <https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2014/cd/p153.pdf>>. Acesso em: 29 jun. 2016.
- Pereira, L. C.; Lombardi Neto, F. *Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004, 36 p.
- Pessoa, S. P. M.; Galvanin, E. A. S.; Kreitlow, J. P.; Neves, S. M. A. S.; Nunes, J. R. S.; Zago, B. W. *Análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra na interbacia do rio Paraguai Médio-MT, Brasil*. *Revista Árvore*, v. 37, n. 1, p. 119-128, 2013.
- Ramalho Filho, A.; Beek, K. J. *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras*. 3 ed. Rio de Janeiro: Embrapa/ CNPS, 1995. 65p.
- Ross, J. L. S. (Org.). *Geografia do Brasil*. São Paulo/SP: EdUSP, 1996. 60p.
- Sakamoto, A. Y.; Bacani, V. M.; Gradella, F. S.; Ferreira, C. C.; Decco, H. F. *Desmatamento e alterações ambientais no Pantanal da Nhecolândia, MS, Brasil*. *Revista Geonorte, Edição Especial*, v. 3, n. 4, p. 827-839, 2012.
- Santos, C. A. P.; Sano, E. E. *Formação da frente de expansão, frente pioneira e fronteira agrícola no oeste da Bahia*. *Boletim de Geografia*, v. 33, n. 3, p. 68-83, 2015.
- Santos, M. A.; Barbieri, A. F.; Carvalho, J. A. M.; Machado, C. J. *O Cerrado brasileiro: notas para estudo*. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, n.387, 2010, 15p.
- Silva, E. B.; Nogueira, R. E.; Uberti, A. A. A. *Avaliação da aptidão agrícola das terras como subsídio ao assentamento de famílias rurais, utilizando sistemas de informações geográficas*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 2, p. 1977-1990, 2010.
- Silva, J. R. P.; Carmo, E. M. *Estudo dos Conflitos Ambientais no Assentamento e App's do Igarapé do Bruno - Apiacás-MT*. In: *Simpósio brasileiro de ciências geodésicas e tecnologias da geoinformação, 27., 2010, Recife. Anais...* Recife: Pós-graduação de ciências geodésicas e tecnologias da geoinformação, Universidade Federal de Pernambuco, 2010, p. 001-009. Disponível na biblioteca digital URLib: < <https://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/index1.htm>>. Acesso em: 29 jun. 2016
- Silva, J. S. V.; Abdon, M. M. *Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 33, n. Especial, p. 1703-1712, 1998.
- Silveira, G. R. P.; Campos, S.; Gonçalves, A. K.; Barros, Z. X.; Pollo, R. A. *Geoprocessamento aplicado na espacialização da capacidade de uso do solo em uma área de importância agrícola*. *Energ. Agric.*, v. 30, n. 4, p. 363-371, 2015.



Uso da terra na bacia de contribuição do reservatório Ponte de Pedra no limite do planalto com a planície de inundação do Pantanal

Camila Silva Favretto¹
Ibraim Fantin-Cruz²
Simoni Loverde-Oliveira¹

¹ Universidade Federal de Mato Grosso/CUR
Avenidas dos Estudantes, 5055, CEP 78735-901, Rondonópolis-MT.
{camilas.bio, si.loverde}@hotmail.com

² Universidade Federal de Mato Grosso/CBA
R. Fernando Corrêa da Costa, 2367 - Boa Esperança, Cuiabá - MT, 78060-900
ibraimfantin@gmail.com

Resumo. Identificar os usos da terra, principalmente em escala temporal, em bacias hidrográficas com presença de hidrelétricas proporciona uma análise amplificada de possíveis usos que influenciam no carreamento de partículas para o curso d'água principal. Dessa forma, o objetivo deste estudo foi mapear o uso da terra da bacia do rio Correntes para estabelecer a relação entre os usos e a carga de sedimentos gerado durante a operação da usina Hidrelétrica Ponte de Pedra (MS/MT) no período de 2006 a 2011. A classificação foi realizada de forma não-supervisionada com o classificador Isodata a partir de imagens satélite LANDSAT 5 e 7. As classes foram definidas de acordo com o IBGE (2014). Para o cálculo da carga anual de sedimentos foi adotado a proposta de Poff et al. (2010) com dados de entradas de sólidos suspensos na vazão afluente do reservatório. Em toda a extensão da área da bacia foi possível verificar a distribuição espacial das classes de usos da terra, sendo as predominantes a agricultura (entre 43 a 54%) e floresta (entre 21 a 31%). A produção de sedimentos anual variou entre mínimos de 12.288 a máximos de 31.030 mg L⁻¹, atingindo o valor máximo no ano de 2008. Os usos do terra praticados na bacia do Rio Correntes estão potencialmente exercendo influência sobre a produção de sedimentos anual no reservatório Ponte de Pedra a montante do Pantanal, fato demonstrado pela forte relação entre a vazão afluente e as concentrações de sedimentos transportados pelo corpo da água principal.

Palavras-chave: Uso do terra, Sedimentos, Reservatório hidrelétrico, Rio Correntes.

Abstract. Identify land uses, especially in historical time scale, in river basins with the presence of hydroelectric plants provides an amplified analysis of possible uses that influence the particle transport to the main watercourse. The aim of this study was to map the land use of the Rio Correntes basin to establish the relationship between uses and sediment load generated in the reservoir of the Ponte de Pedra hydroelectric plant (MS / MT) in the period between 2006 to 2011. The classification was performed with the unsupervised classifier Isodata using satellite images Landsat 5 and 7. The classes were defined according to the IBGE manual (2014). To calculate the annual sediment load was used the proposal of Poff et al. (2010) with data inputs solids suspended in the influent flow of the reservoir. To the full extent of the basin area was possible to verify the spatial distribution of land uses classes, being agriculture the predominant (between 43-54% of the total area) and forest areas (between 21-31%). The annual production of sediment varies between 12,288 to 31 030 mg L⁻¹, reaching the maximum value in 2008. The land use practiced in the Rio Corrente basin are potentially exerting influence on the production of annual sediment upstream of the Pantanal at the Ponte de Pedra Reservoir, as demonstrated by the strong relationship between the inflow and sediment concentrations transported by the main watercourse.

Key-words: land uses, Sediment, Reservoir hidrelétric, Rio Correntes.

1.Introdução

O Pantanal está localizado no centro do continente sul-americano na Bacia do rio Paraguai e seu afluentes transbordam e inundam sazonalmente uma área de mais de 150.000 km² (Girard, 2002). A compreensão deste sistema é importante para que possa se manter o equilíbrio pantaneiro, considerando que a dinâmica regional de escoamento das águas é delicada e tem relação com o transporte de sedimentos, erosão e carreamento de nutrientes (Alvarenga et al. 1984). Mudanças na cobertura do solo representam um perigo à sustentabilidade desse e de outros ecossistemas, principalmente quando há conversão de formas de vegetação nativa em áreas antrópicas (Paranhos Filho et al. 2014).

Essas modificações dos usos levam a uma aceleração dos processos de mudanças que poderiam ser naturais, gerando fragmentação da paisagem, poluição das águas continentais em função do escoamento das águas pluviais e fluviais erosão e degradação do solo, entre vários outros (Carvalho et al. 2009; Tundisi, 2010). Estabelecer os usos em escala temporal são particularmente importantes em bacias hidrográficas com presença de usinas hidrelétricas, Macedo et al. (2014) destaca que os dados históricos de antes, durante a construção e na fase de operação podem estabelecer a linha das modificações sofridas pelo o ambiente terrestre e aquático.

Diversas hidrelétrica de menor capacidade de geração são muitas vezes implantadas, como uma alternativa para produção de energia por ter menor impacto ambiental e maior aceitação social. Estas oferecem relativa estabilidade enquanto os efeitos ambientais de grandes barragens são bem conhecidos, porém as barragens menores têm sido minimamente estudadas principalmente as localizadas a montante do Pantanal (Fantin-Cruz et al. 2015). A implementação de um reservatório gera grandes perturbações na dinâmica fluvial, alterando o ciclo natural do rio e interferindo no processo de transporte e deposição de sedimentos (Stevaux et al. 2009).

2.Objetivo

Mapear o uso da terra da bacia do rio Correntes por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIGs) e imagens de sensoriamento remoto orbital para estabelecer a relação entre os usos e a carga de sedimentos gerado durante a fase de operação da usina Hidrelétrica Ponte de Pedra (MS/MT) no período de 2006 a 2011.

3. Material e Métodos

O estudo foi desenvolvido no reservatório da Usina Hidrelétrica do Ponte de Pedra, formado pelo represamento do rio Correntes (**Figura 1**). A hidrelétrica está localizada no extremo leste da bacia do Alto Pantanal, na divisa dos estados do Mato Grosso e do Mato Grosso do Sul, Brasil. O reservatório tem uma área a área superficial de 14,5 km², com profundidade máxima de 30 m e média de 7,6 m (Fantin-Cruz, 2012).

Esta localidade está entre a interface planalto/planície, e também é conhecida como a chapada do rio Correntes por ter terras altas no planalto na região leste direção norte para o sul com valor máximo de 800 metros. Enquanto que a porção de planície pantaneira possui terras com pequena declividade e baixa capacidade de drenagem sujeitas a inundações periódicas (Imasul, 2003). O clima é caracterizado como tropical úmido tendo como período chuvoso de setembro a março, com maior intensidade entre os meses novembro e janeiro. Quanto as temperaturas médias estão entre 20°C e 24°C, com período seco de três a cinco meses, a precipitação média anual entre 1.000 a 1.500mm (Semac, 2013). Já a vegetação predominante é o cerrado, o cerrado estépico e os encraves destas com a floresta estacional, e em proporções menores mantem áreas de pastagem plantada e várzea (Imasul, 2013). Quanto a economia regional é voltada para a agricultura e pecuária, com cultivo de soja, arroz, milho e cana-de-açúcar (Imap/MS, 2006).

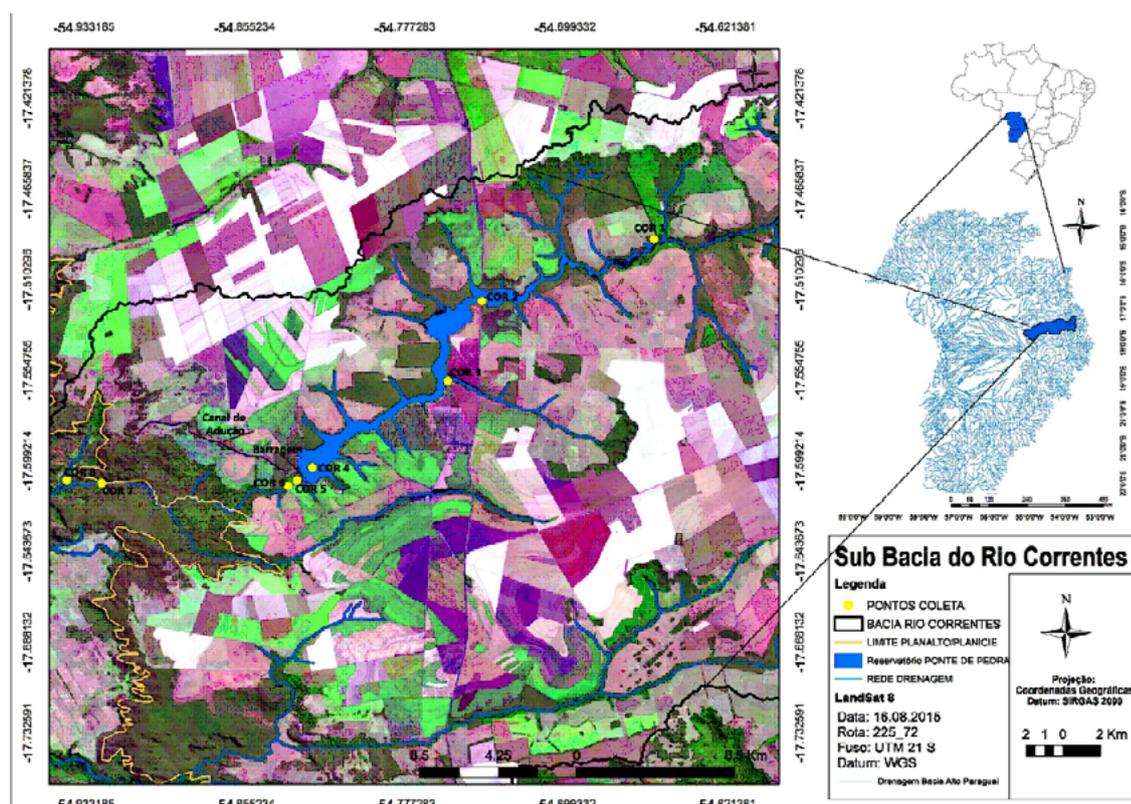


Figura 1 – Mapa de localização do reservatório da usina Ponte de Pedra e sub bacia de drenagem do Rio Correntes, (MT/MS), destacado os pontos de coleta.

As ferramentas a partir dos SIGs (Sistemas de Informações Geográficas) foram utilizados em toda a fase de processamento, classificação e confecção final dos mapas. Para realizar o mapeamento do uso da terra foi necessário primeiramente realizar o download das imagens orbitais junto a base de dado no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, <<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>>).

Foram utilizadas as imagens orbitais do satélite LANDSAT TM 5 e 7, sendo imprescindível realizar o processo de correção geométrica 072/225 (órbita/ponto) através das ferramentas presente na plataforma ENVI 4.7. Neste processo as coordenadas da imagem foram relacionadas com as coordenadas geográficas da imagem de maio de 2006 do Landsat 7/TM+ corrigida pela NASA e disponibilizada pelo INPE (Silva et al., 2011; Santos et al., 2011; Durán, 2014). O empilhamento das bandas foi necessário para a confecção das imagens em composição colorida RGB543 que auxiliou na interpretação visual da cena. Rosa et al. (2011) constatou que a água, vegetação e solo exposto apresentaram boas definições com a composição colorida R5G4B3 das imagens do satélite Landsat para o Pantanal, por relacionar as bandas 4 e 3 que diferenciam as feições do solo exposto e água, principalmente a biomassa de vegetação presente na cena. Os anos adotados para análise está análise foram os mesmos correspondentes ao banco de dados limnológico de 2006 a 2011.

Adotou-se a classificação não-supervisionada com o classificador Isodata (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*) por apresentar melhor separabilidade dos alvos em grupos distintos utilizando a fórmula da distância mínima espectral para formar clusters (Paranhos Filho et al., 2014), e assim formando as classes que correspondem a maior similaridade espectral entre os grupos de pixels (Valério et al., 2009; Chaves et al., 2010; Andrade et al., 2015). Na etapa posterior a classificação foi convertida para shapefile em ambiente ENVI versão 4.8. As áreas por classes foram quantificadas utilizando o ArcGis 10.2, para realizar interpretação das quantidades de classes de usos da terra na bacia e suas relação na produção de sedimentos. Conforme Santos e Petronzio (2011) para o mapeamento atingir a definição exata das classes é aconselhável o uso de vetorização manual a partir dos pontos de verdade de campo, assim, optou-se por realizar a edição manual das classes a partir do conhecimento prévio da área de estudo.

As classes foram definidas conforme IBGE (2014) nas subclasses I e II que possibilitam mapear o uso do solo em escala inter-regional e regional. Foram utilizadas cinco classes: áreas antrópicas agrícolas: agricultura, pastagens e silviculturas; áreas antrópicas não agrícolas: áreas urbanizadas cidades; áreas de vegetação natural: área florestal; água: águas continentais (geração de energia em corpo d'água continental); outras áreas: áreas descobertas.

Para a análise da carga e exportação de sedimentos do reservatório foi utilizado o conjunto de dados hidro-ambientais da fase de operação do reservatório para os anos de 2006 a 2010, tais dados disponibilizados através de parcerias público-privada (Tractebel/IPHUFGRS/ UFMT/ CPP/TNC). As coletas foram realizadas em oito pontos de coleta, sendo o primeiro COR1 em ambiente lótico do rio Correntes a montante do empreendimento; os pontos COR2 ao COR3 dentro do corpo do reservatório; o COR4 se localiza na barragem do reservatório próximo ao canal de adução, o ponto COR5 e COR6 se encontram logo após a barragem no trecho de vazão reduzida, quanto COR7 se encontra no trecho de vazão vertida e transição do planalto com a planície, onde a água turbida da usina retorna ao leito do rio; o ponto COR8 no rio Correntes a jusante do reservatório, na planície de inundação do Pantanal, conforme demonstrada na **figura 1**.

Para o cálculo da carga anual de sedimentos (sólidos suspensos totais) foi adotado a proposta de Poff et al. (2010). Na qual os valores de entrada correspondem aos dados do ponto de coleta COR1, ou seja, carga afluente a barragem do reservatório Ponte de Pedra no limite do planalto. Este ponto proporciona a compreensão dos valores dos sedimentos que adentram ao reservatório possivelmente em função do uso do solo na bacia do Rio Correntes a montante da barragem e do Pantanal. A fórmula do cálculo segue a descrição de Carvalho et al. (2000): $C = CON * Q * 0.0864$, onde C a carga total, CON são valores de sólidos suspenso totais, Q vazão afluente (Ponto COR1), e valor do coeficiente.

Assim, os valores finais da carga de sedimentos anual (toneladas) e os valores de vazão afluente ao reservatório foram relacionados através de regressão linear. E os valores finais de usos da terra da bacia e de sedimentos foram relacionados com regressão linear, podendo desta forma estimar a contribuição dos usos na produção de sedimentos.

4. Resultado e Discussão

A bacia de contribuição do reservatório Ponte de Pedra, corresponde uma área de 56.489 km². Em toda a extensão da área da bacia do rio Correntes houve predominância na distribuição espacial da classe de agricultura que ocupou ao longo dos anos analisados de 43% a 54% da cobertura total da bacia, e a floresta corresponderam as porcentagens de 21 a 31% de extensão; já para a classe pastagem e outros usos as proporções de área coberta foram reduzidas as valores expressivos entre 6% a 11%, conforme demonstrado na **Figura 2**.

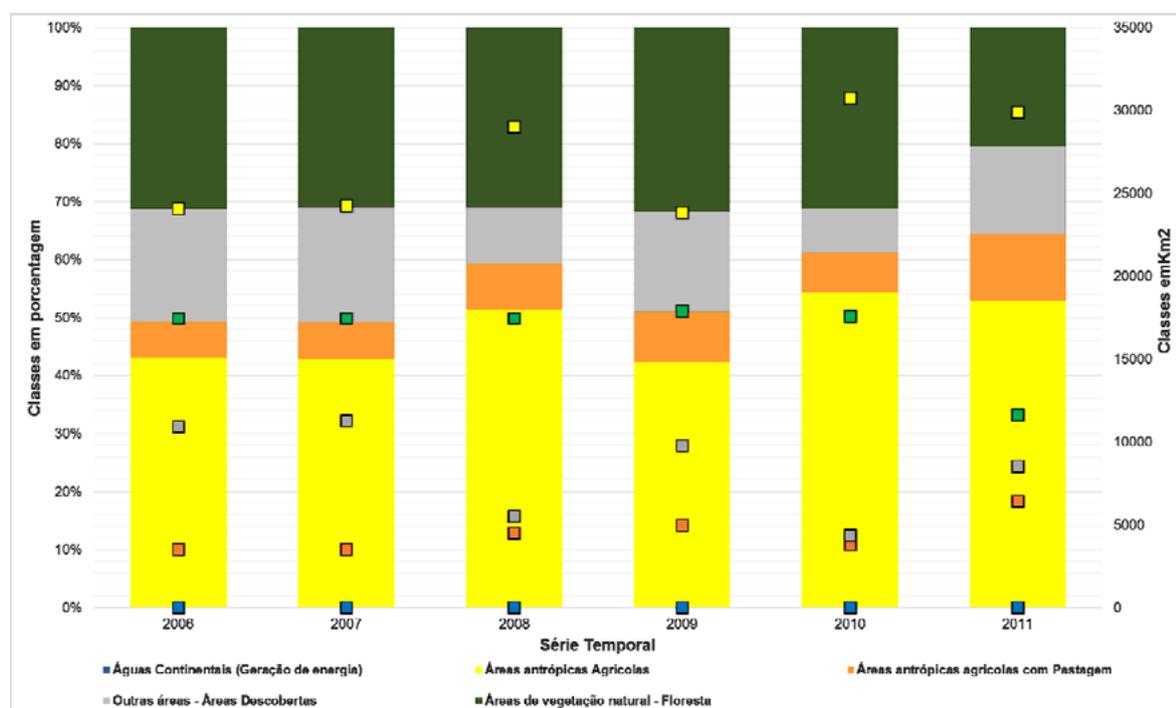


Figura 2 – Gráfico com eixos x duplo, a esquerda com porcentagens em forma de barras das classes de uso do solo e a direita com as áreas em hectares para cada classe em quadrados flutuantes nas barras da bacia do Rio Correntes.

Os solos sem cobertura vegetal ou com vegetação de porte pequeno, que dificulta a classificação como agricultura ou pastagem, foram classificados como outras áreas denominado áreas descobertas. Foram identificados principalmente em áreas próximos com predominância do plantio de cana-de-açúcar. Geralmente os mesmos encontram-se desta forma após colheita, durante o preparo do solo, espera do crescimento do broto ou replantio da cultura inteira (Gonçalves et al., 2011).

O mapeamento em escala temporal dos cinco anos demonstrou que durante esta escala correspondente a fase de operação do reservatório, as atividades econômicas praticadas em seu entorno e na bacia do rio Correntes se mantiveram constantes sem grandes alterações de uso da terra. Destaca-se que no ano de 2011 houve diminuição da área de floresta reduzindo de 29% em 2010 para 20% (**Figura 2**). Esta supressão das áreas de floresta possivelmente foi convertida para áreas antrópicas agrícolas.

Foi registradas desde 2006 a dominância das atividades agrícolas na parte leste da bacia e áreas descobertas a oeste da bacia próximo do reservatório Ponte de Pedra. Já na área de transição do limite do planalto com a planície de inundação do Pantanal ocorreu abrangência de florestas em toda a serra, e na planície pantaneira a pastagem e pouco de área descoberta. As águas continentais totalizaram 0.509 km² (1%) com o uso principal da geração de energia elétrica no reservatório, e secundariamente a produção de peixes em tanques próximos ao rio Correntes e alguns locais dentro dos principais tributários. Enquanto que a agricultura cobriu 24.079 km² (43%), pastagem com 3.538 km² (6%), área descobertas com 10.921 km² (19%) e floresta com 17.4417 km² (31%) da área da bacia (**Figura 2**).

No ano de 2007 (**Figura 2**), a classificação demonstrou que houve a predominância de agricultura (24.252 km²) em toda a parte superior bacia do Rio Correntes (planalto). Destacando que a floresta se mantiveram com a mesma quantidade cobertura vegetal do ano anterior (2006) com 17.441 km² (31%). Para o ano de 2008 (**Figura 2**), existiu um aumento da classe de águas continentais com 1.998 km², a classe de agricultura aumentou para 29.029 km² (51 %), a pastagem com 4.500 km² (7%), e a área descoberta diminui para 5.517 km² (10%).

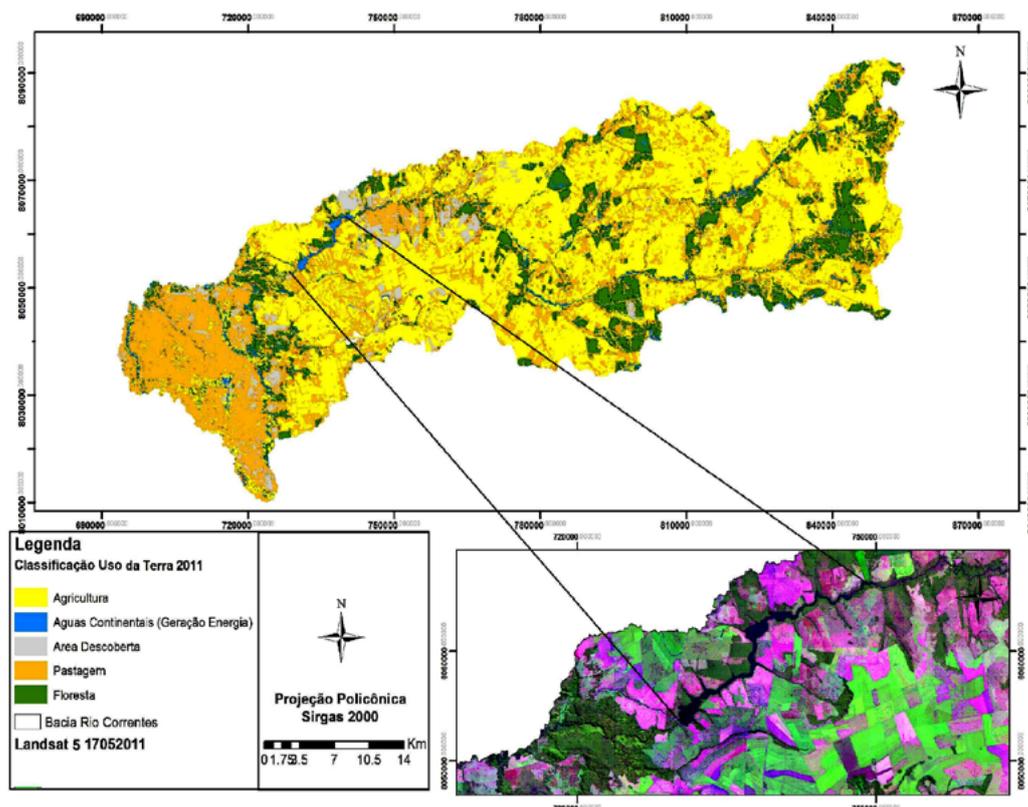


Figura 3 – Mapeamento de uso da terra em 17 de maio de 2011 da bacia do Rio Correntes, em destaque o reservatório Ponte de Pedra.

Analisando os usos em 2009 (**Figura 2**), a classe de águas continentais diminuiu novamente para 0.411 km² (1%). A classe de área descoberta aumentou para 9.778 km² (17%), e aumentou a quantidade cobertura por florestas com 17.906 km² (32%), e a classe de agricultura dominância novamente com 23.836 km² correspondente a 42% da área total da bacia.

No o ano de 2010 (**Figura 2**), houve crescimento da área ocupada pela classe de agricultura com 30.733 km² (54%), especialmente em toda a parte leste da bacia e na área do entorno do reservatório chegando nos limites do planalto.

Na classificação para 2011 (**Figura 2 e 3**), foi verificado o uso da terra para a classe de agrícolas com 29.909 km², o que corresponde a 52% de toda a cobertura terrestre da bacia do Rio Correntes, classe de pastagem correspondeu a 6.422 km² (11%), e classe de águas continentais representaram 0.5353 km² (1%) do total da bacia. A classe de floresta com 21% (11.625 km²), demonstrou uma supressão de 10% desta classe em relação aos anos anteriores.

Veronez (2011) destaca que a retirada de floresta indica que a remoção das mesmas para instalação de sistema de produção agrícola, pastagem ou centros urbanos afeta não somente a paisagem local, mas diretamente na modificação das características da qualidade das águas. Gonçalves et al. (2011) relata que os usos e as formas de ocupação da terra são os principais fatores que contribuem para a alteração físico-química nos recursos hídricos, através da disponibilização de resíduos orgânicos e compostos químicos de atividades antrópicas.

Na bacia do rio Correntes ao longo da serie temporal analisada houve uma produção de sedimentos anual variando entre 12.288 a máximos de 31.030 mgL⁻¹, atingindo o valor máximo no ano de 2008 (**Figura 4**).

Os valores de concentração de sólidos (**Figura 4**) demonstraram a existência de limite de variação na produção e exportação destes sedimentos ao longo do rio Correntes até chegar ao primeiro ponto de coleta o COR 1. O valor máximo em 2008 pode ter relação com o tamanho da área descoberta neste mesmo ano na bacia do rio Correntes, pois é sabido que em uma bacia hidrográfica o uso e ocupação da terra são o fatores determinantes no escoamento da água e na produção de sedimentos (Macedo et al., 2012). Os referidos autores salientam que com o aumento da vegetação diminui-se a perda do solo, e o aumento da duração da precipitação e do período de retorno aumenta o escoamento superficial direto e da vazão de pico que iram por consequência aumentar a produção de sedimentos.

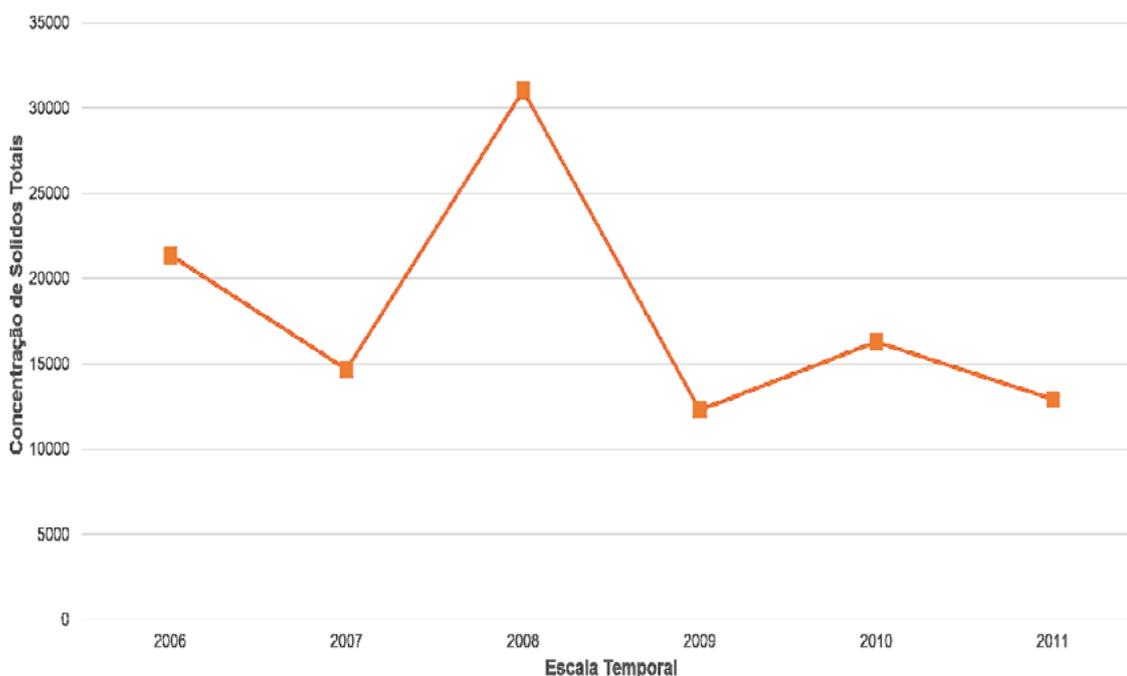


Figura 4 – Gráfico produção de sedimentos (Qst entrada) para a serie temporal do Reservatório Ponte de Pedra.

Nos anos de 2006 e 2007 a produção de sedimentos manteve valores próximos de 15.000 a 20.000 mg L⁻¹ quando podemos verificar que a classe de agricultura para o mesmo período

também se manteve com pouca alteração. Perazzoli et al. (2013) caracterizou que cenário com predominância de classes agrícola produzem maior taxa de produção de sedimentos, porém para o cenário de mata nativa apresentou as menores taxas.

A vazão afluyente do reservatório Ponte de Pedra no ponto a montante teve influência na exportação da carga de sedimento para o corpo da água principal (**Figura 5**), representado no gráfico que demonstra esta relação com valor de r^2 0.9 de explicabilidade.

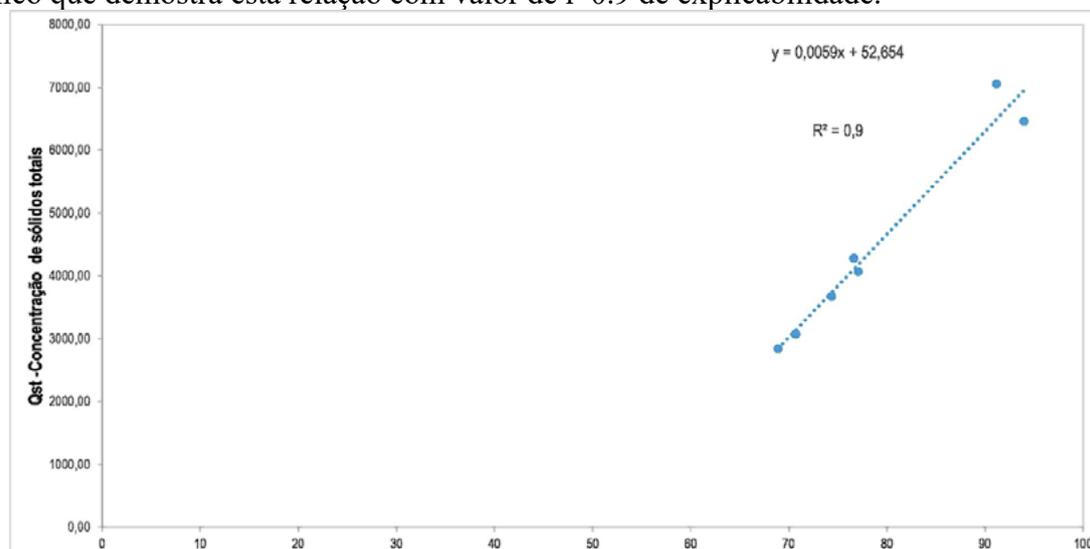


Figura 5 – Gráfico produção de sedimentos (Qst entrada) em relação a vazão afluyente do rio Correntes para a serie temporal.

O estudo de Filho (2013) tratou dos efeitos cumulativos das barragens na bacia do Rio Paraguai, demonstrando que as barragens controlaram perto de 44% da descarga fluvial afluyente da área de planalto, 40% da vazão afluyente ao Pantanal e 38% da vazão defluyente da planície pantaneira. O conjunto dos empreendimentos previstos para operarem poderão reter até 66% da carga detrítica transportada pelos rios com barragens, o que equivale a cerca de 52% da carga afluyente ao Pantanal. Concluindo, que a alteração no regime das águas em uma das maiores planícies inundáveis do planeta, bem como, a carga de sedimentos implicará em breve na alteração direta da biota dos rios desta bacia.

Ao estabelecer a relação através da regressão linear dos usos do solo e a carga de sedimentos anual a partir do ponto afluyente ao reservatório Ponte de Pedra verificou-se que as classes de cobertura de água continentais e de floresta foram as que mais influenciaram na produção de sedimentos dentro do reservatório. Na regressão linear o valor de r^2 foi significativo com 0.77 e 0.53, respectivamente. Demonstrando a relação destes usos da terra na geração de sedimento para o reservatório. Santos et al. (2013) encontraram valores elevados de sólidos totais no entorno da bacia estudada, e relacionaram ao entorno do curso d'água com predominância de solo exposto e monoculturas, observando principalmente o carreamento de partículas em época de chuva.

5. Conclusões

Percebemos que o uso da terra praticados na bacia do Rio Correntes estão potencialmente exercendo influência sobre a produção de sedimentos anual no reservatório Ponte de Pedra a montante do Pantanal, sendo que as classes de uso agricultura, área descoberta e floresta podem ser apontadas como diretamente relacionadas com a produção de sedimentos durante toda a série temporal analisada.

A produção de sedimentos e os usos antrópicos foram fatores importantes para apontar as alterações e modificações do ambiente represado e sua bacia de contribuição. Cabe destacar que transformações nos recursos hídricos localizados a montante da maior planície de inundação do planeta já estão sendo perceptíveis e identificadas.

Salienta-se que geotecnologia tem se mostrado uma ferramenta eficiente para auxiliar os gestores quanto aos usos praticados no Pantanal e nas suas interfaces com o Planalto, no sentido de que o conhecimento dos diferentes usos múltiplos da água e da terra podem contribuir para o gerenciamento dos impactos antrópicos nas bacias hidrográficas formadoras do Pantanal.

6. Agradecimentos

A Tractebel Energia SA e a Secretaria Estadual de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA) pelo acesso aos banco de dados hidro-ambientais. A FAPEMAT pelo apoio financeiro e a CAPES pela bolsa de Mestrado da C.S.F.

7.Referências

- Alvarenga, S.M.; Brasil, A.E.; Pinheiro, R.; Kux, H.J.H. Estudo geomorfológico aplicado à Bacia do Alto Paraguai e Pantanaís Mato-grossenses. **Boletim Técnico**. Série Geomorfológica, 1. Projeto RADAMBRASIL. Salvador. p. 89-183, 1984.
- Andrade, R.G.; Texeira, A.H.C.; Leivas, J.F.; Silva, G.B.S.; Nogueira, S.F.; Victoria, D.C.; Vicente, L.E.; Bolfe, E.L. Indicativo de pastagens plantadas em processo de degradação no bioma Cerrado. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 17., 2015, João Pessoa. **Anais XVII**. João Pessoa: INPE, 2015. p. 1585-1592.
- Burris, R.K., Canter, W. Cumulative impacts are not properly addressed in environmental assessments. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 17, n. 1, p. 5-18, 1997.
- Carvalho, F.M.V.; Marco Júnior, P.; Ferreira, L.G. The Cerrado into-pieces: habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392-1403, 2009.
- Carvalho, N.O. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEL (Agencia Nacional de Energia Elétrica), 2000. 107p.
- Chaves, A.A.A.; Lacerda, M.P.C.; Goedert, W.J.; Ramos, M.L.G. Uso das terras da parte norte da bacia do Rio Descoberto, Distrito Federal, Brasil. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 711-718, 2010.
- Durán, G.B. Correção geométrica automática de imagens de satélite: uma contribuição nos estudos urbanos. In: Congresso Brasileiro de Geógrafos, 7., 2014. **Anais VII**. Vitória: Associação dos Geógrafos Brasileiros, 2014, p.1-13.
- Fantin-Cruz, I. **Efeitos da formação e operação de um reservatório de pequena regularização da alteração da qualidade da água e do regime hidrológico na planície de inundação do Pantanal**. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto Hídrico e Saneamento Ambiental, Porto Alegre, 2012.
- Fantin-Cruz, I.; Pedrollo, O.; Girard, P.; Zeilhofer, P.; Hamilton, S.K. Effects of a diversion hydropower facility on the hydrological regime of the Correntes River, a tributary to the Pantanal floodplain, Brazil. **Journal of Hydrology**, v. 531, n. 3, p.810-820, 2015.
- Filho, E.E.S. As barragens na bacia do Rio Paraguai e a possível influência sobre a descarga fluvial e o transporte de sedimentos. **Boletim Geográfico**, v.31, n.1, p. 117-133, 2013.
- Girard, P. Efeito cumulativo das barragens no Pantanal. **Instituto Centro Vida**, Campo Grande, MS, 2002.
- Gonçalves, F.; Rocha, P.C.; Ferreira, C.C. Uso e ocupação da terra e suas influências em parâmetros químicos e físicos da água da bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, Oeste Paulista. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 15., 2011, Paraná. **Anais XV**. Curitiba: INPE, 2011. p. 1248-1255.
- Grill, G.; Lehner, B.; Lumsdon, A.E.; MacDonald, G.K.; Zarfl, C.; Liermann, C.R. An index-based framework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales. **Environmental Research Letters**, v.10, n. 1, p. 1 – 15, 2015.

- Implementação de práticas de gerenciamento integrado de bacia hidrográfica para o Pantanal e bacia do Alto Paraguai. ANA/GEF/PNUMA/OEA. Brasília, 2003. Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul.
- Relatório de qualidade das águas superficiais do Estado do Mato Grosso do Sul - 2003.** Campo Grande, MS, IMASUL, 2003.
- Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **Relatório de qualidade das águas superficiais do Estado do Mato Grosso do Sul - 2005.** Campo Grande, MS, IMASUL, 2006.
- Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul. **Relatório de qualidade das águas superficiais do Estado do Mato Grosso do Sul - 2011.** Campo Grande, MS, IMASUL, 2013.
- Macedo, D.R., Pompeu, P.S., Morais, L., Castro, M.A., Alves, C.B.M., Franc, A, J.S., Sanches, B.O., Ucho A, J. & Callisto, M. **Sampling site selection, land use and cover, field reconnaissance, and sampling.** In: Callisto, M., Hughes, R.M., Lopes, J.M. & Castro, M.A. (eds), Belo Horizonte: Companhia Energética de Minas Gerais, 2014.p. 61-83.
- Macedo, F.L.; Júnior, A.V.M.; Pedrotti, A. Modelagem da produção de sedimentos na subbacia hidrográfica do Riacho Jacaré - SE. **RA'E GA**, v. 24, p. 272-289, 2012.
- Merten, G. H.; Minella, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.** Porto Alegre, v.3, n.4, p. 33-38, 2002.
- Olden, J.D.; Naiman, R.J. Incorporating thermal regimes into environmental flows assessments: modifying dam operations to restore freshwater ecosystem integrity. **Freshwater Biology**, v.55, p.86-107, 2010.
- Paranhos-Filho, A.C.; Moreira, E.S.; Oliveira, A.K.M.; Pagotto, T.C.S.; Miotto, C.L. Análise da variação da cobertura do solo no Pantanal de 2003 a 2010 através de sensoriamento remoto. **Eng Sanit Ambient**, v. Edição Especial, p. 69-75, 2014.
- Perazzoli, M.; Pinheiro, A.; Kaufmann, V. Efeitos de cenários de uso do solo sobre o regime hídrico e produção de sedimentos na bacia do Ribeirão Concórdia – SC. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 859-869, 2013.
- Poff, N.L., Zimmerman, J.K.H., Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. **Freshwater Biol.**, v.55, n.1, p. 194-205, 2010.
- Rosa, L.; Alves, M.C.; Sanches, L. Uso de composições de bandas do satélite Landsat 5 TM para caracterizar a dinâmica da variação de áreas alagadas no Pantanal mato-grossense. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 15., 2011, Paraná. **Anais XV.** Curitiba: INPE, 2011. p. 5292-5299.
- Santos, A.B.; Petronzio, J.A.C. Mapeamento de uso e ocupação do solo do município de Uberlândia-MG utilizando técnicas de Geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 15., 2011, Paraná. **Anais XV.** Curitiba: INPE, 2011. p. 6185-6192.
- Silva, A.M.; Mello, J.R.B.; Boschi, R.S.; Rocha, J.V.; Lamparelli, R.A.C. Avaliação de classificação para o mapeamento de uso da terra. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 15., Paraná. **Anais XV.** Curitiba: INPE, 2011. p. 7324-7331.
- Stevaux, J.C.; Franco, A.A.; Etchebehere, M.L.C.; Fujita, R.H. Flow structure and dynamics in large tropical river confluence: example of the ivaí and paraná rivers, southern brazil. **Geociências**, v. 28, n.1, p. 5-13, 2009.
- Tundisi, J.G.; Tundisi, T.M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n.4, p. 68-75, 2010.
- Valerio, A. M.; Silva, G.B.S.; Kampel, M.; Stech, J.; Assireu, A.T. Avaliação multitemporal do uso de solo da bacia do reservatório de Manso. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, 14., 2009, Natal. **Anais XIV.** Natal: INPE, 2009. p. 6345-6351.
- Veronez, B.P. **Análise da influência da precipitação pluviométrica e uso do solo sobre a qualidade da água em microbacias hidrográficas no nordestes paraense, Amazônia Oriental.** 2011. 172p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória. 2011.



Monitoramento e análise da dinâmica das alterações de áreas agrícolas na Bacia do Alto Paraguai

Clóvis Cechim Júnior 1
João Francisco Gonçalves Antunes 2
Jerry Adriani Johann 1
Júlio César Dalla Mora Esquerdo 2

1 Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE
R. Universitária, 2069 - Caixa Postal 711
85819-110 - Cascavel - PR, Brasil
{juniorcechim, jerry.johann}@hotmail.com

2 Embrapa Informática Agropecuária
Av. André Tosello, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 - Campinas - SP, Brasil
{joao.antunes, julio.esquerdo}@embrapa.br

Resumo. As principais alterações do uso e cobertura da terra que uma determinada área passa ao longo do tempo podem ser avaliadas por meio de imagens de satélites a partir de sua análise temporal. Com isto, é possível identificar alterações no uso e cobertura da terra, bem como seus principais aspectos causadores de impactos ambientais. O objetivo deste trabalho foi analisar as alterações do uso e cobertura da terra das principais áreas agrícolas cultivadas na Bacia do Alto Paraguai (BAP), sendo o foco deste trabalho as culturas de verão (soja e milho), tendo como finalidade analisar a expansão agrícola. Foram analisados dois anos-safras num período de 16 anos e os resultados mostraram um aumento de 1,7% da participação da agricultura anual na BAP. A avaliação da acurácia mostrou a eficiência da metodologia de mapeamento da agricultura, apresentando índice kappa de 0,85 no ano-safra 2000/2001 e 0,84 no ano-safra 2015/2016.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, processamento de imagens, séries temporais, bacia hidrográfica.

Abstract. The main land use and land cover (LULC) changes that one area pass over the time can to be evaluated by using a set of satellites images for a multi-temporal analysis. Then, it is possible to identify the LULC changes, as well as its major aspects, which led to environmental impacts. The objective of this paper was to analyze the LULC changes of the main agricultural lands cultivated in the Alto Paraguai Basin (BAP). This paper focused on the summer crops (soybean and corn) and the analysis of agricultural expansion. The results, considering a 16-year comparison, showed an increase of 1.7% in the expansion of agricultural areas. The evaluation of the accuracy showed the efficiency of the methodology of agricultural mapping, presenting a kappa index of 0.85 for the 2000/2001 cropping year and 0.84 for the 2015/2016 cropping year.

Key-words: remote sensing, image processing, time series, watershed.

1. Introdução

Os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul abarcam a Bacia do Alto Paraguai, onde também localiza-se o Pantanal, um dos biomas mais importantes e mais conservados do Brasil. O Pantanal possui baixa aptidão para uso agrícola, porém sua preservação depende do uso e cobertura da terra da sua bacia hidrográfica (Lima et al., 2009).

Os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul apresentam grande destaque no cenário nacional devido sua aptidão agrícola e pecuária. O Brasil, por sua vez, devido sua extensão territorial, apresenta áreas agricultáveis de expansão agrícola, sendo uma delas favorável para a produção de agrocombustíveis (Gardini, 2007).

O relatório da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), exemplifica a visão do uso da terra na região de cerrado da Bacia do Alto Paraguai (BAP). Na visão abordada, o Brasil tem se beneficiado de forma crescente dos baixos custos de produção de alimentos para a atividade da pecuária e é provável que siga sendo um importante produtor de matérias primas. A combinação de abundância de terras e os recentes avanços relativos à infraestrutura vêm convertendo zonas anteriormente remotas, como Mato Grosso e a região do Cerrado, na zona central do país. Estas duas regiões possuem os custos de produção de milho e soja mais baixos (FAO, 2009).

Contudo a demanda por novas áreas agrícolas implicará em uma pressão maior sobre o ambiente. A busca por novas terras agricultáveis e mesmo as mudanças de uso da terra devem ser feitas dentro de um conceito sustentável de desenvolvimento a fim de não agravar ainda mais os desequilíbrios ambientais de origem antrópica (Lima et al., 2009).

O Pantanal e seu entorno são caracterizados por uma rica biodiversidade, que enfrenta sérias ameaças com a expansão da fronteira agrícola (Irigaray et al., 2011), sendo classificado como a savana mais ameaçada do planeta (Mittermeier et al., 2004).

A mudança no uso da terra está associada à expansão da pecuária extensiva e na alta produção de grãos. Na Bacia do Alto Paraguai (BAP), as indústrias frigoríficas intensificaram sua atuação, trazendo o conceito de agronegócio ao novo aporte econômico de Mato Grosso (Irigaray et al., 2011).

Neste contexto, ao longo dos últimos anos, a região do Pantanal brasileiro tem passando por transformações que, devido às proporções de área, torna-se difícil quantificar as alterações de uso e cobertura da terra, e em particular as mudanças ocorridas nas áreas agricultáveis da bacia. Porém, a partir de dados orbitais de Sensoriamento Remoto, esta análise torna-se possível devido às dimensões das áreas cobertas pelas imagens de satélites e sua disponibilização gratuita.

Dentre as imagens usadas nas análises das alterações de uso da terra e em monitoramentos agrícolas estão os índices de vegetação provenientes do sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), que devido a sua alta periodicidade permite analisar temporalmente a expansão de áreas agrícolas, bem como realizar mapeamentos e estimativas de áreas agricultáveis (Johann et al., 2012; Coutinho et al., 2012; Arvor et al., 2012; Brown et al., 2013;

Alves et al., 2014; Souza et al., 2015).

Com a finalidade de verificar as alterações de uso da terra das áreas agrícolas, foi adotada a metodologia para mapeamento de culturas de verão proposta por Johann et al., (2012) no estado do Paraná. O método proposto faz uso do sensor MODIS, levando em consideração um período de imagens de Enhanced Vegetation Index (EVI) de máximo e mínimo vigor vegetativo, a partir da análise das datas de semeadura, datas de pico vegetativo e colheita de áreas agrícolas.

2. Objetivo

O objetivo deste trabalho foi analisar a dinâmica temporal das principais culturas agrícolas anuais cultivadas na BAP (soja e milho), por meio de mapeamentos e estimativas de área cultivada a partir de imagens do índice de vegetação EVI do sensor orbital MODIS, no período compreendido entre as safras 2000/2001 e 2015/2016.

3. Material e Métodos

A área de estudo compreende os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul na região do Centro Oeste do Brasil sendo que 65% de seu território está localizado no estado do Mato Grosso do Sul e 35% no estado de Mato Grosso (Silva e Abdon, 1998) (Figura 1).

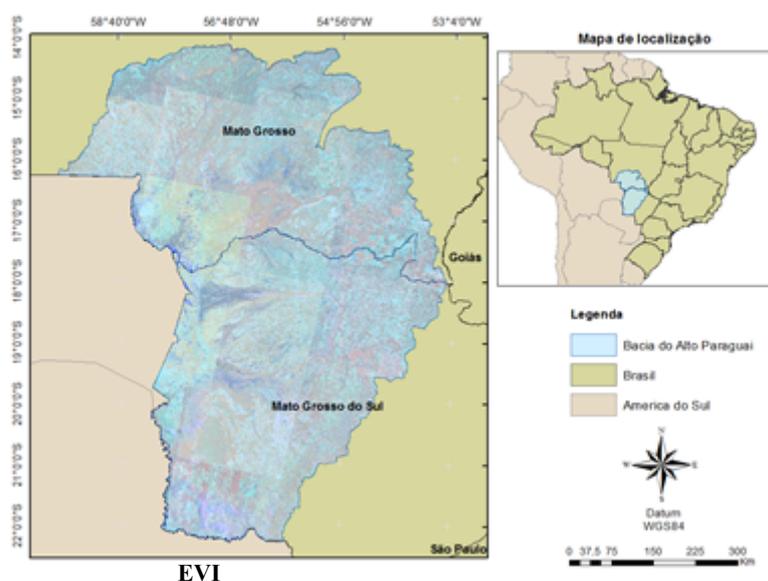


Figura 1. Localização da Bacia do Alto Paraguai - BAP.

As séries temporais de imagens de índices de vegetação do satélite TERRA foram obtidas do Banco de Produtos MODIS na Base Estadual Brasileira, que armazena e disponibiliza as imagens em recortes por estados, na projeção geográfica, datum WGS-84, no formato GeoTiff (Esquerdo et al., 2010).

Gamon et al., (1995) ressaltam que o índice de vegetação NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), proposto por Rouse et al. (1973), pode apresentar saturação no período de máximo desenvolvimento vegetativo das culturas agrícolas. Isto o torna insensível ao aumento da biomassa, mesmo quando há aumento da densidade do dossel da cultura. Desta forma, utilizou-se o EVI, proposto por Huete et al. (1997), por ser menos suscetível à saturação e mais sensível à variação da estrutura, arquitetura do dossel e fisionomia da planta (Huete et al., 2002).

As 37 imagens composições de 16 dias de EVI de cada ano-safra (2000/01 e 2015/16) foram mosaicadas e recortadas para a BAP. Em seguida, elas foram agrupadas em cubos tem-

porais, o que permitiu a geração do perfil espectro-temporal do índice de vegetação EVI do período estudado.

Posteriormente, a este cubo de imagens brutas de EVI foi aplicado o filtro Flat Bottom Smoother (Wardlow et al., 2006) com a finalidade de suavizar ruídos provenientes de nuvens, como ilustrado no perfil espectro-temporal de EVI (Figura 2) característico de um talhão com cultura agrícola, que teve o início de desenvolvimento da cultura em 01 de novembro de 2015 e final do ciclo em 05 de março de 2016. O perfil espectro temporal médio na bacia hidrográfica indica que a semeadura das culturas agrícolas de verão se inicia em agosto podendo se estender até novembro, com um pico vegetativo ocorrendo entre os meses de novembro/ano1 e março/ano2.

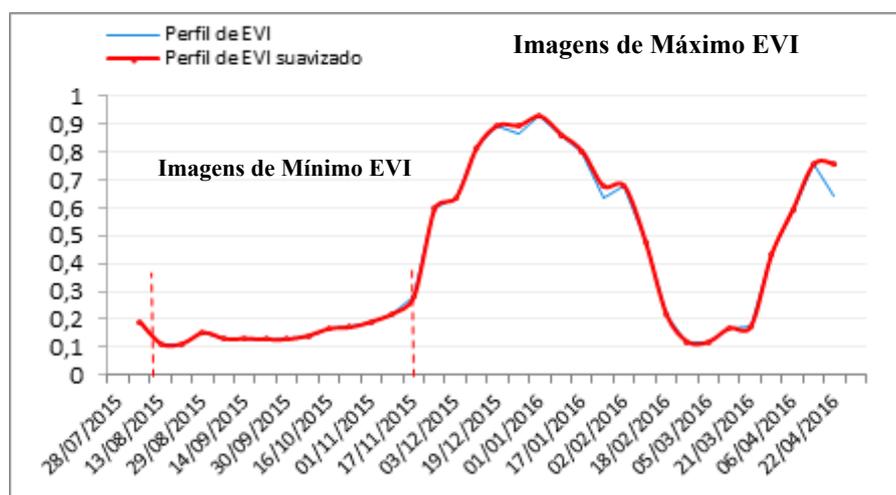


Figura 2. Aplicação do filtro Flat Bottom Smoother no perfil espectro-temporal de EVI de culturas agrícolas no ano-safra 2015/2016.

Para definir o intervalo de imagens usadas para gerar as composições de mínimo e máximo EVI no período em estudo, baseado em Johann et al. (2012), foi usado o Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg), desenvolvido pela Embrapa Informática Agropecuária, uma ferramenta Web que permite visualizar e obter dados espectro-temporais de índices de vegetação a partir de imagens MODIS (Embrapa Informática Agropecuária, 2015). Foram selecionados 50 talhões de culturas agrícolas distribuídos por toda a BAP (contorno amarelo da Figura 3) para definir como imagens de mínimo EVI o período entre 13/08/ano1 a 17/11/ano1 e como imagens de máximo EVI o período entre 01/11/ano1 e 22/03/ano2 (Figura 2).

Este procedimento de mapeamento de culturas agrícolas foi proposto por Johann et al. (2012) visando contemplar a variabilidade de época de semeadura nas diferentes regiões no estado do Paraná. Assim, o período de mínimo EVI (menores valores de EVI dentre as imagens utilizadas) contempla a fase do pré-plantio e desenvolvimento inicial das culturas agrícolas dentro da BAP. Já o período de máximo EVI (maiores valores de EVI dentre as imagens utilizadas) considera o máximo desenvolvimento vegetativo das culturas agrícolas ou pico vegetativo (final de desenvolvimento, florescimento e formação da produção) dentro da área da BAP. Esta etapa foi operacionalizada por meio de um sistema de extração de dados de imagens desenvolvido em linguagem de programação IDL (Interactive Data Language) (Esquerdo et al., 2011).

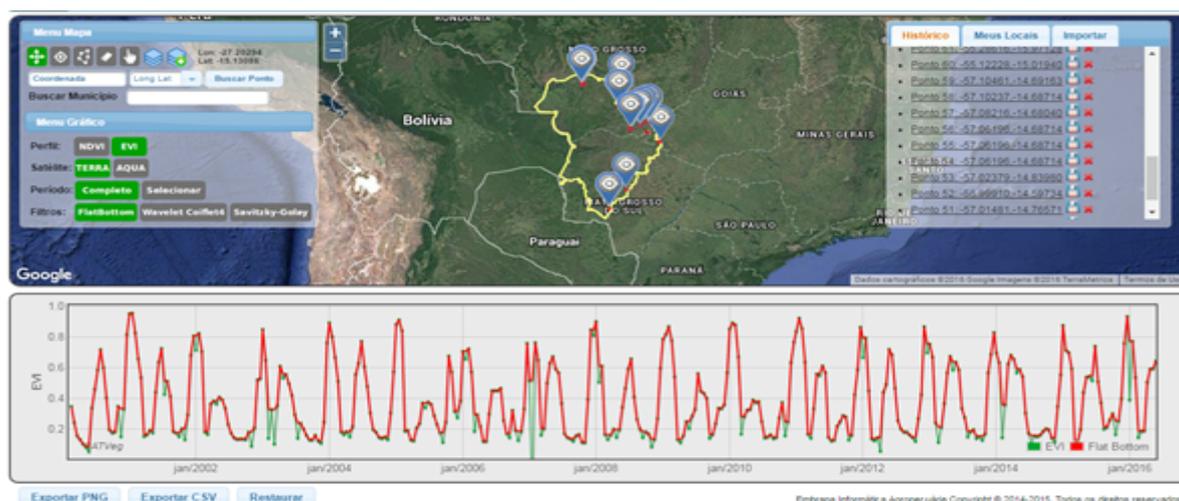


Figura 3. Aquisição de pixels do MODIS para avaliação do período de semeadura e colheita a partir do perfil espectral temporal de culturas agrícolas no SATVeg.

O programa ENVI foi utilizado para gerar uma composição RGB, seguindo a proposição feita por Johann et al. (2012). Assim, a imagem de máximo EVI de cada ano-safra foi colocada no canal R (vermelho) e a imagem de mínimo EVI nos canais G (verde) e B (azul), gerando uma composição colorida na qual as áreas em vermelho (Figura 4) representam as culturas agrícolas na BAP, e as demais cores referem-se a outros alvos (Figura 4).

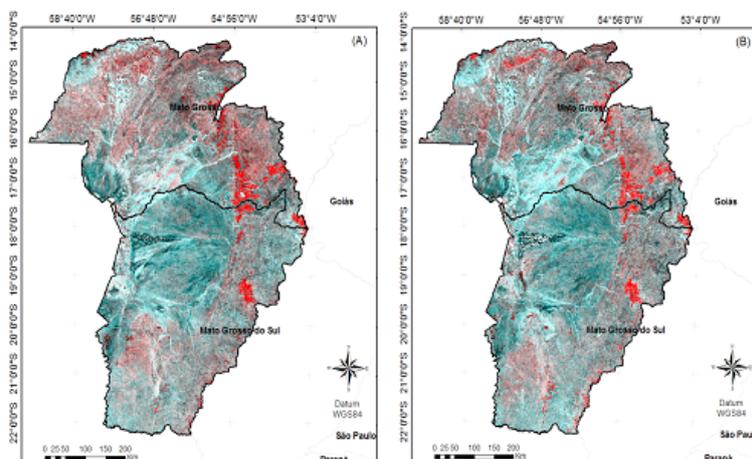


Figura 4. Composição RGB de imagens de máximo e mínimo EVI. (A) ano-safra 2000/2001; (B) ano-safra 2015/2016.

A composição RGB com os valores originais do EVI foi então convertida de 16 bits para 8 bits, com valores escalonados entre 0 e 255, de forma a normalizá-los para cada ano-safra (Johann et al., 2012). Com a finalidade de separar e extrair as áreas em vermelho (Figura 4) foi utilizado um sistema desenvolvido em linguagem IDL para extração de dados desta composição RGB em níveis de cinza (NC). Para tanto, foram determinados, por simulação, os limites de corte (0 a 255 NC) para cada um dos canais RGB e anos-safras estudados. Assim, foram extraídos os pixels definidos de acordo com estes cortes, tendo como resultado o mapeamento das culturas agrícolas na BAP.

Para averiguação da acurácia dos mapeamentos gerados, foram usados: o índice de ex-

atidão global (EG), o índice de concordância Kappa (IK), Erros de Omissão (EO) e Erros de Inclusão (EI) (Congalton, 1991; Congalton e Green, 1999).

A determinação do número de pontos amostrais ou pixels amostrais a um nível de confiança de 95% foi feita de acordo com Barbetta (2007), sendo definidos 400 pontos como conjunto amostral mínimo para avaliar a acurácia dos mapeamentos gerados. Como dados de referência para a checagem dos resultados das classificações foram utilizados os perfis temporais de EVI de cada uma das amostras, por meio do SATVeg.

A última etapa consistiu na extração de área total mapeada das culturas agrícolas na BAP, utilizando rotina desenvolvida em linguagem de programação IDL.

4. Resultados e Discussão

Para a geração dos mapeamentos nos anos-safras 2000/2001 e 2015/2016 (Figura 5), dentre as várias simulações realizadas de cortes de NC nos canais de composição RGB, o melhor resultado foi encontrado considerando o valor de corte de 150 no canal R (valores de NC acima de 150) e 140 para os canais GB (valores de NC abaixo de 140).

Os resultados das distribuições espaciais pela BAP das áreas com culturas agrícolas evidenciaram uma maior predominância na região sudoeste do estado do Mato Grosso e a região central do estado do Mato Grosso do Sul, essencialmente no polo agrícola de São Gabriel do Oeste. Ambas as regiões estão localizadas na porção do planalto da BAP.

Obteve-se uma área cultivada de 1.499.769 ha para o ano-safra de 2000/01 (Figura 5A) e 2.096.994 ha no ano-safra de 2015/16 (Figura 5B) o que representa um aumento de aproximadamente 39,82% da área agrícola no período. Considerando a participação das áreas agrícolas na BAP, os números representam, respectivamente, 4,15% e 5,80% do total da bacia.

Os resultados foram comparados com os dados do estudo do WWF-Brasil (2015) sobre o monitoramento do uso e cobertura da terra na BAP, que engloba lavouras anuais, perenes e semi-perenes e utiliza metodologia baseada em imagens Landsat/TM, Resource-Sat/ LISS III e Landsat/OLI. No período entre 2002 a 2014, os autores identificaram um crescimento da participação de áreas agrícolas na BAP de 1,25%, sendo esta variação semelhante à encontrada pelos mapeamentos feitos com o sensor MODIS neste trabalho, que foi de 1,7%, porém em um período temporal maior.

Vale destacar ainda que os mapeamentos feitos pelo WWF-Brasil consideram culturas semi-perenes que não são mapeadas pelo método aplicado neste estudo e também devido à resolução espacial das imagens MODIS, houve uma subestimação de áreas agrícolas em talhões de culturas inferiores a 250 m, que podem não terem sido mapeados pela metodologia, corroborando com Wardlow e Egbert (2008), em que a resolução espacial do MODIS fez com que pixels de bordas de talhões não fossem selecionados no mapeamento. Resultados semelhantes também foram encontrados em mapeamentos de culturas de verão no estado do Paraná (Johann et al., 2012; Souza et al., 2015) comparando estimativas de áreas obtidas com órgãos oficiais.

A grande vantagem da metodologia está no baixo custo, rapidez e objetividade permitindo o conhecimento da evolução temporal de culturas agrícolas na BAP.

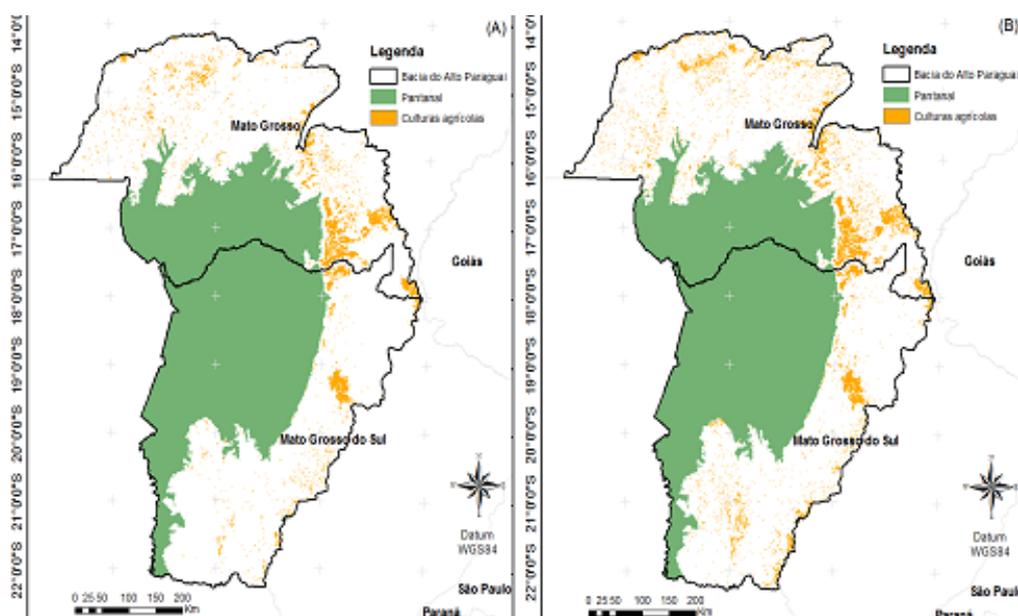


Figura 5. Mapeamentos MODIS para as culturas agrícolas na BAP. (A) ano-safra 2000/2001; (B) ano-safra 2015/2016.

A análise de acurácia para os mapeamentos mostrou um Índice Kappa de 0,85 (2000/01) e 0,84 (2015/16), o que, de acordo com a classificação proposta por Landis & Koch (1977), indica uma excelente qualidade temática ($IK \geq 0,81$) (Tabela 1). Com relação à exatidão global, segundo Foody (2002), é desejável que uma classificação alcance índices de acerto superiores a 85%, conforme situação confirmada pelo EG obtido nos mapeamentos pelo método RGB na BAP, com 92,5% (2000/01) e 92,00% (2015/16).

Tabela 1. Matriz de confusão para determinação de índices de acurácia do mapeamento de culturas agrícolas no BAP dos anos-safra 2000/01 e 2015/16.

Máscara	Referência SATVeg		Total Geral	Erro de Inclusão (%)
	Culturas agrícolas	Outros alvos		
Ano-safra 2000/01				
Culturas agrícolas	173	3	176	1,7
Outros alvos	27	197	224	12,1
Total geral	200	200	400	EG: 92,5%
Erro de Omissão (%)	13,5	1,5	-	IK: 0,85
Ano-safra 2015/16				
Culturas agrícolas	172	4	176	2,3
Outros alvos	28	196	224	12,5
Total geral	200	200	400	EG: 92,00%
Erro de Omissão (%)	14,0	2,0	-	IK: 0,84

EG = exatidão global; IK = índice kappa.

Das áreas que não foram mapeadas como de culturas agrícolas, ou seja, outros alvos (Tabela 1) estão as áreas de remanescentes florestais, áreas de vegetação rasteira, áreas de cana-de-açúcar, áreas de transição de pastagem e cana-de-açúcar, além de outras culturas cultivadas que estão presentes em menor escala na BAP.

Os EI de 1,7% sobre a classe “culturas agrícolas”, para o ano-safra 2000/01, deram-se prin-

principalmente para os alvos pastagens, seguida de áreas de remanescentes florestais e vegetação rasteira, ou seja, a metodologia classificou erroneamente estas áreas como sendo de agricultura. O mesmo erro de classificação foi constatado para o ano-safra 2015/2016 com EI de 2,3% (Tabela 1). Já nas amostras sorteadas sobre a classe composta por “outros alvos” os EI foram de aproximadamente 12% para os dois anos-safras estudados (Tabela 1). Ou seja, representam áreas de culturas agrícolas não mapeadas pela metodologia, porém, a maior parte destes erros foi representada pela cultura de cana-de-açúcar.

Os EO da classe “culturas agrícolas” foram de 13,5% e 14%, respectivamente, para os anos safra 2000/01 e 2015/16 (Tabela 1). Ou seja, essa proporção de amostras não foi selecionada no mapeamento pela classificação o que corrobora com Coutinho et al., (2012) em mapeamento de atividade agrícola anual feito no estado do Mato Grosso do Sul, onde a contaminação dos pixels, causada pelos diferentes usos e coberturas das áreas adjacentes, promoveu mistura dos valores espectrais e, conseqüentemente, descaracterizou o comportamento espectro-temporal típico da agricultura anual, sendo este o maior problema enfrentado para mapeamento com imagens de índices de vegetação do MODIS, sobretudo em regiões nas quais a estrutura fundiária e o padrão de repartição espacial das atividades agrícolas definem um mosaico de ocupação muito heterogêneo. Para a classe de “outros alvos” os EO foram de apenas 1,5% (ano-safra 2000/01) e 2,0% (2015/16), ou seja, fora do mapeamento de culturas agrícolas a confusão foi baixa.

A confusão espectral entre culturas agrícolas e alvos de pastagens e remanescentes florestais pode ser explicada devido à semelhança do perfil espectro-temporal, pois a vegetação da BAP é composta por uma grande variedade de plantas que compõem paisagens de cerrado e floresta, formações de alta complexidade contendo muitas espécies endêmicas (Goodland e Ferri, 1979).

O estudo demonstrou que houve expansão de culturas agrícolas de verão. A participação deste tipo de cultivo, considerando toda a extensão da BAP, aumentou em 1,7 % (Figura 6).

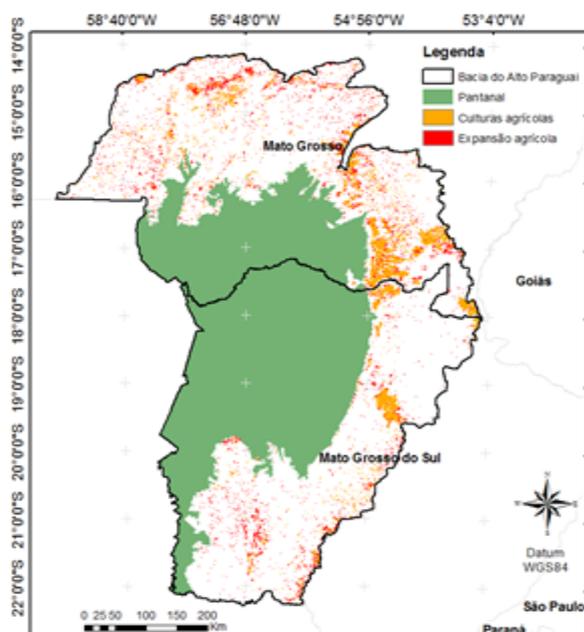


Figura 6. Expansão de áreas agrícolas na BAP entre os anos-safra 2000/2001 e 2015/2016.

A cultura de cana-de-açúcar, com comportamento semi-perene não foi contemplado pela metodologia adotada neste trabalho. A metodologia é destinada ao mapeamento de culturas

anuais, sobretudo de grãos, com maior predominância na bacia hidrográfica.

Com base na avaliação da acurácia observou-se que em 2000/01 áreas onde eram ocupadas por pastagens em 2015/16 passaram a ser ocupadas por culturas agrícolas em maior proporção (soja e milho).

5. Conclusões

O uso de dados espectrais multitemporais de EVI/MODIS permitiu o mapeamento e a estimativa de área cultivada com as principais culturas agrícolas de verão na BAP.

O uso das cenas na geração de composições de mínimo e máximo EVI reduz a variabilidade nas datas de plantio, permitindo rapidez no mapeamento de áreas agrícolas pela metodologia RGB. A partir da reprodução do mesmo período de imagens e cortes para outros anos-safras.

Nos dois anos-safras avaliados os EO foram superiores aos EI que são representados por áreas florestais e de pastagens devido à confusão espectral desses alvos com culturas agrícolas.

A análise da evolução multitemporal no período avaliado indicou que houve expansão de área cultivada na região entre a primeira e o último ano-safra em estudo.

6. Referências

- Alves, C. D.; Florenzano, T. G.; Alves, D. S.; Pereira, M. N. Mapping land use cover changes in a region of sugarcane expansion using TM and MODIS data. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 66/2, p. 337-347, 2014.
- Arvor, D.; Meirelles, M.; Dubreuil, V.; Bégué, A.; Shimabukuro, Y. E. Analyzing the agricultural transition in Mato Grosso, Brazil, using satellite-derived indices. *Applied Geography*, v. 32, p.702-713, 2012.
- Barbetta, P. A. *Estatística aplicada às ciências sociais*. 316 p. Florianópolis: UFSC, 2007.
- Brown, J. C.; Kastens, J. H.; Coutinho, A. C.; Victoria, D. Bishop, C. R. Classifying multiyear agricultural land use data from Mato Grosso using time-series MODIS vegetation index data. *Remote Sensing of Environment*, v. 130, p.39-50, 2013.
- Congalton, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. *Remote Sensing of Environment*, v.37, p.35-46, 1991.
- Congalton, R. G.; Green, K. *Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices*. 160 p. Boca Raton: Crc Press, 1999.
- Coutinho, A. C.; Esquerdo, J. C. D. M.; Oliveira, L. S.; Lanza, D. A. Avaliação de metodologia para o mapeamento e monitoramento da agricultura brasileira. In: *Simpósio de Geotecnologia no Pantanal, 2012, Bonito. Anais...* p. 364-372. Bonito: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2012.
- Embrapa Informática Agropecuária. Sistema de Análise Temporal da Vegetação (SATVeg). 2015. Disponível em: <<https://www.satveg.cnptia.embrapa.br/satveg/login.html>>. Acesso em: 10 jun. 2016.
- Esquerdo, J. C. D. M.; Antunes, J. F. G.; Andrade, J. C. de. Desenvolvimento do banco de produtos MODIS na Base Estadual Brasileira. (Comunicado Técnico, 100) - Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 7 p, 2010.
- Esquerdo, J. C. D. M.; Zullio Junior, J.; Antunes, J. F. G. Use of NDVI/AVHRR time series profiles for soybean crop monitoring in Brazil. *International Journal of Remote Sensing*, v. 32, p. 3711-3727, 2011.
- FAO. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. FAO: Roma, 2009. p. 23. Disponível em: <<http://www.fao.org/catalog/inter-s.htm>>. Acesso em: 3 jul. 2016.
- Foody, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing of Environment*, v. 80, n. 1, p.185-201, 2002.
- Gamon, J. A.; Field, C. D.; Goulden, M. L.; Griffin, K. L.; Hartley, A. E.; Joel, G.; Peñuelas, J.; Valentini, R. Relationships between NDVI, canopy structure, and photosynthesis in three Californian vegetation types. *Ecological Applications*, v. 5, p.28-41, 1995.
- Gardini, A. Novas fronteiras agrícolas da cana. *Revista Eletrônica de Jornalismo Científico*. [s.l.] 2007. Dis-

ponível em: < <http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=23&id=253> >. Acesso em: 03 jul. 2016.

Goodland, Robert J. A.; Ferri, Mário G. Ecologia do Cerrado. São Paulo: USP, 1979. 193 p.

Huete, A.; Didan, K.; Miura, T.; Rodriguez, E. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, v. 83, n. 1-2, p. 195-213, 2002.

Huete, A.; Liu, H. Q.; Batchily, K.; Leween, W. A comparison of vegetation indices over a global set of TM images for EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, n. 59, p. 440-451, 1997.

Irigaray, C. T.; Silva, C. J.; Medeiros, H. Q.; Girard, P.; Fava, G. C.; Maciel, J. C.; Novais Sobrinho, L. G. e Gallo, R. L. O Pantanal Matogrossense enquanto patrimônio nacional no contexto das mudanças climáticas. In: Silva, Solange T., Cureau, Sandra e Leuzinger, Márcia (Orgs.). *Mudança do Clima. Desafios jurídicos, econômicos e socioambientais*. São Paulo: Fiuza, 2011.

Johann, J. A.; Rocha, J. V.; Duft, D. G.; Lamparelli, R. A. C. Estimativa de áreas com culturas de verão no Paraná, por meio de imagens multitemporais EVI/MODIS. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, v. 47, n. 9, p. 1295-1306. 2012.

Landis, J. R.; Koch, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, v.33, p. 159-174, 1977.

Lima, A.; Aguiar, D. A.; Rudorff, B. F. T.; Shimabukuro, Y. E.; Adami, M. Dinâmica espaço-temporal e caracterização ambiental do cultivo da cana-de-açúcar na Bacia Pantaneira. *Geografia (Rio Claro)*, v. 34, n. 1, p. 193-202, 2009.

Mittermeier, R. A.; Gil, P. R., Hoffman, M., Pilgrim, J.; Brooks, T.; Mittermeier, C. G.; Lamoreux, J.; Fonseca, G. A. B. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. 640 p. Mexico City: CEMEX & Agrupacion Sierra Madre, 2004.

Rouse, J. W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: *Earth Resources Technology Satellite Symposium*, v.1., 1973, Washington. Proceeding. Wahington: NASA. v.1, p. 309-317, 1973.

Silva, J. dos S. V. da; Abdon, M. de M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 33, Num. Esp., p. 1703-1711, 1998.

Souza, C. H. W.; E. Mercante; J. A. Johann; R. A. C. Lamparelli; M. A. Uribe-Opazo. Mapping and discrimination of soya bean and corn crops using spectro-temporal profiles of vegetation indices. *International Journal of Remote Sensing*. v.36, n.7, p. 1809-1824, 2015.

Wardlow, B. D.; Kastens, J.H.; Egbert, S.L. Using USDA Crop Progress Data and MODIS Time-Series NDVI for Regional-Scale Evaluation of Greenup Onset Date. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 72, n. 11, p. 1225-1234, 2006.

Wardlow, B. D.; Egbert, S. L. Large-area crop mapping using time-series MODIS 250m NDVI data: an assessment for the U.S Central Great Plains. *Remote Sensing of Environment*, v. 112, p. 1096-1116, 2008.

WWF-Brasil. Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do Solo na Bacia do Alto Paraguai - Porção Brasileira – Período de Análise: 2012 a 2014. Instituto SOS Pantanal, WWF-Brasil, Brasília, 2015.



Aplicação de geotecnologias gratuitas e livres na delimitação e análise do uso e cobertura do solo na da Bacia Hidrográfica do córrego Laranja Doce

Leonardo Lima dos Santos 1
Vinícius de Oliveira Ribeiro 1
João Lucas Alves da Silva 1

¹ Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS
Unidade Sede – Dourados, Faculdade de Engenharia Ambiental
Rodovia Dourados – Itahum, Km 12
79812-000 - Dourados - MS, Brasil
leo.limaengambiental@gmail.com;
viniciusoribeiro@yahoo.com.br;
jlalves@protonmail.com.

Resumo. O uso da geotecnologia tem contribuído de forma relevante para a realização de trabalhos científicos. A integração de dados em meio digital proporciona rapidez e eficiência nas pesquisas, além de abrir novos horizontes para estudo sócio espaciais. Calcada na utilização de imagens aéreas ou orbitais, fotointerpretação e banco de dados geográficos, a geotecnologia fornece produtos capazes de subsidiar a observação, planejamento e gestão de áreas, proporcionando significativa diminuição de tempo e custo. Sendo assim, é relevante a utilização das geotecnologias no monitoramento de recursos naturais, sobretudo na cobertura e uso do solo de uma dada área. Para a realização deste trabalho, utilizou-se dados de sensoriamento remoto e análise de imagens de satélite Landsat 8 OLI, por meio de classificação supervisionada (SCP), resultando em uma carta imagem com as três classes identificadas. Desta, obteve-se o mapa da cobertura e uso do solo da bacia hidrográfica do córrego Laranja Doce, em Dourados/MS principal objetivo desta pesquisa, utilizando o software livre QGIS versão 2.14.0 Essien. A área desta carta corresponde a 642 Km². Os resultados mostraram que a área está com uma grande área tomada pelas ações antrópicas, representavam 89,4 % da superfície da bacia, neste contexto, necessita de ações de planejamento e gestão por parte das instâncias governamentais.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, QGIS, processamento de imagens.

Abstract. The use of geotechnology has contributed significantly to the production of scientific papers. The integration of data in digital form provides speed and efficiency in research, and opens new horizons for the study of socio-spatial. Based in the use of aerial or orbital photo interpretation and geographic database, the geotechnology provides products that can support the observation, planning and management of areas, furnishing significant reduction in time and cost. Therefore, it is relevant to the use of geo-monitoring of natural resources, especially in land use and its coverage of a given area. For this work, we used remote sensing by image analysis of Landsat 8 OLI, treated with techniques of Digital Image Processing (IDP), as an example the composite color bands 5 (R) 4 (G) 3 (B), by supervised classification (SPC) which resulted in the land use map with the three classes identified and demarcated. In addition, we obtained the map of land use and coverage of the watershed stream of the "Laranja Doce" in Dourados MS, which is the primary objective of this research using free software QGIS version 2.14.0 Essen. The area of this map corresponds to 642 km². The results showed that the area is taken by human actions represented 89,9 % of the surface of the basin, in the context, requiring action planning and management by the government instances.

Key-words: remote sensing, QGIS, image processing.

1. Introdução

Atualmente a necessidade que a sociedade humana tem de ocupar espaços naturais vem crescendo, transformando-os por meio da urbanização ou mesmo para extrair energia e insumos. Tal transformação ocasiona a base para a manutenção do sistema econômico, gerando, em contrapartida, impactos que precisam ser conhecidos e estudados (Passos et al., 2010).

Ante o exposto, faz-se necessário suporte da ciência para intervenção desses impactos, onde a Geociência surge com características importantes sobre essa problemática. Desta forma, com o crescimento das geotecnologias e a disponibilidade de diversos sensores instalados em satélites ou radares, é possível coletar imagens de grandes áreas através da captura de refletâncias eletromagnéticas (Rocha, 2011). As geotecnologias permitem a análise de usos e ocupação do solo, cálculos de erosão laminar do mesmo, classificação e quantificação dos recursos naturais, dentre outros. As geotecnologias estão entre os três mercados emergentes mais importantes da atualidade juntamente com as nanotecnologias e biotecnologias (Rodrigues, 1990).

O Sensoriamento Remoto pode ser entendido como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos (Moraes, 2002). Sendo assim, o sensoriamento remoto e o geoprocessamento constituem-se em técnicas fundamentais para a manutenção de registros do uso da terra ao longo do tempo. As imagens de satélite, em forma digital ou papel, são de grande importância e úteis, pois permite avaliar as mudanças ocorridas na paisagem de uma região e num dado período, registrando a cobertura vegetal em cada momento (Campos et al., 2004).

Segundo Machado (2002), os sistemas de informações geográficas (SIG), se introduzem como uma ferramenta que tem a capacidade de manipular as funções que representam os processos ambientais em diversas regiões, de uma forma simples e eficiente, permitindo uma economia de recursos e tempo. Tendo em vista esta realidade, essas manipulações permitem apresentar dados de diferentes fontes, imagens de satélites, mapas topográficos, mapas de solo, hidrografia entre outros, em diferentes escalas. O processamento digital de imagens, por sua vez, tem por objetivo melhorar a qualidade das imagens através da composição de cores e são constituídas de: Pré-processamento, Processamento e Pós-processamento (Paranhos et al., 2008). As técnicas de pré-processamento são um conjunto de técnicas utilizadas para minimizar as distorções e realçar a imagem. Por fim, o pós-processamento consiste na análise da imagem, identificando e caracterizando objetos, obtendo dados quantitativos, como por exemplo, a utilização de técnicas de classificação de imagens digitais (Andersen et al., 2014).

De acordo com Novo (2010), a classificação de imagens é o processo de atribuir significado

a um pixel em função de suas propriedades espectrais e/ou espaciais, podendo ser: classificação não supervisionada, onde os pixels de uma imagem são alocados em classes, sem que o usuário tenha conhecimento prévio de sua existência; e classificação supervisionada repousa em um conhecimento prévio do analista sob localização espacial de algumas amostras das classes de interesse. Sillero et al. (2010) avaliaram a qualidade das informações remotas disponibilizadas gratuitamente na Internet, por instituições como a NASA, EPA, INPE dentre outros, e sua grande utilidade nos estudos ambientais.

A análise do uso e ocupação do solo é um instrumento fundamental para estudos ambientais, na gestão de recursos naturais como estudos sobre bacias hidrográficas e para o planejamento urbano (Sebusiani et al., 2011). A presença da vegetação de Áreas de preservação permanente - APP's é determinada pela resolução CONAMA N° 302/2002 e sua preservação não trazem apenas benefícios aos sistemas hidrológicos com a regularização dos mesmos, mas sim a uma gama de fatores como a preservação e fornecimento de nutrientes aos animais de vida terrestre e aquática. Servem ainda como quebra-ventos em áreas de cultivo e funcionam como corredores de fluxo gênico para os elementos da flora e fauna, pela possível interconexão com Áreas de preservação permanente - APP's adjacentes ou com áreas de Reserva Legal, além de poderem fixar o carbono da atmosfera (Nascimento et al., 2005).

Neste contexto, o presente trabalho pretende demonstrar a eficácia das geotecnologias, em especial o sensoriamento remoto, com relação ao custo-benefício de projetos e como elas podem ser utilizadas em pesquisas inovadoras, ao analisar rapidamente possíveis fontes de deterioração da qualidade ambiental - neste caso, o uso e ocupação de solo na bacia do córrego Laranja Doce, em Dourados/MS - possibilitando o balizamento de futuras ações de prevenção/conservação e recuperação desta onde se fizer necessário.

2. Objetivo

O trabalho tem por objetivo efetuar a delimitação e quantificação do uso e ocupação do solo da bacia do córrego Laranja Doce, em Dourados/MS, com auxílio de geotecnologias livres e/ou gratuitas.

3. Material e Métodos

A Bacia Hidrográfica do córrego Laranja Doce está localizada no sentido Nordeste – Sudeste envolvendo dois municípios: Dourados e Douradina no estado de Mato Grosso do Sul, nas coordenadas de 21°55' a 22°16' S de Latitude Sul a 54°28' a 54°52'. E estende-se por uma área de aproximadamente 642 km², com comprimento da bacia de 57,49 km (**Figura 1**).

Está inserida no sistema Paraná, sub-bacia do rio Ivinhema e bacia do Rio Brillhante. Limita-se a O e NW (Oeste e Noroeste) com o município de Itaporã, ao S e NE (Sul e Nordeste) com Dourados e ao N (Norte) com o município de Rio Brillhante, situando-se cerca de 80% de sua área no município de Dourados e o restante no município de Douradina, ambos em Mato Grosso do Sul (Soares Filho, 2006). Dentre os principais córregos que banham o município, apenas o Laranja Doce corta a região norte da cidade, no sentido Oeste-Leste, apresentando o maior volume d'água entre todos e possuindo o maior comprimento no perímetro urbano.

Neste estudo, foram utilizadas uma imagem do satélite Landsat 8 OLI (USGS, 2016), órbita-ponto 224/75, com data de passagem em abril de 2016, um MDS *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM (USGS, 2016) de mesma órbita-ponto, e a carta topográfica oficial Dourados, escala 1:100.000, elaborada pela Divisão de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro (DSG, 1979), feitos os processos de sensoriamento remoto - SR e processo digital de imagem - PDI, onde todos convertidos para o Datum WGS 84, aferidos com pontos de controle de campo ob-

tidos por GPS de navegação Garmin 76 CSx.

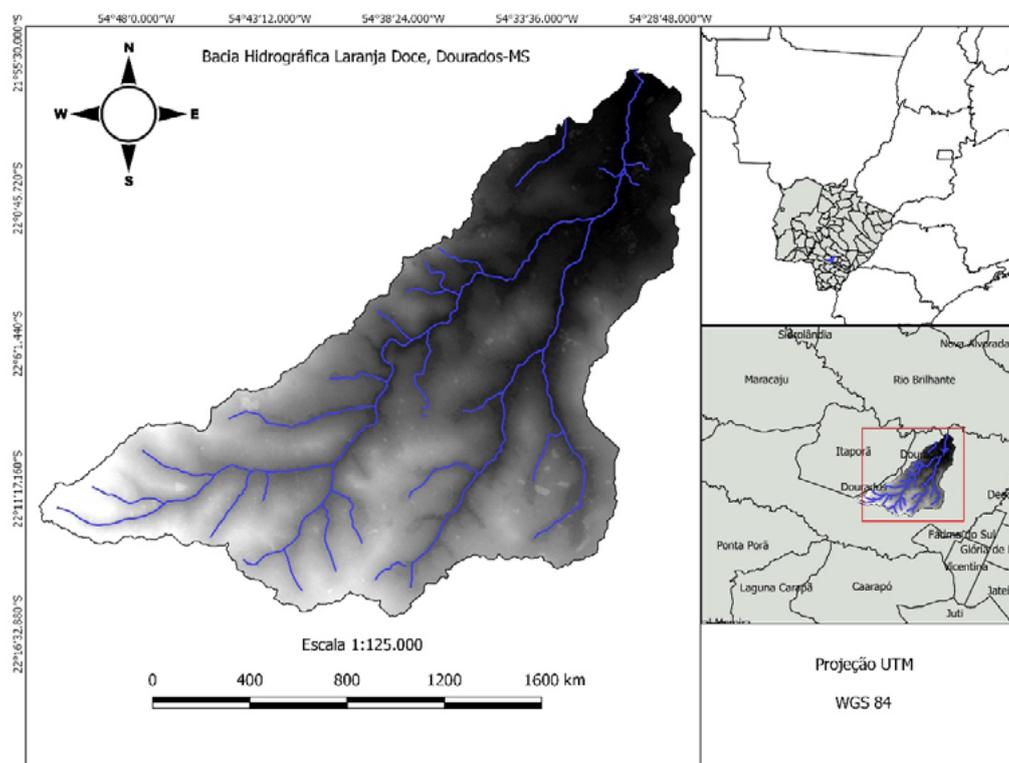


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica do Laranja Doce.

Inicialmente, objetivou-se remoção de elevações expúrias e ralas dos MDS (Modelo Digital de Superfície) SRTM, através da aplicação do *plugin resample*, disponível no SIG livre QGIS 2.14.0 (QGIS Development Team, 2015), reamostrando-os para uma resolução espacial de 30 metros. Na sequência efetuou-se a delimitação automática da Bacia Hidrográfica-BH do Córrego Laranja Doce, paralelamente, a partir dos MDE (Modelo Digital de Elevação) SRTM.

O processo da delimitação automática, para o MDE, foi efetuado através do uso do pacote de algoritmos de modelamento hidrológico GRASS, instalado no QGIS 2.14.0 (2016). As rotinas executadas para modelagem hidrológica consistiram na elaboração dos segmentos de fluxo, direções de drenagem e a respectiva área de influência da referente bacia, permitindo assim o cálculo de área e perímetro (**Figura 2**).

Para verificar a consistência do limite obtido de forma automática foram utilizadas a base topográfica oficial da área de estudo (DSG, 1979), as curvas de nível geradas e as imagens de satélite de EarthExplorer (USGS, 2016) georreferenciadas. A observação de campo também auxiliou na verificação da coerência do limite.

Para a realização do mapeamento do uso e ocupação do solo, inicialmente efetuou-se a fotointerpretação da imagem de satélite *Landsat 8* que opera com dois instrumentos imageadores: Operacional Terra Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS). Produtos OLI consistem de nove bandas multiespectrais com resolução espacial de 30 metros (bandas de 1 a 7 e 9). As faixas térmicas do instrumento TIRS são úteis no fornecimento de temperaturas de superfície mais precisas e os dados são coletados no pixel de 100 metros. A banda 8 do instrumento OLI é a pancromática. Possui resolução espacial de 15 metros (banda 8). A banda 1 (ultra-azul) é útil para estudos costeiros. A banda 9 é útil para a detecção de nuvens. O tamanho aproximado da cena Landsat-8 é de 170 km ao norte-sul por 183 km a leste-oeste.



Figura 2. Fluxograma para delimitação de Bacia Hidrográfica pelo QGIS 2.14.0 (QGIS Development, 2015).

No software QGIS as imagens foram tratadas, gerando a composição multiespectral, dessa forma, a composição colorida resultante RGB foi a banda 5 no Infravermelho, a banda 4 no vermelho e a Banda 3 no azul, possibilitando assim, analisar o uso do solo na área de estudo. Em seguida para melhorar a visualização da imagem de satélite usada foi feita a fusão com a banda pancromática de 15 m com os pacotes de algoritmos Orfeo dentro do software QGIS, seguindo a metodologia de a técnica de fusão espectral Gram-Schmidt opera sobre vetores objetivando torna-los ortogonais. A fusão inicia-se com a simulação de uma banda pancromática a partir das bandas multiespectrais 5(R), 4(G) e 3(B) de baixa resolução espacial. Em sequência, a transformação de Gram-Schmidt aplicada à banda pancromática simulada e às bandas multiespectrais, e a pancromática simulada é empregada como a primeira banda. Então, a primeira banda Gram-Schmidté trocada pela banda pancromática de alta resolução e uma transformação inversa é aplicada para formar a imagem sintética de saída (Soares et al. 2015).

Realizada a composição e a fusão efetuou-se a Correção Radiométrica da mesma para minimizar diferenças entre os níveis de cinza registrados por um conjunto de detectores. A técnica de remoção de ruídos baseia-se na análise do desvio de cada pixel em relação a sua vizinhança, objetivando a detecção de dados defeituosos. Para esse tipo de análise, os pixels com ruído foram então substituídos pelos pixels ou vizinhos mais próximos sem problemas, ou por um nível de cinza interpolado entre a sua vizinhança. Posteriormente, novas visitas foram realizadas aos locais considerados críticos pela fotointerpretação a fim de se identificar a presença de áreas úmidas e solos expostos (Fernandes, 2012).

Por fim, utilizando a proposta metodológica, chave de interpretação visual de imagens, sensoriamento remoto, proposto por Florenzano (2008), que consiste na interpretação visual preliminar, trabalho de campo da verificação preliminar e interpretação final, o que subsidiará o processamento digital da imagem, foi realizado trabalho de campo na área de estudo, para a coleta de pontos de controle através das técnicas de GPS, admitindo-se erro de posicionamento de 5 cm. Esse procedimento visa uma análise mais efetiva na classificação e no mapeamento do uso do solo. Dando seguimento a proposta metodológica foi escolhida as seguintes classes

temáticas: Áreas Úmidas, Vegetação Natural e Antropismo (agricultura, pastagem e mancha urbana). Para a aquisição e classificação dessas classes utilizou-se o complemento do software QGIS 2.14.0 com método PDI – processo digital de imagem através da seleção de pixels semelhantes Semi-Automatic Classification (SPC) que gera parâmetros estatísticos para ponderar as distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes e considerar a distribuição de probabilidade para cada classe mapeada. Para a elaboração final do mapa (layout) foi utilizado o software QGIS 2.14.0 (2016).

4. Resultados e Discussão

A partir de dados SRTM, foi realizada a delimitação automática da bacia do córrego Laranja Doce, presentes na extensão GRASS do software QGIS. Pode-se afirmar que os dados do SRTM foram relativamente precisos e acurados, no caso analisado. Além de serem eficientes por demandarem menor tempo no processo de tratamento dos dados brutos até o delineamento da bacia.

Após o processo, foi possível tirar dados como área e perímetro da bacia, sendo uma ótima ferramenta de suporte para os estudos de uso e ocupação do solo apresentando os seguintes resultados. A bacia hidrográfica do Córrego Laranja Doce possui 642 km² de área e 184 km de perímetro, formando uma rede de drenagem de 193,5 km e o seu rio principal possui uma extensão de 57 km, **Figura 3**.

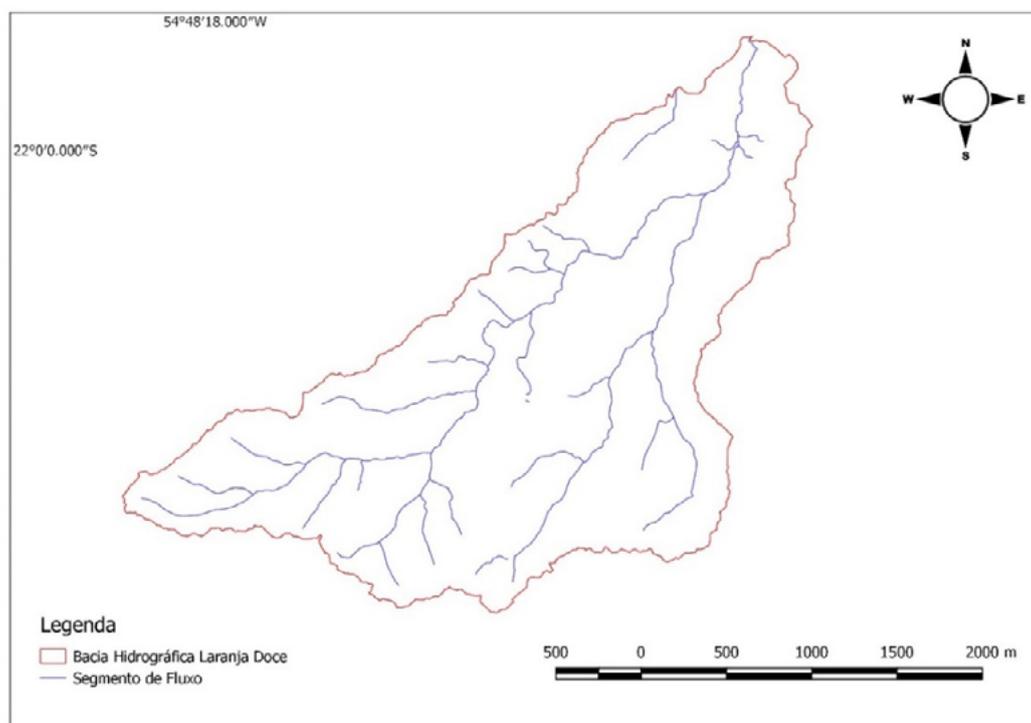


Figura 3. Delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego Laranja Doce com seus respectivos segmentos de fluxo.

O crescimento da cidade, a falta de um planejamento urbano adequado, a ocupação do solo de forma inconsequente sem a implantação de uma infraestrutura adequada contribuiu bastante para vários danos ambientais atualmente observados. A região não constitui um espaço essencialmente urbanizado, apresentando situações desiguais, quando se analisa a área, a população,

densidade demográfica, população urbana e rural. Conhecer o uso do solo em uma bacia hidrográfica e principalmente com se dá o funcionamento das atividades econômicas conduz a diagnósticos e prognósticos da área estudada. Neste contexto, as classes para a análise foram definidas em antropismo, que é toda a atividade resultante da ação do homem sendo pastagens, lavouras e a expansão da mancha urbana na bacia de estudo, vegetação natural, onde toda a vegetação ainda presente e a que protege os mananciais da bacia e que merecem uma gestão maior pela diminuição significativa decorrente da expansão antrópica, e a classe de área úmidas, sendo as áreas com a presença de água no perímetro da bacia em estudo, como mostrado na **Figura 4**.

Considerando a dinâmica sistêmica de uma bacia hidrográfica, onde fatos ocorrentes em um ambiente afetará o outro, as atividades da agropecuária, podem interferir na qualidade e quantidade da água do córrego, decorrente da carga poluidora recebida ao longo do seu percurso (Pereira et al. 2016). Portanto, o gerenciamento ambiental, a fiscalização e o fortalecimento de programas de educação ambiental são de suma importância na minimização dos problemas advindos da urbanização para isso (Borges, 2009).

Outros fatores consequentes da urbanização ou uso do solo inadequado aceleram o processo de erosão e assoreamento do leito fluvial, a impermeabilização do solo permite a ocorrência de enchentes, fator este, sentido pela população urbana nos últimos anos, reduzindo assim as áreas úmidas da bacia e a porcentagem de vegetação natural. Neste contexto, a exploração das terras elimina a vegetação que serve de barreira natural ao escoamento superficial impedindo assim, a infiltração e diminuindo a disponibilidade da água (Braz et al. 2014).

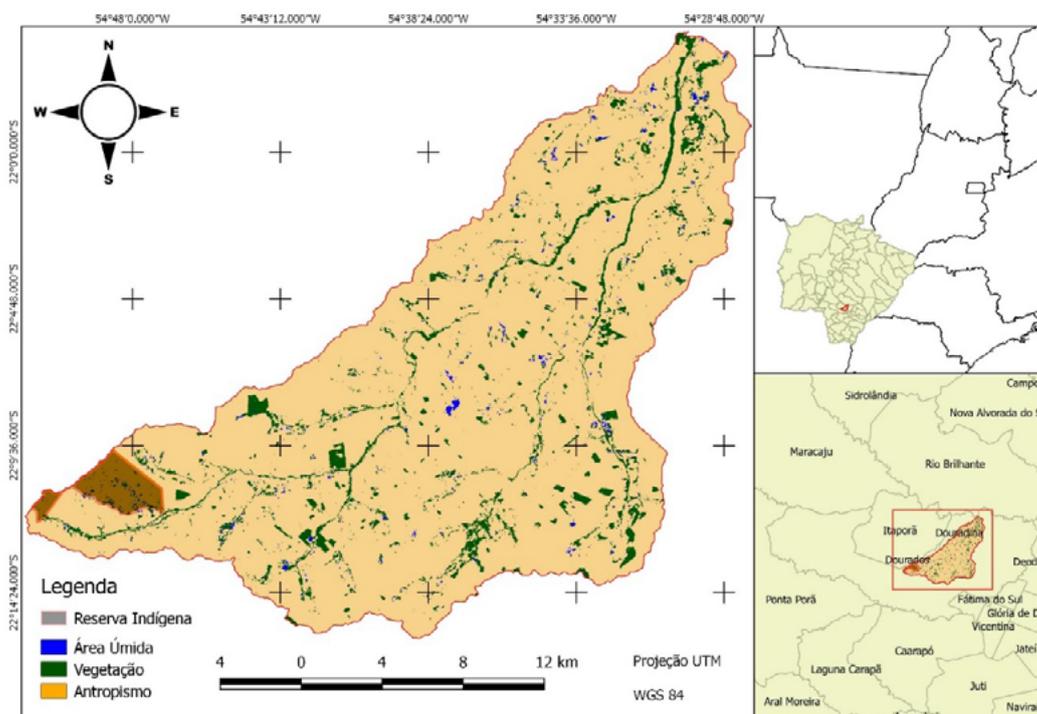


Figura 4. Uso do solo na bacia hidrográfica do Laranja Doce.

4.1. Uso do solo na bacia do Laranja Doce.

A **tabela 2** indica a distribuição do uso da terra na bacia do Laranja Doce, observamos que a classe antropismo ocupa 89,4% da área, em relação à área total da bacia, sendo pastagens, lavouras e mancha urbana, deixando claras as alterações feitas ao meio ambiente, essas que oferecem riscos de voçorocas, assoreamento e ravinas que se manifestam principalmente através do pisoteio do gado, devido ao intenso uso da terra voltado à agropecuária, as áreas cobertas por vegetação natural representam 9,7 % da superfície, indicando o intenso desmatamento e a substituição dos sistemas naturais pelos agropecuários. As áreas úmidas representam 0,9 % em 2016, indicando o avanço da agropecuária sobre essas áreas, as comunidades indígenas também sofrem com a expansão territorial, assim sendo, a conservação é necessária nesta região, devido à prática da pecuária e a expansão de áreas destinadas à pastagem, pois é um processo que acarreta na perda de espaço, afetando os costumes e tradições das tribos indígenas presentes na região (Carvalho, 2006).

Tabela 2. Distribuição do uso do solo na Bacia Hidrográfica do Laranja Doce.

Distribuição do Uso do Solo	Área (%)
Áreas Úmidas	0,9 %
Vegetação Natural	9,7 %
Antropismo	89,4 %

Esses dados expõem a estrutura fundiária da bacia, haja vista que a agricultura e a pecuária na região são responsáveis pela exploração de grandes porções de terra, o que resulta em um efeito positivo na economia e negativo para o meio ambiente.

5. Conclusões e Sugestões

Fatores como gratuidade, precisão e acurácia na delimitação automática da rede de drenagem a partir de dados do SRTM em ambiente SIG, proporcionam economia de tempo e de recursos para a realização de pesquisas e diagnósticos ambientais.

A análise ambiental deve ser vista sob um olhar crítico, tomando como referência todas as variáveis que compõe a paisagem, sejam elas físicas ou humanas. Atualmente a utilização de geotecnologias como o Sensoriamento Remoto (SR) e o Processamento Digital de Imagem (PDI), tem auxiliado no mapeamento de grandes áreas e permitido um maior conhecimento da superfície terrestre. Essas geotecnologias também têm minimizado os custos com o mapeamento e com o tempo na elaboração de produtos cartográficos, onde esses processos podem ser realizados em poucas horas.

Sendo assim, nesta pesquisa foram usadas imagem de satélite produto do SR e o PDI para confeccionar o mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Laranja Doce. É visível a esta bacia apresentar consideráveis áreas de pastagem, agricultura e mancha urbana, mas também é destacada a presença de vegetação nativa do bioma cerrado. O conhecimento do uso do solo na bacia do Laranja Doce foi fundamental para entender a configuração de sua paisagem e o resultado do uso intenso de suas terras. Através da análise do mapa e das visitas de campo, foi possível perceber que a bacia apresenta em grande parte de suas terras ocupadas por lavouras e pastagens e fortes processos de ocupação degradada acelerada advindas da expansão urbana.

Através disso torna-se relevante esta análise e diagnóstico, para a contribuição de um melhor planejamento ambiental e gestão da bacia do Laranja Doce. Sendo assim, nesta pesquisa foram usadas imagem de satélite produto do SR e o PDI para confeccionar o mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Laranja Doce. Pois se sabe que o conhecimento da

dinâmica de uso e cobertura do solo oferece ao analista ambiental uma ferramenta fundamental para entender o comportamento do espaço geográfico e assim, promover medidas que possam mitigar os efeitos provocados pela ação antrópica no meio.

6. Referências.

- Andersen, H. E.; Reutebuch, S. E.; Mcgaughey, R.; D'oliveira, M.; Keller, K. Monitoring selective logging in western Amazonia with repeat LIDAR flights. **Remote Sensing of Environment**, v.151, p. 157–165, 2014.
- Brasil. Resolução CONAMA N° 302 de 20 de março de 2002. **Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.**
- Brasil. Lei 9.433. Política nacional de recursos hídricos. **Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1997.** 72p.
- Braz, A. M.; Águas, T. A.; Costa, K. C.; Garcia, P. H. M. **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do córrego Fundo – Três Lagoas/MS.** I Simpósio Mineiro de Geografia, Alfenas, p. 1822-1835, 2014.
- Borges, R. F.; Borges, F. A.; Brito, J. L. S.; Nishiyama, L. **Mapeamento de áreas úmidas através de dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento na bacia hidrográfica do Ribeirão Bom Jardim – MG.** Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2009.
- Campos, S.; Araújo Júnior. A. A.; Barros, Z. C.; Cardoso, L. G.; Piroli, E. L. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao uso da terra em microbacias hidrográficas, Botucatu – SP. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v. 24, n. 2, p. 431-435, 2004.
- Carvalho, A. L. A. **O geoprocessamento na gestão ambiental em terras indígenas: uma experiência com etnomapeamento junto à comissão pró-índio do acre.** 127p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
- Faria, A. L. L.; Silva, J. X.; Goes, H. B. **Análise ambiental por geoprocessamento em áreas com susceptibilidade à erosão do solo na bacia hidrográfica do ribeirão do espírito santo,** caminhos de geografia, Juiz de Fora - MG. v.9, n.4, p. 50-65, 2003.
- Fernandes, R. R. Uso de Geotecnologias no mapeamento do uso da terra e estudo de fitofisionomias em áreas úmidas na região de médio araguaia. 2012. 90p. Dissertação (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Mato Grosso.
- Florenzano, T. G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. **São Paulo: Oficina de Textos, 2008.**
- Leal, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. **Entre-Lugar, Dourados, MS**, v.6, p. 65-84, 2012.
- Libos, M.; Rotunno Filho, O. C. Modelagem da Poluição não Pontual na Bacia do Rio Cuiabá Baseada em Geoprocessamento. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v.8, n.4, p. 115-135, 2003.
- Lima, P. A. de. **Ocupação do fundo de vale do córrego laranja doce na cidade de Dourados – MS. Análise da proposta de implantação de um parque ecológico.** Dissertação de mestrado para obtenção de título de mestre em Geografia (Área de concentração Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental). UNESP, Presidente Prudente-SP 1999.
- Machado, R. E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimento em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento.** 2002. 166p. Dissertação (Doutorado) – Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz universidade de São Paulo.
- Moraes, E. C. Fundamentos de sensoriamento remoto. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos, 2002.** 23p.
- Nascimento, M. C.; Soares, V. P.; Ribeiro, C. A. S.; Silva, E. Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do rio alegre, espírito santo. **Ciência Florestal, Santa Maria**, v.15, n.2, p. 207-220, 2005.
- Novo, E. M. L. M. Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações. 4ª Edição. **São Paulo: Edgard Blucher, 2010,** 387p.

Paranhos Filho, A. C.; Lastória, G.; Torres, T. G. **Sensoriamento Remoto Ambiental Aplicado: Introdução as Geotecnologias**. Campo Grande, MS, UFMS. 2008, 198p.

Passos, P. F.; Santana, N. M. G.; Teixeira, J. L.; Paz, D. M.; Menezes, J. B. Uso de técnicas de geoprocessamento para estimativa de áreas susceptíveis à erosão na bacia hidrográfica do rio Mamanguape-PB. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife-PE, p. 001-005, 2010.

Pereira, B. W. F.; Maciel, M. N. M.; Oliveira, F. A.; Alves, M. A. M. S.; Ribeiro, A. M.; Ferreira, B. M.; Ribeiro, E. G. P. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Revista Ambiental e Água**. Taubaté, v. 11, n.2, p. 472-485, 2016.

Refosco, J. C. Ecologia da paisagem e Sistema de Informações Geográficas no estudo da interferência da paisagem na concentração de Sólidos Totais no reservatório da usina de Barra Bonita, SP. **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p.343-449, 1996.

Rocha, R. M. C. Geoprocessamento aplicado à certificação ambiental: estudo de caso em palmas sola – SC. **Revista Geografia – Londrina**. v. 20, n. 3, p, 143-154, 2011.

Rodrigues, M. Introdução ao Geoprocessamento. Anais. **Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento. Universidade de São Paulo**. p. 1-26, 1990.

Sebusiani, H. R. V.; Bettine, S. C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, SP. v. 7, n. 1, p. 256-285, 2011.

Sillero, N.; Tarroso, P. Free GIS for herpetologists: free data sources on Internet and comparison analysis of proprietary and free / open source software. **Acta Herpetologica**, v.5, n. 1, p. 63-85, 2010.

Sirkorski, S. R. Geoprocessamento como instrumento de planejamento urbano. In: **Congresso e feira para usuários de geoprocessamento**. GIS Brasil: Anais. Curitiba: Sagres. p. 40-45, 1996.

Soares, R. B.; Soares, C. B. S. S.; Costa, J. A. L.; Costa, S. S. Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/OLI. **Anais XVII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, João Pessoa – PB, INPE, p. 4836-4843, 2015.



O espaço da pecuária bovina de corte no Pantanal de Mato Grosso do Sul: redes, territórios e territorialidades

Ana Gabriela de Jesus Araujo 1
Luiz Tadeu da Silva 1
Deivid Galdini Silva 2
Rene Antônio Novaes Júnior 3
Renata Galvão Neves da Silva 1
Marcelo Leme do Prado 1
Murilo da Costa Ruv Lemes 1
Luana Nayara Nascimento 4
Nágela Fernanda dos Santos Masuda 4
Antônio Miguel Vieira Monteiro 3
Daniel Andres Rodriguez 1
Gilvan Sampaio de Oliveira 1

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Rodovia Presidente Dutra, km 40
12630-000 - Cachoeira Paulista, SP - Brasil
{ana.araujo, luiz.tadeu, renata.galvao, murilo.lemes, daniel.andres, gilvan.sampaio}@inpe.br
marceloprado.mlp@gmail.com

² Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP
Av. Shishima Hifumi, 2911 - Urbanova
12244-000 - São José dos Campos, SP - Brasil
deivid.galdini@hotmail.com

³ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos, SP - Brasil
rene@dsr.inpe.br, miguel@dpi.inpe.br

⁴ Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS
Av. Costa e Silva, S/Nº - Unidade 7 A - Cidade Universitária
79070-900 - Campo Grande, MS - Brasil
luana.n.nasc@gmail.com, fernanda.tur@hotmail.com

Resumo. A pecuária bovina de corte é umas principais atividades econômicas do Pantanal Sul Mato-Grossense, planície inundável da Bacia do Alto Paraguai (BAP) com extensão de 89,98 km². Seguindo o ritmo de cheias e secas sazonais, a atividade tem por característica o deslocamento frequente do gado. Este sistema de criação extensivo faz a ocupação temporária de áreas de acordo com o acesso às terras baixas e disponibilidade de pastagens, organizando seu território em forma de redes. O objetivo deste artigo foi caracterizar as formas territoriais da criação de bovinos no Pantanal Sul, considerando esta lógica de articulação espacial que cria territórios-redes, bem como a diversidade de agentes que atualmente empreendem a atividade e, assim, **conFiguram** um campo de multiterritorialidade. Os resultados permitiram uma análise em torno das atuais formas de ocupação, dominação e apropriação territorial da pecuária pantaneira, que superam a visão clássica de base material contínua aplicada ao conceito, ao se realizarem de forma descontínua no espaço e no tempo e sendo construídas no e pelo movimento. Além disso, revelaram articulações sócio-espaciais multiescalares que extrapolam os limites municipais e da planície pantaneira.

Palavras-chave: Pecuária Bovina de Corte, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Território, Redes, Territorialidade.

Abstract. The beef cattle livestock is one of the main economic activities in the Pantanal Sul Mato-Grossense, a floodplain of the Upper Paraguay Basin (BAP) with a length of 89,98 km². Following the rhythm of seasonal floods and droughts, the activity features the often cattle displacement. This extensive creation system makes the temporary areas occupation in accordance with the lowlands access and pastures availability, organizing its territory in network shape. The aim of this paper was to characterize the territorial forms of cattle farming in South Pantanal, considering this spatial articulation logic that creates territories networks, as well as the agents diversity that actually undertake the activity and, thus, constitute a multiterritoriality field. The results allows to analyze around the current occupation, domination and territorial ownership occupation of the Pantanal livestock, which exceed the classical view of continuous material base applied to the concept, held in discontinuously shape in space and time and being built in and by the movement. Besides that, they revealed socio-spatial multi-scale joints that go beyond the municipal boundaries and Pantanal lowland.

Key-words: Beef cattle livestock, Pantanal, Mato Grosso do Sul State, Territory, Networks, Territoriality.

1. Introdução

A cadeia produtiva da carne bovina se destaca como umas principais atividades econômicas de Mato Grosso do Sul, o Estado possui um dos maiores rebanhos do país e em 2015 apresentou um Valor Bruto da Produção da pecuária de mais de R\$ 8,7 bilhões (Brasil, 2015). A distribuição de frigoríficos com grande capacidade de abate e de áreas que apresentam sistemas intensivos ou melhorados dedicadas à fase de terminação da engorda ou onde predominam sistemas extensivos de criação (Souza, 2010), indica uma produção que se organiza de modo a integrar diferentes espaços (Araujo, 2006), que se complementam nas fases do sistema de produção (Euclides Filho, 2008).

Historicamente, a região do Pantanal consolidou sua especialização na fase de cria (Brasil, 1973; Abreu et al., 2010; Santos et al., 2002). Assim representando uma posição de “berçário” da pecuária bovina de corte estadual, que inicialmente abastecia o mercado ao comercializar bois magros “em pé” para recria, engorda e abate em outros Estados e, a partir da intensificação e modernização da cadeia estadual do último quartel do século XX, passou a enviar bezerros e bois magros para as regiões de Planalto (Araujo et al., 2014). Ainda que atualmente o Pantanal Sul já desenvolva o ciclo completo da produção (fases de cria, recria e engorda) e possua plantas de grandes frigoríficos; confirmando um contexto de reestruturação produtiva desde a década de 1990, a pecuária pantaneira se apresenta como um ponto na rede de espaços usados no Estado do Mato Grosso do Sul que caracterizam o território da atividade.

Juntos, em 2014 os municípios do Pantanal Sul somaram um rebanho de 4.723.310 cabeças (IBGE, 2015). Em escala intra regional, a pecuária pantaneira apresenta outras redes que mostram a articulação de espaços produtivos descontínuos e multi localizados (Moraes, 2008; Araujo, 2006; Araujo et al., 2014). Muito disso representa o caráter adaptativo de seu sistema técnico, que sujeito à sazonalidade natural do pulso das inundações da extensa planície, se desenvolveu de modo a movimentar os rebanhos entre diferentes áreas, de acordo com a dinâmica do ciclo das águas e sempre a procura de locais seguros e com oferta de pastagens de qualidade (Santos et al., 2010).

Este manejo tradicional da pecuária regional reflete uma paisagem dinâmica, “em movimento”, sendo comum encontrar as Comitivas Boiadeiras que levam os lotes de animais de uma fazenda para outra, percorrendo longas distâncias e conectando áreas da planície, bem como a planície e o planalto.

O conceito de território vem sendo amplamente discutido pela ciência geográfica e outras ciências sociais. Nos últimos anos, a retomada de sua aplicação se deve aos processos de trans-

formação da sociedade e às formas de construção, destruição e simultaneidade de seus territórios, que se diversificam na paisagem. Um debate que converge com a abordagem relacional do espaço, que o considera como arranjos sócio-espaciais específicos a cada tempo e espaço, não apenas uma base física e estática, “palco” para as ações humanas, mas um *locus* de reprodução das relações sociais e sendo assim, indissociável à sociedade, ao traduzi-la e nela se refletir ao mesmo tempo (Lefebvre, 2008).

Associado ao campo do poder, a visão clássica do conceito de território se aplicava às formas tradicionais do território dos Estados Nacionais, base material, delimitada por limites claros, com pequena mobilidade espaço-temporal e reforçada com a imaterialidade das identidades e raízes socioculturais (Souza, 2009). No entanto, o movimento sócio-espacial desenvolvido sob a égide da globalização da virada do século XX para o XXI reflete muitas dinâmicas territoriais em campos como a economia, política, cultura e identidade, que invocam tanto a dimensão material quanto a imaterial do conceito e se manifestam em diferentes escalas no espaço e no tempo (Haesbaert, 2007; Coelho Neto, 2013).

Um exemplo desta multiterritorialidade contemporânea são os territórios-rede, que se realizam na articulação de áreas descontínuas, construídos por agentes que exercem suas intenções e controlam espaços dispersos, seja na escala municipal ou mundial, de forma direta e/ou remota. É desenhado, assim, um horizonte de múltiplos territórios, onde um mesmo espaço é comandado ou coabitado por diferentes agentes (Haesbaert, 2004).

Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo analisar espacialmente a pecuária bovina de corte do Pantanal do Estado de Mato Grosso do Sul, com base no Cadastro Rural do INCRA. Foram produzidas representações cartográficas que possibilitaram reflexões em torno do entendimento das recentes trajetórias da pecuária regional. A análise se fez necessária à medida que a atividade refletiu lógicas territoriais descontínuas no espaço e no tempo, com usos temporários de áreas, superando as fronteiras municipais e da região pantaneira; apresentando múltiplos territórios e, considerando a diversidade de agentes que atualmente empreendem a criação de bovinos de corte na região, múltiplas territorialidades.

2. Objetivo

Mapear as formas territoriais contínuas e descontínuas da criação de bovinos de corte no Pantanal Sul Mato-Grossense, de acordo com a proposta teórica e conceitual de Haesbaert (2004), e considerando as diferentes escalas espaço-temporais do território da atividade na região.

3. Material e Métodos

Para produzir evidências de uma estruturação e organização espacial coerente com o referencial teórico-conceitual de Haesbaert (2004), foi utilizada uma abordagem metodológica observacional da dimensão material dos territórios da pecuária bovina de corte no Pantanal Sul, e considerando os atributos espaciais e temporais das formas territoriais apresentadas. A área compreendida pelo estudo abrange sete municípios do estado de Mato Grosso do Sul que possuem porções de planície inundável e, juntos, totalizam 99,48% do Pantanal no Estado: Aquidauana, Corumbá, Coxim, Ladário, Miranda, Porto Murtinho e Rio Verde de Mato Grosso (Silva e Abdon, 1998).

Com base nos dados do Acervo Fundiário do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), disponíveis para visualização no software Interface Integrada para Internet de Ferramentas de Geoprocessamento (I3Geo), disponibilizado pelo serviço Mapserver/Ministério do Meio Ambiente (MMA), foram produzidos mapas referentes à organização territorial das propriedades rurais cadastradas no Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF) do INCRA.

Foi realizado um trabalho de montagem de banco de dados geográficos, via agrupamento de informações com consultas temáticas, bem como a confecção de mapas e de gráficos de visualização, utilizando para isso em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG) os programas Access e Terraview 4.1.0. Neste trabalho, tais propriedades foram consideradas como a representação do espaço produtivo da pecuária bovina de corte no Pantanal Sul, dada a hegemonia da atividade na economia rural regional. Esta base de dados também permitiu identificar os diferentes perfis dos produtores rurais, entendidos como a multiterritorialidade na criação de bovinos do Pantanal.

Para identificar o caráter dinâmico e temporário da criação, foi elaborado um mapa com indexação espacial dos locais utilizados como Pousos (pontos de parada) das Comitivas Boia-deiras (deslocamentos do gado feitos por grupos de peões seja em razão do manejo entre propriedades ou da venda) e/ou embarcadouros dos animais (locais de encontro nos trajetos onde ocorre a embarcação dos animais para transporte rodoviário, fluvial ou ferroviário), gentilmente disponibilizados pela Agência Estadual de Defesa Animal e Vegetal do Estado de Mato Grosso do Sul (IAGRO) e correspondentes ao ano de 2015.

4. Resultados e Discussão

A variabilidade natural dos ciclos de cheias e secas do Pantanal faz com que algumas sub-regiões cheguem a ficar muitos meses inundadas (Cadavid García, 1986; Padovani, 2010). Para a criação bovina, isto implica na **conFiguração** de um espaço produtivo dinâmico ao longo do ano, a medida dos acessos para ocupação e circulação, dado que o sistema técnico da pecuária na região é predominantemente extensivo, baseado no aproveitamento dos campos nativos de grandes propriedades; sujeitando o manejo tradicional do gado à variação da disponibilidade das pastagens ao longo do ano, sendo comuns os períodos críticos de falta de alimento e água (Santos et al., 2002).

Como estratégia adaptativa, foi desenvolvida uma lógica territorial flexível e descontínua, com fazendas de criação articuladas entre si, cada uma representando um ponto de uma rede, onde cada propriedade representa o “território usado” pela pecuária bovina de corte, dentro de um ou em diferentes municípios, uso que varia de acordo com a oferta de recursos e de acesso aos canais de deslocamento e comercialização dos animais (Araujo et al., 2014). Nesta organização, é comum a propriedade de mais de uma fazenda, em áreas do Pantanal e do Planalto.

Estudos anteriores abordaram o caráter dinâmico no tempo e no espaço da pecuária no Pantanal de Mato Grosso do Sul (Araujo, 2006; Moraes, 2008). Na caracterização dessas formas territoriais, Araujo (2006) destaca dois pontos: 1. Articulação da produção: quando o ritmo da inundação reflete na oferta sazonal das áreas de pastagens e determina as épocas de uso das partes mais baixas, o que, com a chegada das águas, implica no deslocamento dos rebanhos para áreas mais altas; e 2. Especialização da produção por fazenda, onde se aproveita o caráter ambiental de cada propriedade, otimizando o espaço produtivo de acordo com as necessidades de cada fase de vida do rebanho (cria, cria e engorda). Nesta estratégia de especialização por propriedade, é comum a realização da fase de cria em terras baixas, com uso de pastagens nativas, e a cria em áreas de Pantanal alto ou Planalto, assim como a engorda, se fazendo uso de um arranjo espacial mais intensivo, não sujeito às inundações, com invernadas menores e formadas com pastos plantados.

A **Figura 1** ilustra esta territorialidade em rede da pecuária do Pantanal Sul, indicando a quantidade de fazendas que os proprietários chegam a ter em um mesmo Município. Nesse sentido, as propriedades funcionam como elementos da organização do território da pecuária pantaneira, ou seja, a materialidade que vem construindo a dimensão material-funcional dos

territórios-rede da atividade.

Observa-se a predominância de uma única propriedade em todos os Municípios da região. No entanto, ocorre a posse de diferentes propriedades, vizinhas ou não, sugerindo uma lógica de criação bovina articulada em rede. Nota-se ainda a presença de grupos de 3, 4 e 8 propriedades de um mesmo proprietário como Aquidauana, Corumbá e Porto Murtinho; possivelmente em razão da extensa área territorial dos mesmos; bem como grupos de mais de 10 propriedades como Coxim e Miranda.

Foi observado também que grupos de 6 propriedades apresentaram um padrão diferenciado, com agrupamentos e não organizados em rede, o que possivelmente indica processos de incorporação de novas propriedades vizinhas, arranjo que visivelmente pode ser notado nos Municípios de Aquidauana, Corumbá, Coxim e Porto Murtinho.

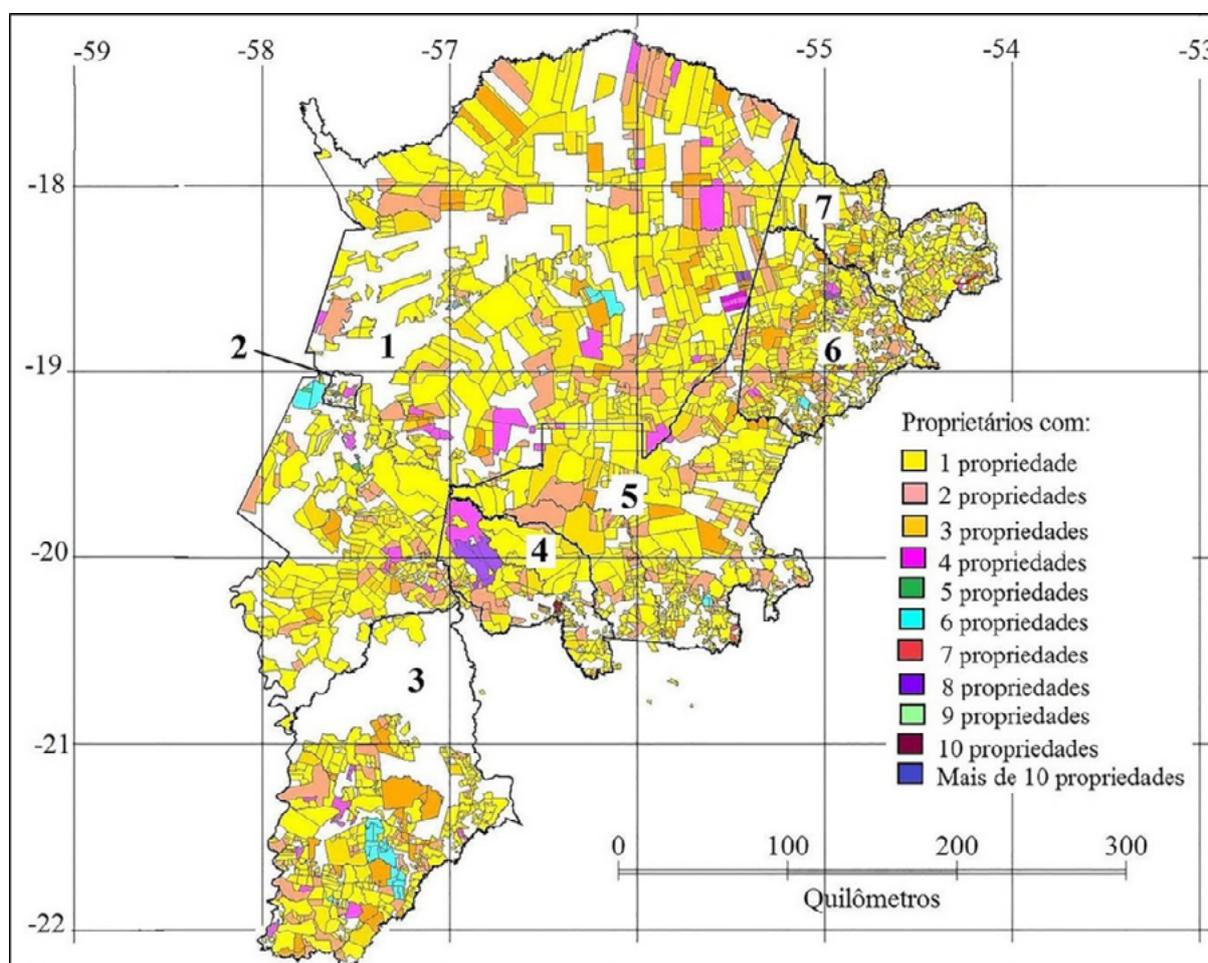


Figura 1. Espacialização das propriedades segundo a quantidade em um mesmo município do Pantanal Sul. A numeração corresponde aos municípios: 1. Corumbá, 2. Ladário, 3. Porto Murtinho, 4. Miranda, 5. Aquidauana, 6. Coxim e 7. Rio Verde de Mato Grosso.

Fonte: Acervo Fundiário do INCRA (2016). Dados compilados e organizados pelos Autores.

Esta lógica de organização reticular do sistema produtivo está representada na **Figura 2**, que demonstra a posse de múltiplas propriedades por um mesmo agente em diferentes Municípios do Pantanal Sul.

A ocorrência da apropriação privada no rural em diferentes Municípios da região está

demonstrada na **Figura 2**. Este cenário pode ainda ser mais expressivo se considerados outros Municípios do Estado de Mato Grosso do Sul fora da área de estudo, levantamento que foi extrapolado neste trabalho. No entanto, é clara a interação intermunicipal de propriedades em todos os 7 Municípios do Pantanal Sul, principalmente em Aquidauana, Corumbá e Coxim.

Confirmando a reestruturação produtiva iniciado na década de 1990, o cenário tradicional dos antigos criadores vem sendo modificado por novos atores: herdeiros das fazendas que “tocam o negócio da cidade” e indivíduos e instituições que gerenciam a atividade de forma remota (Araujo, 2006).

Surge assim um contexto de múltiplas territorialidades (Haesbaert, 2004) que reflete as relações de poder atuantes no espaço da pecuária bovina, com territórios que se mantêm como a criação bovina das famílias “Pioneiras” do início do século XX e os novos agentes “de fora”, como cooperativas, empresas agropecuárias, bancos, *holdings* e organizações não governamentais (ONG’s) que empreendem a pecuária bovina de corte no Pantanal Sul Mato-Grossense.

Esta multiplicidade de territórios revela as articulações da atividade com novos mercados, diferentes lugares e consumidores mais exigentes, como o sistema de criação orgânico e de animais precoces. Essas produções mostram uma pecuária pantaneira para além dos bezerros e bois magros criados em sistemas menos intensificados, posicionando o Pantanal como um *player* em mercados de maior valor agregado, que fazem uso de tecnologias modernas e ao carregarem a “marca” Pantanal, manifestam iniciativas na linha do paradigma da sustentabilidade, como a valorização cultural e ambiental (Vargas, 2009; Araujo et al., 2014).

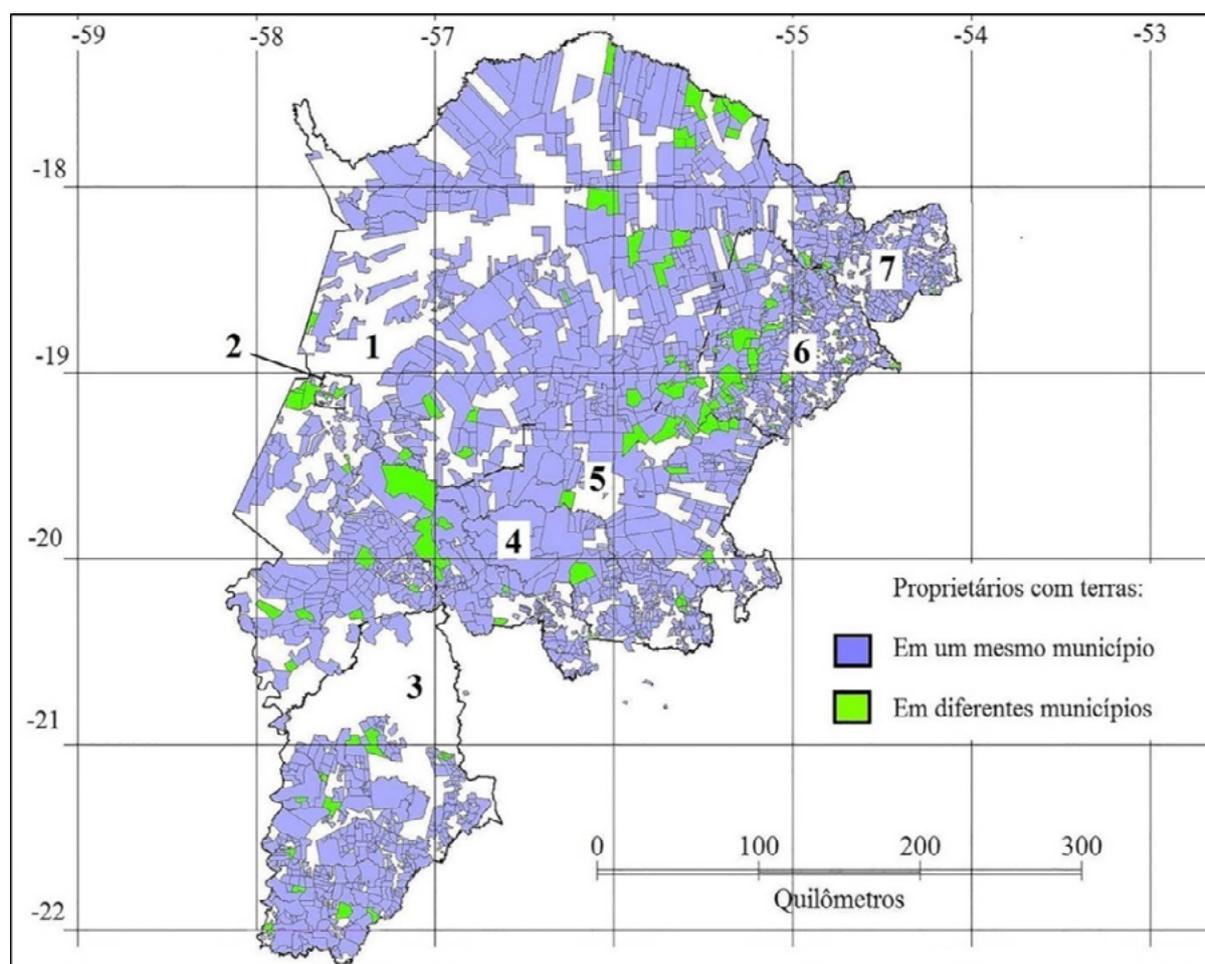


Figura 2. Localização das propriedades rurais segundo a condição de posse em mais de um município do Pantanal Sul. Fonte: Acervo Fundiário do INCRA (2016). Dados compilados e organizados pelos Autores.

A **Figura 3** apresenta a espacialização de fazendas de propriedade de pessoas jurídicas e físicas, e as terras do poder público no Pantanal Sul, evidenciando um cenário de múltiplos territórios e territorialidades. É notável que as propriedades de posse de pessoas jurídicas são na sua maioria grandes e pontuais em todos os 7 Municípios da área de estudo, com destaque para Miranda (Município 4), além da concentração em regiões como centro e sudoeste de Aquidauana e centro e sul de Porto Murtinho. Conforme também apresentado na referida **Figura 3**, a posse de pessoas físicas está fortemente presente em toda a área de estudo, indicando que o Pantanal Sul é um espaço privado, argumento reforçado pela baixa ocorrência de terras do poder público.

Apesar da tendência crescente do transporte por caminhões, seja no envio para outros criadores ou na venda direta aos frigoríficos, o deslocamento a pé via Comitivas Boiadeiras é predominante (D'Oliveira et al., 2014). As principais formas de escoamento da produção são o transporte “a pé” e o rodoviário, além de outras de menor expressão, como o transporte fluvial e o ferroviário, tomando como exemplo Corumbá, no ano de 2014, segundo dados da IAGRO (2015), foram deslocados 495.995 bovinos a pé e 379.676 por transporte rodoviário.

Somente em 2014 saíram a pé do Pantanal Sul 891.734 bovinos (IAGRO, 2015). Nas viagens em Comitivas, as distâncias percorridas chegam a centenas de quilômetros e podem demorar meses. A condução da boiada é feita por peões experientes e conhecedores do ambiente, que ao longo dos trajetos “usam” os Pousos, locais estabelecidos em fazendas de criação que funcionam como pontos de parada, para descansar e reabastecer para seguirem viagem pelas

estradas e caminhos. A existência desses “Pousos” expressa um elemento cultural da criação bovina pantaneira que se mantém até os dias de hoje.

A **Figura 4** apresenta os locais utilizados como Pousos ou Embarcadouros nos Municípios do Pantanal Sul. Este elemento da atividade configura um outro território nesses espaços, um território-rede formado por todos esses pontos, compartilhado senão com outras Comitivas coincidentes, ao menos com o proprietário de cada local, configurando uma forma de apropriação temporária e também simbólica do território, não relacionada à posse da terra.

Conforme apurado junto à IAGRO e aos produtores locais, cada propriedade que atua como um Pousou ou Embarcadouro disponibiliza corredor de trânsito e descanso dos rebanhos, o que envolve pastagens e água potável. Tais práticas não envolvem pagamentos ou acordos oficiais e simbolizam iniciativas autônomas e possíveis atuações sociopolíticas de agentes que acabam tendo visibilidade por tal feito.

Na **Figura 4** se destacam a localização central dos Pousos de Corumbá e, nos demais Municípios, nas regiões de borda do Pantanal. Este arranjo sugere o comportamento do território “em movimento” das Comitivas Boiadeiras, que se “territorializam” nos Pousos situados no centro de Corumbá, vindos das áreas mais periféricas da Planície, se utilizando desses locais para descanso e seguirem viagem. Da mesma forma, a concentração de Pousos dos demais Municípios nas regiões de borda da transição Planície/Planalto confirma a lógica territorial de ir e vir para além do Pantanal Sul, em direção aos demais Municípios de terras altas do estado de Mato Grosso do Sul.

Outras formas da territorialidade da pecuária do Pantanal Sul que indicam a apropriação de espaços produtivos, em detrimento do território como posse, são as chamadas redes de solidariedade entre os criadores tradicionais (Banducci Junior, 2007) e o uso de Retiros. Essas redes, segundo Banducci Junior (2007), se manifestam no acesso e no uso comum de espaços privados, como o empréstimo e aluguel de pastos quando necessários, configurando a pecuária como um elemento da formação sociocultural da região. Retiros são construções rústicas e remotas, dispersos nas vastas áreas das fazendas de criação, que funcionam como ponto de apoio e possibilitam o uso por quem passa por aquela área.

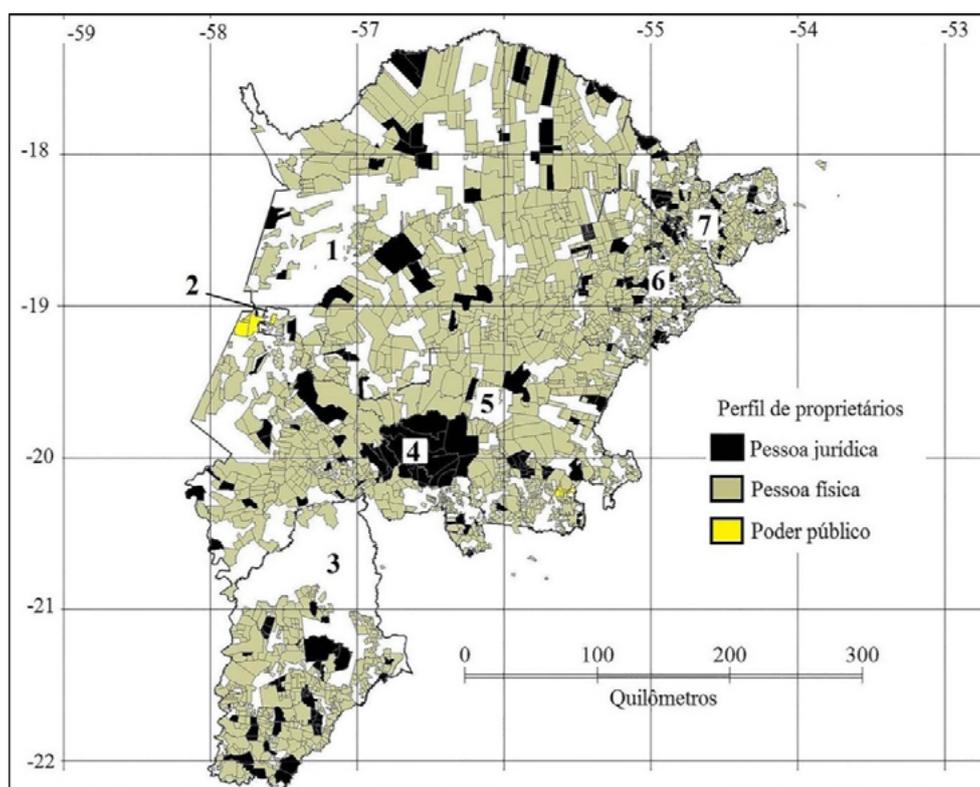


Figura 3. Localização das propriedades rurais segundo o perfil dos agentes proprietários nos municípios do Pantanal Sul. Fonte: Acervo Fundiário do INCRA (2016). Dados compilados e organizados pelos Autores.

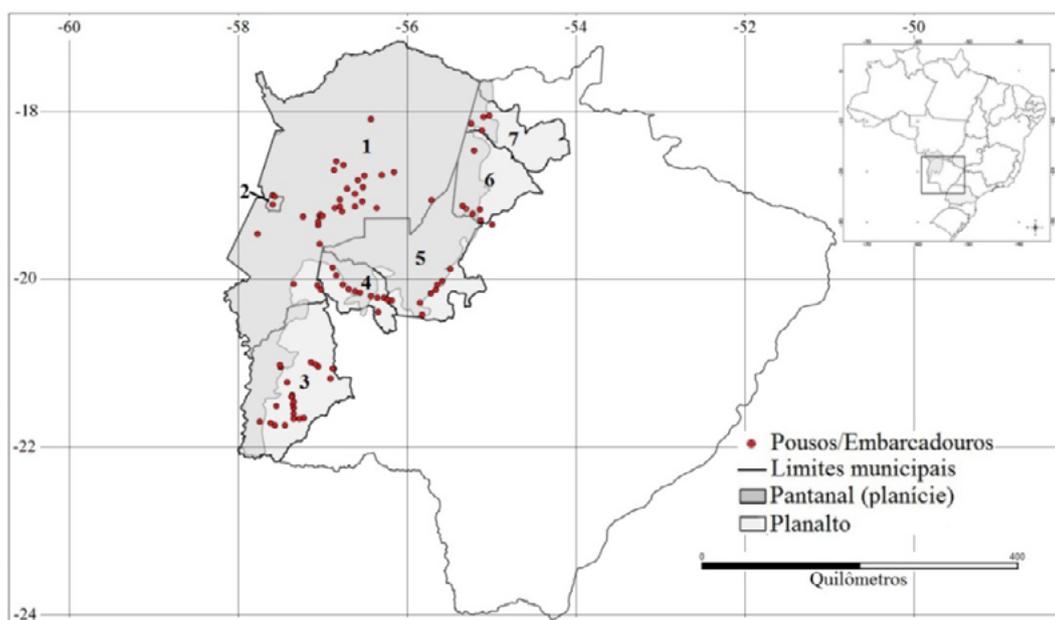


Figura 4. Localização dos locais utilizados como Pousos de Comitivas Boiadeiras e/ou Embarcadouros no deslocamento dos bovinos de corte nos Municípios do Pantanal Sul. Fonte: IAGRO (2016). Dados compilados e organizados pelos Autores.

Finalmente, o arrendamento de terras para a criação bovina é uma prática que pode caracterizar outra forma territorial da pecuária pantaneira atual. A prática foi verificada em campo e

obteve um crescimento substancial a partir da década de 1990, considerada como um fator que permitiu a intensificação da produção, representado a chegada de novos agentes e estabelecendo, por um lado, uma situação de geração de renda para muitos proprietários descapitalizados ou herdeiros das antigas fazendas e que não atuam na atividade. Por outro lado, em termos territoriais, representa uma dinâmica de apropriação do território material ao possibilitar que indivíduos que não tem a tradição familiar da pecuária se insiram na atividade, sem a necessidade de adquirir fazendas (Araujo, 2006). Em arrendamentos, a pecuária pantaneira se manifesta dinâmica no tempo e no espaço, feita sem a posse da terra, e sim, pelo domínio e apropriação temporários.

5. Conclusões

As representações cartográficas produzidas do espaço “usado” pela pecuária bovina de corte no Pantanal Sul permitiram a visualização do cenário atual de multiplicidade de agentes e de formas territoriais da atividade na região. Os perfis identificados sugerem diferentes formas de gestão, como o criador tradicional do Pantanal, cooperativas, empresas agropecuárias, *holdings* e ONG’s. Foi observada a predominância da posse de pessoas físicas na região, validando a manutenção da estrutura familiar tradicional no Pantanal, seguida pela posse de pessoas jurídicas em menor número, além da presença praticamente irrisória de terras públicas, o que caracteriza o Pantanal Sul como um espaço ainda essencialmente privado.

Em relação à organização territorial desses atores foram identificadas formas descontínuas no espaço e no tempo, como rede de propriedades e a ocupação temporária de espaços em razão do movimento de Comitivas Boiadeiras. Tais formas revelaram articulações sócio-espaciais multiescalares que extrapolam as sub-regiões de Planícies e Planaltos, bem como os limites municipais.

O uso de geotecnologias para a espacialização das informações foi útil e adequado. Como perspectiva do estudo, pretende-se a realização de análise espacial integrada das variáveis fundiárias, como tamanho das propriedades, com outras informações socio-produtivas, o que permitirá a identificação de padrões e processos da dinâmica atual da pecuária pantaneira.

6. Agradecimentos

Agradecemos ao Sr. Cláudio Ferro Júnior, do INCRA do Estado de Mato Grosso do Sul, pela colaboração no entendimento da base de dados; aos médicos veterinários Suzana Ortega e Roberto Bueno pela gentileza no envio dos dados de trânsito animal da IAGRO; à engenheira agrônoma Olinda B. M. de Souza, egressa da Secretaria de Produção e Turismo do Estado de Mato Grosso do Sul pelas discussões, leituras e apontamentos; e ao *webdesigner* Claudinei de Camargo do Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais pelo tratamento das figuras.

7. Referências

Abreu, U. G. P.; Mcmanus, C.; Santos, S. A. Cattle ranching, conservation and transhumance in Brazilian Pantanal. Pastoralism. **Research, Policy and Practice**, v. 1, p. 99-114, 2010.

Araujo, A. P. C. **Pantanal, um espaço em transformação**. 2006. 315 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

Araujo, A. P. C.; Vargas, I. A. D.; Bicalho, A. M. D. S. M. As tradicionais fazendas de gado do Pantanal Mato-Grossense e a ordem espacial. In: Araujo, A. P. C.; Vargas, I. A. de (Ed). **Dinâmicas do Rural Contemporâneo**. Campo Grande: EDUFMS, 2014. p. 231-250.

Banducci Junior, A. **A natureza do Pantaneiro: Relações sociais e representação de mundo no “Pantanal da**

Nhecolândia. Campo Grande: EDUFMS, 2007. 224 p.

Brasil. Ministério da Agricultura e Abastecimento MAPA. **Valor Bruto da Produção Pecuária de Mato Grosso do Sul – 2015.** Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/ministerio/gestao-estrategica/valor-bruto-da-producao>>. Acesso em: 20 out. 2015.

Brasil. Instituto de Planejamento Econômico e Social. Setor de Desenvolvimento Regional (IPEA). Instituto de Planejamento (IPLAN). **Características e Potencialidades do Pantanal Matogrossense. Série estudos para o planejamento.** Demóstenes S. Silvestre Filho e Nilton Romeu (trabalho básico), Brasília, n. 10, 1973. 220 p.

Cadavid García, E. A.; Castro, L. H. R. Análise da frequência de chuvas no Pantanal Mato-Grossense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 9, p. 909-925, 1986.

Coelho Neto, A. S. Componentes definidores do conceito de território: a multiescalaridade, a multidimensionalidade e a relação espaço-poder. **GEOgraphia**, Niterói, v. 15, n. 29, p. 23-52, 2013.

D'Oliveira, M. C.; O, M. I. L.; Corrêa Filho, R. A. C.; Moraes, M. D. G.; Ítavo, C. C. B. F.; Franco, G. L. Effects of road transportation or driving on the weight and metabolism of young bulls. **Tropical Animal Health and Production**, v. 46, p. 1447-1453, 2014.

Euclides Filho, K. A pecuária de corte no Cerrado brasileiro. In: Faleiro, F. G.; Farias Neto, A. L. (Eds). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 612-644.

Haesbaert, R. Território e multiterritorialidade: um debate. **GEOgraphia**, Niterói, v. 09, n. 17, p. 19-46, 2007.

Haesbaert, R. **O Mito da desterritorialização: do “fim dos territórios” à multiterritorialidade**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004. 395 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 2014. **Pesquisa da Produção Pecuária Municipal (PPM)**, 2015. Disponível em: <www.ibge.br>. Acesso: 2 dez. 2015.

Lefebvre, H. **Espaço e Política.** Belo Horizonte: UFMG, 2008. 180 p.

Moraes, A. S. **Pecuária e conservação do Pantanal: análise econômica de alternativas sustentáveis - o dilema entre benefícios privados e sociais.** 2008. 265 p. (CCSA). Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.

Padovani, C. R. **Dinâmica Espaço-Temporal das Inundações do Pantanal.** 2010. 174 p. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

Santos, L. D. S.; Zamparoni, C. A. G. P.; Soares, J. C. D. O. O ritmo pluviométrico na região de Cáceres-MT no período compreendido entre a série histórica de 1971 a 2010. **Revista Geonorte**, v. 1, n. 5, Ed. Especial 2, p. 1091 - 1102, 2012.

Santos, I. A., Franco, N. J. N. Uso do Índice Mensal da Oscilação Antártica para Avaliação de algumas interações com a Circulação Troposférica na América do Sul e Oceanos Próximos. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16, 2010. Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2010. p. 1-5.

Santos, S. A.; Pellegrin, A. O.; Moraes, A. S.; Barros, A. T. M.; Comastri Filho, J. A.; Sereno, J. R. B.; Silva, R. A. M. S.; Abreu, U. G. P. **Sistema de produção 01: Sistema de Produção de Gado de Corte do Pantanal.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2002. p. 21-35

Silva, J. S. V.; Abdon, M. M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, p. 1703-1711, 1998.

Souza, C. B. M. **A bovinocultura de corte do estado de Mato Grosso do Sul: evolução e competitividade.** 2010. 194 p. Dissertação (Mestrado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

Souza, M. L. “Território” da divergência (e da confusão): em torno das imprecisas de um conceito fundamental. In: Castro, I. E. et al. (Orgs.). **Geografia: Conceitos e Temas**, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. p. 77-116.

Vargas, I. A. D. **Porteiras assombradas do paraíso: embates da sustentabilidade socioambiental do Pantanal.** Campo Grande: EDUFMS, 2009. 304 p.



Análise da temperatura da superfície terrestre associada à dinâmica do uso e ocupação do solo nos municípios de Belém e Ananindeua, Pará, Brasil

Adênio Miguel Silva da Costa 1
Paulo Eduardo Silva Bezerra 1
Rodrigo Silva de Oliveira 1

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA
Av. Presidente Tancredo Neves, 2501 - Caixa Postal 917
66077-530 - Belém, PA - Brasil
adenio.miguel@yahoo.com.br
pauloeduardoea@gmail.com
rodrigo_so7@hotmail.com

Resumo: O desenvolvimento urbano ocorrido, principalmente, a partir da década de 1970 na maioria das grandes cidades brasileiras levou a modificações significativas sobre a cobertura vegetação natural dessas áreas. O avanço desse processo nas décadas posteriores para as cidades adjacentes, devido à falta de planejamento, intensificou as mudanças sobre o uso do solo urbano. Uma das principais consequências da não preservação dos remanescentes florestais, aliada a verticalização das cidades, é o aumento da temperatura da superfície, trazendo como consequências imediatas a formação de ilhas de calor e o desconforto térmico. A fim de estudar o progresso do fenômeno descrito, o presente trabalho objetivou analisar a temperatura da superfície terrestre e a dinâmica do uso e ocupação do solo nos municípios de Belém e Ananindeua, de forma multitemporal, nos anos de 1984, 1994, 2008 e 2015, com o auxílio de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. A metodologia proposta utilizou-se das bandas 3, 4 e 5, do sensor TM/Landsat-5 e 4, 5 e 6 do OLI/Landsat-8, para determinação dinâmica do uso e ocupação, além das bandas do infravermelho termal 6 e 10, dos sensores TM/Landsat-5 e TIRS/Landsat-8. Os resultados evidenciaram aumento da temperatura da superfície, sobretudo nas áreas onde houve a substituição da vegetação densa por áreas fortemente urbanizadas, onde há a presença de solo exposto e construções (ruas, passarelas, praças, residências, prédios e outros).

Palavras-chave: uso do solo urbano, espaço geográfico belenense, Landsat-5, Landsat-8.

Abstract: The Urban development occurred mainly from the 1970s in most large cities led to significant changes on the natural vegetation coverage of these areas. The progress of this process to adjacent cities in the following decades due to lack of planning intensified the changes on the use of urban land. One of the main consequences of the not preservation of remaining forest in combination with vertical integration of cities, it is the increase in surface temperature, and this bring immediate consequences as the formation of heat islands and thermal discomfort. In order to study the progress of the phenomenon described the present study aimed to analyze the surface temperature, and the dynamics of the use and occupation of land in the municipalities of Belem and Ananindeua of multi-temporal form in the years 1984, 1994, 2008 and 2015, with the help of GIS and remote sensing techniques. The proposed methodology used the bands 3, 4 and 5 of the sensor TM/Landsat-5, and the bands 4, 5 and 6 of the sensor OLI/Landsat-8, for dynamic determination of the use and occupation of land. In addition, it was also used the bands of the thermal infrared 6 and 10 of the sensor TM/Landsat-5 and TIRS Landsat-8 sensors. The results showed the increased of surface temperature especially in areas where there was the replacement of dense vegetation by heavily urbanized area, where there is the presence of exposed soil and urban construction (streets, walkways, plazas, residences, buildings and etc.).

Key-words: urban land use, belenense geographical space, Landsat-5, Landsat-8.

1. Introdução

O desenvolvimento urbano ocorrido, principalmente, a partir da década de 1970 na maioria das grandes cidades brasileiras, de acordo com Carvalho (2002), levou a modificações significativas sobre a cobertura da vegetação natural dessas áreas. Essas mudanças na paisagem avançaram nas décadas posteriores para localidades adjacentes, que viriam a tornarem-se cidades. Na região norte, mais precisamente na área que compreende as cidades de Belém e Ananindeua, são expressas essas transformações e mudanças sobre o uso do solo, pois segundo Ponte et al. (2013), essa região tem uma formação peculiar, onde as redes viárias são responsáveis pela integração entre as cidades, assim uma malha urbanística altamente integrada compõem os bairros de Belém e outras vias baseadas em arteriais ligam parcelamentos urbanos com os centros dessas cidades, principalmente no que tange Belém, com diversas ocupações irregulares, áreas de baixada e conjuntos habitacionais dos mais diversos.

Segundo Souza e Júnior (2012), os centros urbanos são regiões de heterogeneidades. Essa premissa é dada pelas variadas classes, diferentes rendas e até mesmo pela cultura, refletidas na paisagem através de suas modificações. Ainda segundo Souza e Junior (2012), a sociedade urbana apresenta caráter fragmentador difundido nos diversos bairros de diferentes classes, que modificam a área segundo suas peculiaridades de arborização e acesso a localidades. Tal argumento enquadra a região de Belém e Ananindeua, onde Belém uma cidade histórica, com quatrocentos anos, não foi planejada visando um crescimento populacional como o encontrado hoje.

Todavia, Souza e Junior (2012) explicam que no espaço metropolitano os atributos humanos e do ambiente são somados, já que a paisagem é fruto das relações do homem com esse meio, e das pessoas entre si. Assim, gerando territórios, com diversos personagens e formas de acesso a terra, implicando, como dista Callejas et al. (2011) diretamente nas configurações termais da área, podendo gerar modificações de pressão, que irão interferir na circulação local, podendo provocar anomalias de precipitação ou eventos de temperaturas extremas. Para análise de tais implicações foi utilizado a técnicas de geoprocessamento de uso e cobertura do solo, pois do ponto de vista de Santos (2009) são elementos de predominância na formação de microclimas do espaço urbano; essas técnicas foram aliadas a identificação de temperatura de superfície terrestre, que segundo Weng (2009), é um importante indicador na investigação de mudanças termais no ambiente urbano.

Para o caso do bioma Pantanal, a análise associada entre a temperatura da superfície terrestre (TST) e o uso e ocupação do solo (UOS) em períodos distintos de tempo fornece uma

metodologia prática para a determinação das regiões de maior impacto antrópico; podendo levar em consideração os períodos de maior e menor índice pluviométrico.

2. Objetivo

O objetivo dessa pesquisa foi analisar as mudanças do UOS e o comportamento da TST nos municípios de Belém e Ananindeua, em períodos distintos de tempo, nos anos de 1984, 1994, 2008 e 2015, a partir do uso de geotecnologias, a fim de contribuir para gestão e o planejamento do espaço urbano.

3. Material e Métodos

Para atingir o objetivo proposto foram usadas imagens orbitais do sensor TM do satélite Landsat-5, através das bandas 3, 4 e 5, e do sensor OLI, nas bandas 4, 5 e 6 do Landsat-8, para o estudo da dinâmica do UOS, todas com resolução espacial de 30 metros. As imagens do Landsat-5 foram adquiridas através do Catálogo de Imagens do INPE e as do Landsat-8 através do site do serviço geológico dos Estados Unidos (USGS). Para análise da TST utilizou-se as bandas do infravermelho termal, correspondente 6 e 10 (resolução espacial de 100 metros), do Landsat-5 e 8 (sensor TIRS), respectivamente. As datas selecionadas foram 27/07/1984, 21/06/1994, 13/07/2008 e 02/08/2015; escolhidas por apresentarem reduzida cobertura de nuvens no quadrante sobre os municípios em questão. Os procedimentos descritos a seguir foram realizados com auxílio dos softwares ENVI® 4.7 e ArcGIS® 10.1.

3.1 Caracterização da área de estudo

A área de estudo deste trabalho encontra-se no estado do Pará, região norte do Brasil, e compreendem os municípios de Belém e Ananindeua, de 1.059,458 km² e 190,451 km², respectivamente com um total territorial de 1.250,031 km², segundo o IBGE (2016).

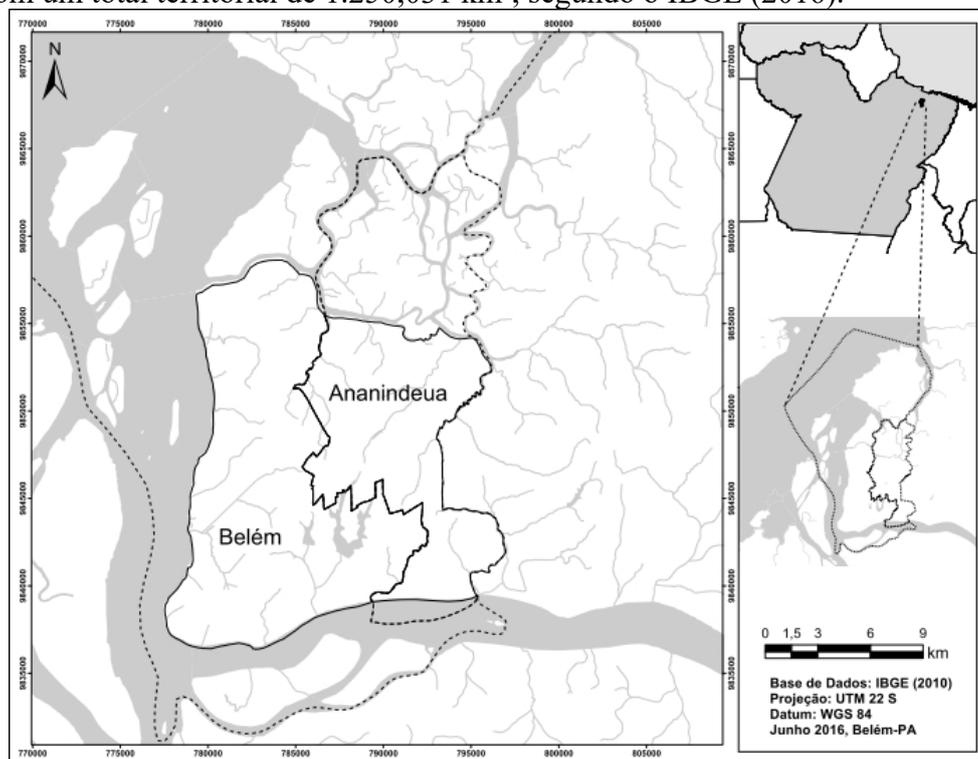


Figura 1. Localização de Belém e Ananindeua no estado do Pará, destacando as suas áreas continentais.

A cidade de Belém, de acordo com o IBGE (2016) tem uma história próxima ao próprio estado do Pará, pois se trata de uma cidade de 400 (quatrocentos) anos de idade e também uma das mais antigas e importantes do país. Sua fundação data de 12 de janeiro de 1616. Sua localização está nos pontos de latitude 01°27'22" Sul e longitude 48°30'14" Oeste. Possui uma população, segundo o censo demográfico de 2010, de 1.393.399 habitantes.

Segundo as informações históricas do IBGE (2016), Ananindeua é um município formado por ribeirinhos, com formação a partir da Estrada de Ferro de Bragança. A prefeitura de Ananindeua (2013) relata que o município é o segundo maior em termos populacionais com 471.980 habitantes. Sua fundação municipal data de 30 de dezembro de 1943, mas suas origens remetem a meados XIX. Sua localização encontra-se nos pontos de latitude 01°21'57" Sul e longitude 48°22'19" Oeste.

A área de estudo é formada por uma região insular e por outra continental. Belém possui trinta e nove ilhas e Ananindeua nove, de acordo com Silva (2010). As informações de UOS e TST quantificadas neste trabalho, tanto em km² quanto em porcentagem, tem como base a área continental, que corresponde a 176,40 km² para Belém e 106,23 km² para Ananindeua.

3.2 Processamento digital de imagens

Na fase inicial, o pré-processamento, foi feita a composição das bandas dos sensores TM e OLI, adotado o padrão de falsa cor natural com a associação de canais na forma R5G4B3 e R6G5B4, respectivamente. Essas bandas foram selecionadas devido apresentarem as seguintes características.

Tabela 1. Principais características das bandas dos sensores TM, OLI e TIRS.

TM	OLI/TIRS	CARACTERÍSTICAS
BANDAS		
3	4	Utilizada para análise de diferenciação de espécies vegetais, por apresentar a propriedade de absorção de clorofila.
Visível vermelho		
4	5	Utilizada para a demarcação de redes de drenagem e de corpos d'água e diferenciar certos tipos de vegetação em análises de rugosidade.
Infravermelho próximo		
5	6	É utilizada para análises de saúde da vegetação, especialmente sobre a escassez de água, devido sua boa resposta ao teor de umidade da vegetação.
Infravermelho médio		
6	10	Utilizada para caracterizar respostas de natureza térmica de elementos da superfície terrestre.
Infravermelho termal		

Fonte: Elaborado com base em Fitz (2008).

Após esta etapa inicial realizou-se o necessário georreferenciamento das imagens geradas pela composição, com o objetivo de corrigir distorções geométricas, a partir de adaptações da metodologia apresentada em Silva et al. (2012), pelo método de registro *Image to Image* (Imagem para Imagem). A imagem base usada para a ortorretificação foi adquirida através do Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental – Módulo Público (SIMLAM Público), com data de 01/08/2009, da Secretária de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMAS) do estado do Pará.

O processo foi efetuado através da coleta de 20 (vinte) GPC (*Ground Control Points*), distribuídos ao longo de toda a cena, ocasionado erros de 0,773761, 0,642297 e 0,787293, respectivamente, para as imagens anteriormente citadas. Observa-se que os erros gerados foram menores do que um *pixel* para todos os casos, sendo essa considerada uma excelente margem de erro. Em seguida foi feito o recorte das imagens para uma área que englobasse aproximadamente o território dos municípios da RMB, pois, as características da vegetação dessa área são semelhantes, facilitando a identificação das feições durante a etapa de classificação.

3.3 Classificação de imagens orbitais

A classificação de uma imagem orbital está relacionada a identificar certos elementos de uma classe pré-definida de feições do espaço geográfico. Os métodos de classificação de imagens multiespectrais da superfície terrestre podem ser enquadrados em dois tipos distintos: o *método supervisionado* e o *não-supervisionado* (FITZ, 2008). Ainda de acordo com o autor, o método de classificação supervisionada baseia-se na seleção de amostras de treinamento determinadas pela escolha de polígonos nas imagens, os quais contêm *pixels* com valores de reflectância representativos das feições escolhidas. Sendo assim, no referido trabalho optou-se por empregar o método de classificação supervisionada, devido ao conhecimento suficiente da área e da experiência com o método escolhido.

O método classificação supervisionada de máxima verossimilhança (Max-Ver) se caracteriza pela seleção de amostras de áreas representativas das feições identificadas numa região, onde, através de análises estatísticas o algoritmo calcula a probabilidade de cada *pixel* pertencer a uma das feições determinadas (FITZ, 2008). As regiões de interesse, chamadas de ROI (*Region of Interest*), das classes de UOS foram selecionadas e um mapa temático com a classificação final foi gerado.

Após a classificação o *software* gera uma matriz de confusão, onde é possível verificar quantos *pixels* foram classificados fora de sua classe e a partir disso calcular a precisão global da classificação. Além disso, é calculado o coeficiente *Kappa*, que mede a precisão da classificação, variando de 0 a 1, sendo mais próximo da unidade os valores de melhor classificação (Congalton, 1991). Para todas as datas a precisão foi acima de 99 % e o coeficiente *Kappa* maior do que 0,9. Vale ressaltar as datas de aquisição das imagens, sendo todas posteriores ao período de maior precipitação pluviométrica na região, que vai de janeiro a junho, com pico em março, sendo assim a vegetação estava em sua fase mais vigorosa.

Sobre as imagens geradas pela classificação foi aplicado o recurso de pós-classificação chamado *Majority/Minority Analysis* (Análise Maioria/Minoria). A análise de maioria possibilita que *pixels* espúrios localizados dentro de uma classe predominante sejam substituídos, tornando-se parte dessa classe, isso faz com que a classe como um todo fique mais homogênea.

Para compor está parte da pesquisa foram selecionadas quatro classes de UOS, que são: Vegetação densa, Formações secundárias, Área antropizada e Água.

Tabela 2. Descrição das classes de UOS selecionadas.

CLASSES	DESCRIÇÃO
Vegetação Densa	Nesta classe está inserida a vegetação arbórea nativa, localizada, principalmente, nas margens dos cursos d'água onde a ação antrópico é menos intensa.
Formações Secundárias	Áreas com vegetação secundária, em estágios iniciais e intermediários de regeneração natural, formações arbustivas e rasteiras, as áreas de agricultura, os campos naturais.
Área Antropizada	Áreas urbanizadas, constituídas por construções, áreas com solo exposto, abrangendo os afloramentos rochosos, áreas quartzosas e os diversos tipos de solos.
Água	Refere-se aos corpos d'água presentes na área de estudo (rios, lagos, canais, áreas alagadas), passíveis de identificação pela resolução espacial do sensor.

3.4 Temperatura da superfície terrestre

Para a análise da temperatura de superfície foi utilizada a metodologia de Coelho e Correa (2013). Primeiramente, para a extração da TST foi utilizada a banda do infravermelho termal 6 e 10 do Landsat-5 sensor TM e do Landsat-8 sensor TIRS, respectivamente. Segundo Pires e Junior (2015) os satélites Landsat possuem bandas que operam na região do infravermelho termal, permitindo estimar valores de TST sobre a superfície terrestre.

Para a geração do mapa termal, foi realizado o recorte da imagem termal na área de estudo

e posteriormente foi realizada a conversão dos níveis de radiância e da temperatura de Superfície em Kelvin, por meio das equações (1) e (2), de acordo com o exposto em Coelho e Correa (2013).

$$L_{\lambda} = M_L \cdot Q_{cal} + A_L \quad (1)$$

Sendo, L_{λ} : Radiância Espectral do sensor de abertura em $W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$; M_L : Fator multiplicativo de redimensionamento da banda termal; Q_{cal} : Valor quantizado calibrado pelo *pixel* em DN=imagem banda termal; A_L : Fator de redimensionamento aditivo específico da banda termal.

Depois da obtenção dos valores em radiância, foi utilizada a equação (2) para análise da temperatura em Kelvin.

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (2)$$

De forma que, T : Temperatura efetiva no satélite em Kelvin (K); K_2 : Constante de calibração 2 em Kelvin; K_1 : Constante de calibração 1 em Kelvin.

Após a aquisição da temperatura em Kelvin, o valor da TST foi subtraído de 273,15 (valor absoluto em Kelvin) para a determinação da Temperatura em graus Celsius ($^{\circ}C$). A mesma metodologia foi utilizada para a determinação da TST para a Landast-5 e 8.

4. Resultados e Discussão

4.1 Dinâmica do uso e ocupação do solo

Com a análise do UOS em períodos distintos de tempo (multitemporal) foi possível constatar a dinâmica da cobertura vegetal e o avanço do processo de urbanização em Belém e Ananindeua. Já no período inicial da análise, em 1984, Belém possuía somente 22,66 % e Ananindeua 37,58 % de sua cobertura vegetal original, correspondendo a 39,98 km^2 e 39,91 km^2 , respectivamente. As formações secundárias representavam 19,80 % e 25,35 % dos municípios e as áreas antropizadas 55,43 % e 36,05 %, nessa ordem. Os gráficos da **Figura 1** mostram a quantificação das classes para os demais períodos estudados.

O principal fenômeno que observamos a partir das informações da **Figura 2** é que, durante o período estudando, houve a progressiva substituição das áreas de formações secundárias por áreas de densa ocupação antrópica, que chamamos de áreas antropizadas. Além, é claro, de perda de remanescentes florestais de vegetação densa. Na última data avaliada observou-se certo aumento das classes de vegetação densa e formações secundárias, porém, foi um crescimento mínimo, não podendo ser afirmado que se concretizará numa tendência para os próximos anos. Verificando a **Figura 3** a seguir podemos identificar espacialmente onde esse fenômeno ocorre.

Os resquícios de vegetação densa presentes na porção sul das cidades, em sua maioria, fazem parte de unidades de conservação presentes nessa região, como o Parque Estadual do Utinga (PEUt), onde estão os mananciais de abastecimento de água, a Área de Proteção Ambiental da RMB e a Reserva da Vida Silvestre Metrópole da Amazônia. Os demais remanescentes florestais são encontrados ao longo das margens de cursos d'água, como no Furo do Maguari, na porção norte de Ananindeua e dos rios principais das bacias hidrográficas urbanas do local.

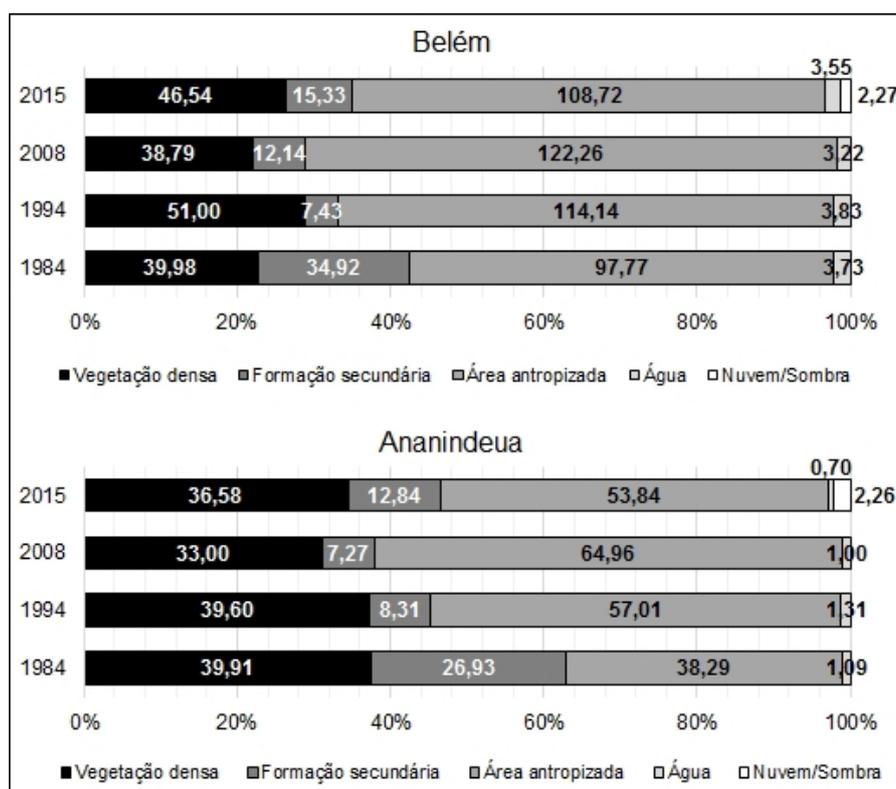


Figura 2. Distribuição das classes de UOS em Belém e Ananindeua, em km² e porcentagem.

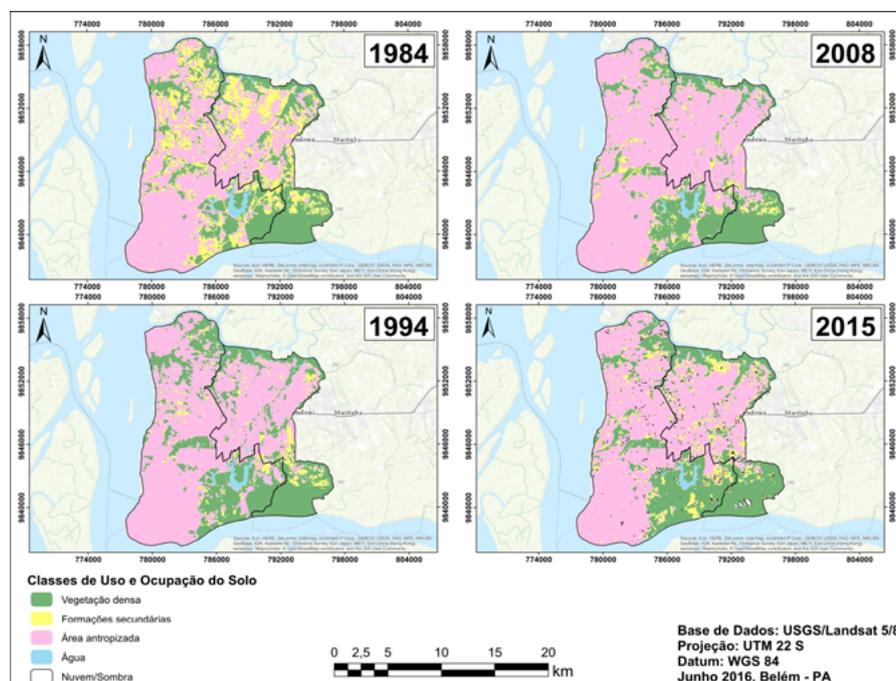


Figura 3. Espacialização das classes de UOS.

4.2 Análise da temperatura da superfície

De acordo com a Figura 4, percebeu se que houve um aumento considerável da TST no período estudado, destacando principalmente os anos de 2008 e 2015, pois apresentaram as maiores

temperatura de superfície em relação aos outros anos analisados nessa pesquisa. Haja vista que no ano de 2015 a temperatura máxima foi de 31 °C, tendo um aumento de aproximadamente de 4 °C em relação ao ano de 1984. Isso pode ser explicado devido ao aumento considerável dos aglomerados urbanos, no qual propicia o surgimento de ilhas de calor. De acordo com Callejas et al. (2011) a ilhas de calor refere se ao aquecimento da superfície urbana decorrentes do processo de urbanização no qual traz como consequência a perda do conforto térmico da região.

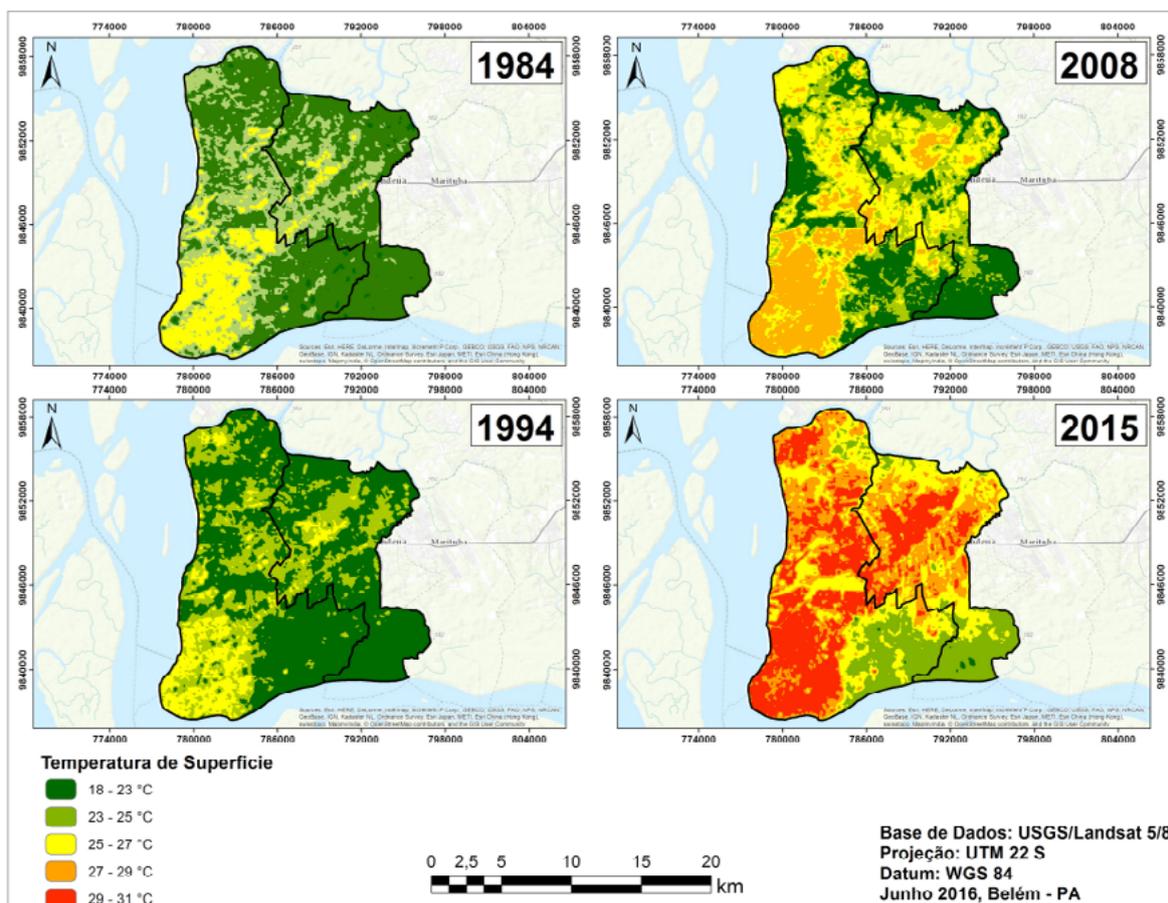


Figura 4. Mapa de temperatura de Superfície do município de Belém e Ananindeua.

De acordo Pacheco, Bastos e Creão (2009), no Boletim Agrometeorológico de Belém, foi detectado que no ano de 2008, a cidade de Belém apresentou as maiores temperaturas do ar em relação ao período de 1967 a 2007. Para o ano de 2015, foi detectado a presença do fenômeno do el niño na região que segundo Correa (2011) ocasiona uma diminuição da precipitação e aumento de secas, contribuindo para que haja um aumento da TST. Outro ponto importante, é que segundo Marengo et al (2009) o desmatamento na Amazônia vem ocasionando uma redução significativa na precipitação e na evapotranspiração resultando no aumento da temperatura do ar e da superfície terrestre.

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet), **Figura 5**, observou se que as maiores temperaturas médias do ar foram detectadas no ano de 2008 e 2015, que analisando os meses de Julho e Agosto, os mesmos meses da análise da TST, apresentaram uma temperatura média de 27,1 °C e 27,8 °C, respectivamente. Analisando a temperatura média de superfície, **Figura 5**, percebeu se que não houve discrepância nos resultados encontrados em comparação com a temperatura do ar, haja vista que as maiores TST média apresentaram 27 °C na cidade de

Belém, valores bem próximos aos da Temperatura do ar.

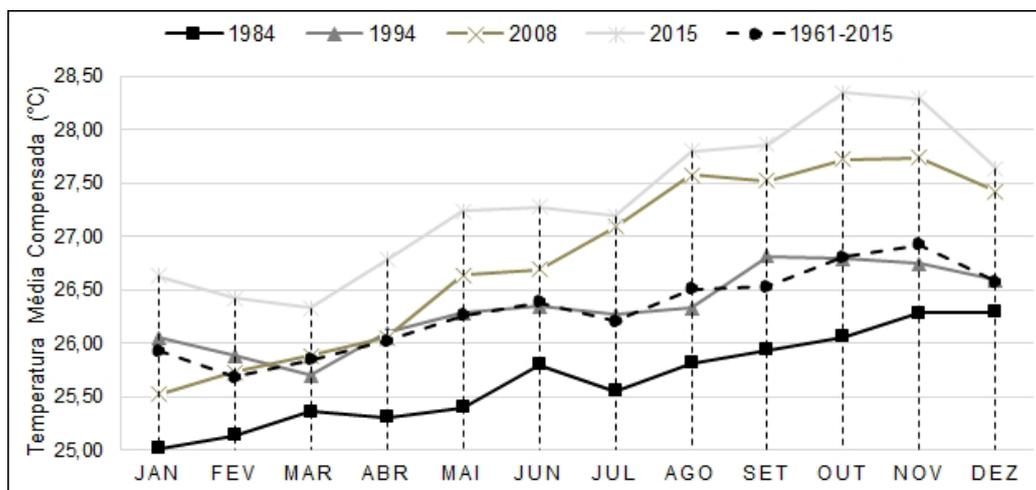


Figura 5. Mapa de temperatura média compensada do município de Belém e Ananindeua. Fonte: INMET.

Ao analisar os mapas de uso do solo e TST, **Figura 3 e 4**, constatou se que as maiores temperaturas ficaram concentradas na classe área antropizada em todas as imagens analisadas, que de acordo com a **Figura 6** apresentaram uma TST média 26 °C e 27 °C em Ananindeua e Belém no ano de 2015, respectivamente. Essa classe possui como umas de suas características o solo exposto sem cobertura vegetal, que normalmente apresentam altas elevações térmica e consequentemente altas temperaturas devido a área de exposição à radiação solar. Os menores valores TST médias foram encontrados nos anos de 1984 e 1994 tanto na cidade de Belém e Ananindeua, principalmente nas classes de água e vegetação, haja vista que a cobertura vegetal evita a absorção e perdas de calor, apresentando menores temperaturas que as áreas urbanas e solo exposto.

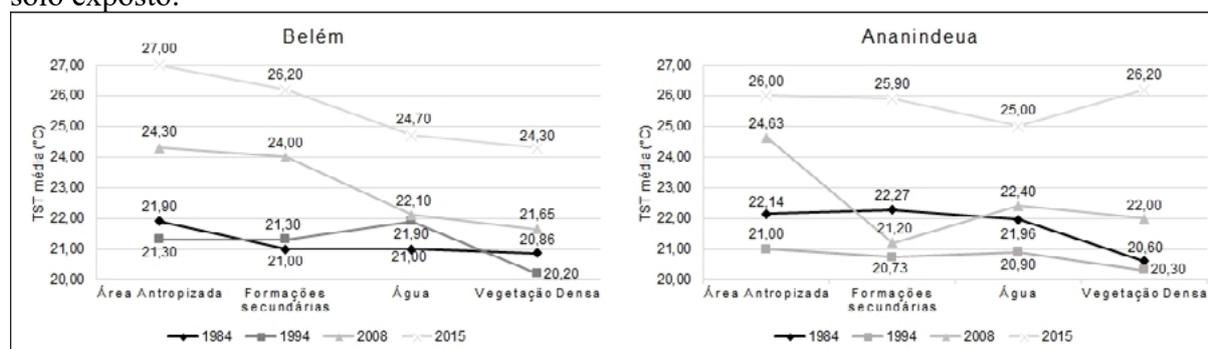


Figura 6. Mapa de temperatura de Superfície média do município de Belém e Ananindeua. Fonte: INMET; Dados da Pesquisa.

É importante salientar, que houve um aumento significativo nas áreas com elevadas temperaturas em comparação ao ano de 1984 a 2015, tanto na cidade de Belém e Ananindeua, de acordo com a **Figura 6**. Com isso, podemos destacar que com aumento da área antropizada na região houve um aumento da temperatura da superfície no qual pode afetar diretamente a qualidade de vida da população, pois quanto maior a TST maior será o desconforto térmico e de estresse devido ao calor, principalmente nos grandes centros urbanos, onde a temperatura de superfície é mais elevada.

5. Conclusões e sugestões

As mudanças constantes a qual está sujeita a paisagem onde o homem habita, ficam mais evidentes no cenário urbano. O modo de vida do ser humano, enquanto sociedade precisa e necessita alterar o espaço, para que este possa torna-se, na concepção moderna, um espaço agradável à vivência. O problema está na forma como os processos de transfiguração espacial ocorrem, pois nem sempre acontecem de maneira planejada e ordenada. Tal realidade é explicitada nas cidades de estudo deste trabalho, Belém e Ananindeua, onde uma população crescente, em busca de moradia e local para desenvolver as atividades econômicas, e um Estado ainda necessitado de estratégias de desenvolvimento territorial abre espaço sem levar em consideração o ambiente, o todo.

Essa prerrogativa traz consigo vários problemas de infraestrutura, ligados a saneamento, trânsito veicular, moradia irregular, logística, transporte, saúde e o alterações do clima local, relacionadas ao conforto térmico, segundo Callejas et al. (2011) impactando até mesma nas zonas de pressão, que interferem na circulação local do ar, que levam à anomalias de precipitação e, segundo Pacheco, Bastos e Creão (2009), à eventos de temperaturas muito elevadas, pois o problema não está no aumento da temperatura média em si, mas na intensificação de eventos de temperaturas extremas.

Saber como lidar com essa problemática é uma questão vital para o desenvolvimento. Quanto mais a sociedade avança, maior ficam suas exigências quanto um local para viver, e um local com problemas de conforto térmico prejudica tal concepção, além de ter impactos no microclima e em atividades econômicas, turísticas, industriais e trazer consequências negativas ao ambiente como um todo. O crescimento de estruturas habitacionais é algo que tem que ser acompanhado de perto pelo poder público, mas também o cidadão precisa ser atento a isso, pois tais construções também trazem prejuízos a este, não somente construções feitas pelas pessoas de menor poder aquisitivo, mas também por aquelas de maior, grandes edifícios em áreas proibidas ou inapropriadas, contribuem muito para a formação de ilhas de calor e aumento da TST. E não há como desenvolver sem pesquisar e estudar o local e as problemáticas, por isso é importante o apoio e a colocação em prática de projetos, que irão trazer melhor qualidade de vida, principalmente ligados ao conforto térmico, para a população dos centros urbanos.

Por fim, recomenda-se que estudos dessa natureza sejam conduzidos em ambientes como o do bioma Pantanal, onde o regime pluviométrico, o avançado da fronteira agrícola e outros fenômenos de natureza socioeconômica e ambiental interagem de forma irrestrita.

6. Referências

- Ananindeua. Prefeitura Municipal de Ananindeua. Decreto n. 15.163, de 12 de dezembro de 2012. **Homologa o Plano de Desenvolvimento Rural Sustentável para o Município de Ananindeua**. Diário Oficial, Ananindeua, PA, n. 1.624, 30 de jan. 2013. p. 3-14.
- Callejas, I. J. A. et al. Uso do solo e temperatura superficial em área urbana. **Revista Mercator**, v. 10, n. 23, p. 207-223, 2011.
- Carvalho, E. Cidades brasileiras, crescimento e desigualdade social. **ORG & DEMO**, v. 3, n. 3, p. 45-54, 2002.
- Coelho, A. L. N. Correa, W. S. C. Temperatura de superfície Celsius do sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, v.7, n.1, p. 31-45, 2013.
- Colgaton, R. G. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing Of Environment**, v. 37, n. 1, p. 35-46, 1991.
- Correa, L. V. **Análise dos efeitos térmicos de superfície na cidade de Belém-Pará-Brasil utilizando imagens de satélite**. 2011. 80 p. Dissertação (Mestrado Ciências Ambientais) - Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi e Embrapa, Belém, 2011.

Fitz, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Banco de Dados Agregados**. Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA). Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso 28 jun. 2016.

Marengo, J. et al. Global warming and climate change in Amazonia: climate-vegetation feedback and impacts on water resources. **American Geophysical Union**, v. 186. p. 273–292, 2009.

Pacheco, N. A.; Bastos, T. X.; Creão, L. G. C. **Boletim Agrometeorológico de 2008 para Belém, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 35p.

Pires, E. G. Junior, L. G. F. Mapeamento da temperatura de superfície a partir de imagens termais dos satélites Landsat 7 e Landsat 8. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17, 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 7421-7428. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://urlib.net/8JMKD-3MGP6W34M/3JJLLP2>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

Ponte, J. P. X. et al. Análise do índice de bem-estar urbano (Ibeu) local: Região Metropolitana de Belém-PA. In: Ribeiro, L. C. Q.; Ribeiro, M. G. (Orgs.). **Ibeu: índice de bem-estar urbano**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013. 264 p.

Santos, F. A. A. Análise do comportamento das condições térmicas do município de Belém (PA), por meio da combinação de dados observacionais e imagem de satélite. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 851-858. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://urlib.net/3ERPFQRTBW/3485PTL>>. Acesso em: 27 jun. 2016.

Silva, G. B. S. et al. **Procedimentos para correção geométrica de imagens de satélite**. Campinas, SP: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2012. 18 p.

Silva, S. B. **Belém e o ambiente insular**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia, 2010. 165 p.

Souza, S. B.; Júnior, L. G. F. Relação entre temperatura de superfície terrestre, índices espectrais e classes de cobertura da terra no município de Goiânia (GO). **RA'E GA**, v. 26, p. 75-99, 2012.

Weng, Q. Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: methods, applications, and trends. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 64, n. 4, p. 335-344, 2009.



REFERÊNCIAS

Exemplo de como referenciar trabalhos contidos nos Anais do 6º Simposio de Geotecnologias no Pantanal

Cruz, S. A. B. da; Silva, J. dos S. V. da.; Neves, S. M. A. da S. Proposta de uso de computação em nuvem em aplicações de zoneamento. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 6., 2016, Cuiabá, MT. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2016. p. 125-132. 1 CDROM. ISBN 978-85-17-00085-0.



PALAVRA-CHAVE

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

A

ACURÁCIA INTERNA	31
ACURÁCIA POSICIONAL	31
ACURÁCIA POSICIONAL PLANIMÉTRICA	124
AEDES AEGYPTI	768
AGRIBUSINESS	614
AGRICULTURA	594
AGRICULTURAL CENSUS	559
AGRICULTURAL FRONTIER	614, 692
AGRICULTURE	595
AGRICULTURE DYNAMICS	624
AGRICULTURE MODERNIZATION	837
AGRONEGÓCIO	613
AGROPECUÁRIA	594
ÁGUA	150
AIR POLLUTION	513
ALTIMETRIA	20
ALTIMETRY	21
ALTURA DE LÂMINA D'ÁGUA	453
AMAPÁ	48
AMBIENTE	778
ANÁLISE ESPACIAL	485
ANÁLISE HARMÔNICA	865
ANÁLISE VISUAL	549
APROVEITAMENTO DE RECURSOS	578
AQUIDAUANA-MS	603
ARAGUAIA	207
ÁREAS ISOLADAS	568
ÁREAS ÚMIDAS	172, 207, 529
AUTOMATIC PROCESSING	235
AVALIAÇÃO	47

B

BACIA DO ALTO PARAGUAI	327, 975
BACIA HIDROGRÁFICA	150, 307, 816, 926
BACIA URBANA	216

BALANÇO DE ENERGIA	197
BANCO DE DADOS	501
BARRAMENTOS	96
BASE CARTOGRÁFICA	47
BASIC MAPPING	579
BEEF CATTLE LIVESTOCK	443, 947
BELENENSE GEOGRAPHICAL SPACE	958
BIODIVERSIDADE AQUÁTICA	897
BIOMA PAMPA	529
BIOMA PANTANAL	464
BIOMAS	826
BIOMAS CERRADO-PANTANAL	897
BIOMES	827

C

CADASTRO AMBIENTAL RURAL	520
CANA-DE-AÇÚCAR	623
CANOPY EFFECT	317
CAR	976
CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS	216
CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS	307
CAR SYSTEM	721
CARTOGRAFIA	529, 980
CARTOGRAFIA BÁSICA	578
CARTOGRAFIA NÁUTICA	78
CARTOGRAFIA TEMÁTICA	255
CARTOGRAPHIC BASE	48
CARTOGRAPHY	530
CARTOGRAPHY MAPPING	569
CATTLE TRANSIT	443
CBERS-4	974
CBERS-4 SATELLITE	32
CENSO AGROPECUÁRIO	558
CERRADO	701, 702
CIDADE NO PANTANAL - MATO GROSSO	799
CITY IN THE PANTANAL-MATO GROSSO	800
CLIMATE CHANGE	513
CLIMATIC ZONING	476
CLOUD COMPUTING	134
COBERTURA	701
COBERTURA VEGETAL	180, 661
COMISSIONAMENTO	974
COMPUTAÇÃO EM NUVEM	133
COMUNIDADES RIBEIRINHAS	653

CONFLITOS DE USO	905
CONSERVAÇÃO AMBIENTAL	464, 661, 728
CONSERVATION UNIT	887
CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL	710
COTIJUBA	809
COVERAGE	702
CRÉDITO RURAL	876
CROP ZONING	134
CUIABÁ RIVER	406
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO	977

D

DADOS HIDROLÓGICOS	493
DAM	97
DAM SAFETY	86
DATABASE	502
DATA CONVERSION TECHNOLOGIES	579
DECOMPOSIÇÃO	67
DECOMPOSITION	68
DEFICIT	587
DÉFICIT	586
DEFORESTATION	595
DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	760
DEGRADAÇÃO BIOLÓGICA	969
DENGUE	768
DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO	642
DESMATAMENTO	594
DESTINO TURÍSTICO	799
DETECÇÃO DE CORPOS DE ÁGUA	426
DIGITAL ELEVATION MODEL	235
DIGITAL IMAGES	847
DINÂMICA	701
DINÂMICA DA AGRICULTURA	623
DINÂMICA FLUVIAL	276
DISSEMINAÇÃO DE INFORMAÇÕES	975
DOMESTIC SEWAGE	683
DOCTORADO	977
DRAINAGE	308
DRENAGEM	307
DRENAGEM URBANA	354
DRONES	972
DYNAMIC	702

E

ECOBATÍMETRO MULTIFEIXE	78
ECOLOGICAL SUCCESSION	225
EFEITO DOSSEL	316
EFLUENTES DE ESGOTO	710
EICHHORNIA CRASSIPES	224
ENERGY BALANCE	198
ENVIRONMENTAL CONSERVATION	465, 729
ENVIRONMENTAL CONTAMINATION	711
ENVIRONMENTAL DEGRADATION	761
ENVIRONMENTAL IMPACTS	810
ENVIRONMENTAL ISSUES	837
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT	827
ENVIRONMENTAL MONITORING	721
ENVIRONMENTAL PLANNING	634
ENVIRONMENTAL VULNERABILITY	465, 604
ÉPOCAS	586
EPOCHS	587
ERODIBILIDADE DOS SOLOS	297
ERODIBILITY	540
EROSÃO	265
EROSÃO LAMINAR	297
EROSION	761
EROSION PROCESSES	256, 328, 338
ESCALA	416
ESGOTO DOMÉSTICO	682
ESPAÇO	613
ESPAÇO GEOGRÁFICO BELENENSE	957
ESPAÇO URBANO	728
ESTADO DE MATO GROSSO	979
ESTIMAÇÃO DE PARÂMETROS	85
EVALUATION	48
EVAPOTRANSPIRAÇÃO	197
EVAPOTRANSPIRATION	198
EVENTOS	975
EVENTOS EXTREMOS DE CHEIA	442
EVENTOS SEVEROS	384
EXCEDENTE	586
EXTREME FLOOD EVENTS	443

F

FARMING	595
---------------	-----

FIRES	513
FITOFISIONOMIAS	972
FLOODING WATER LEVEL	454
FLOODPLAIN	21
FLOW	68
FORMAÇÃO RIBEIRINHA	150
FORTRACC	384, 385
FRAGMENTAÇÃO	750
FRAGMENTATION	751
FREE SOFTWARE	559
FRONTEIRA	549
FRONTEIRA AGRÍCOLA	613, 691
FRONTIER	550
FUSÃO DE IMAGENS	104
FUSION OF IMAGE	105
FUZZY LOGIC	114

G

GEOESTATÍSTICA	485
GEOMORFOLOGIA	224, 316
GEOMORPHOLOGICAL MAPPING	328
GEOMORPHOLOGY	225, 317
GEOPROCESSAMENTO	216, 345, 364, 520, 568, 603, 710, 768, 816, 846, 980
GEOPROCESSING	217, 346, 365, 569, 711, 769, 847
GEOPROCESSING	521, 604
GEOREFERENCING	181
GEORREFERENCIAMENTO	180
GEOSPATIAL	406
GEOSTATISTICS	486
GEOTECHNICAL	68
GEOTECHNICAL MAPPING	540
GEOTECHNOLOGY	97, 375, 465, 540, 595, 614, 683, 721, 729, 739, 761, 800, 810
GEOTECNIA	67
GEOTECNOLOGIAS	96, 276, 288, 374, 405, 433, 464, 539, 594, 613, 673, 682, 720, 728, 738, 760, 778, 799, 809, 897, 970, 976, 979, 980
GEOTECNOLOGIAS LIVRES	265
GESTÃO	364
GESTÃO AMBIENTAL	826, 970
GIS	235, 569, 817
GRAFOS	442
GRANIZO	384
GRAPHS	443
GREEN ROOFS	355

GRUPOS DE PESQUISAS	979
GVSIG	374

H

HAIL	385
HARMONIC ANALYSIS	866
HIDROGRAFIA	78, 124, 345
HIDROLOGIA	971
HIDROWEB	493
HIPSOMÉTRICO	20
HISTORICAL RECORDS	246
HYDROGRAPHY	79, 125, 346
HYDROLOGIC DATA	494
HYPSONETRIC	21

I

IMAGENS DIGITAIS	846
IMAGE PROCESSING	58, 114, 198, 417, 465, 634, 866, 937
IMPACTOS AMBIENTAIS	809, 897
INDEX SURVEY OF FAST AEDES AEGYPTI	769
INDICADORES DE QUALIDADE VISUAL	799
ÍNDICE DE PERDAS	374
INTERFEROMETRIA	47
INTERFEROMETRY	48
INTERNAL ACCURACY	32
INUNDAÇÃO	653, 673, 971, 973
INVERSE DISTANCE WEIGHTED	476
INVERSO DO PESO DA DISTÂNCIA	475
ISOLATED AREAS	569

J

JAURO CABAÇAL	180, 181
---------------------	----------

L

LAF 20	
LAGO UBERABA	224
LAKE UBERABA	225
LAMINAR EROSION	298
LAND ISSUES	837
LANDSAT	224

LANDSAT-5	957
LANDSAT-8	57, 58, 968, 957
LANDSCAPE	614
LAND USE	173, 817
LAND USE AND LAND COVER	142
LAVOURAS DE ARROZ	345
LEVANTAMENTO DE ÍNDICE RÁPIDO DO AEDES AEGYPTI	768
LINEAR REGRESSION	406
LIRAA	769
LÓGICA FUZZY	113
LOSS INDEX	375

M

MANAGEMENT	365
MANAGEMENT PLAN	887
MAPAS TEMÁTICOS	856
MAPEAMENTO	141, 594, 846
MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO	327
MAPEAMENTO GEOTÉCNICO	539
MAPPING	142, 595, 847
MATO GROSSO	691, 692, 836
MATO GROSSO DO SUL	947
MATO GROSSO DO SUL STATE	947
MDT	47
MESOESCALE CONVECTIVE SYSTEMS	385
MESTRADO	977
METHODOLOGY	68
METODOLOGIA	67
MÉTRICAS FENOLÓGICAS	969
MÍNIMOS QUADRADOS PONDERADOS	485
MNT	20
MODELAGEM DA EROSIÃO	288
MODELAGEM DE MAPAS	549
MODELING MAPS	550
MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO	234
MODIS	623, 973
MÓDULO BANCÁRIO	876
MONITORAMENTO	96, 976, 978
MONITORAMENTO AMBIENTAL	720
MONITORING	97
MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS	308
MUDANÇAS CLIMÁTICAS	512
MUDANÇAS NA PAISAGEM	661
MULTIBEAM ECHO SOUNDER	79

MULTIFONTE	558
MULTISOURCE GEODATA	559
MUNICIPAL PLANNING	887

N

NATURAL RESOURCES	721
NAUTICAL CARTOGRAPHY	79
NAVIGATION SAFETY	79
NDVI	191
NETWORKS	947
NEURO-FUZZY NETWORKS	866

O

OCCUPATION	702
OCUPAÇÃO	701

P

PADRÕES DE FREQUÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DE PONTOS	337
PAGAMENTO DE SERVIÇOS AMBIENTAIS HÍDRICOS	501
PAISAGEM	613, 778
PAMPA BIOME	530
PANTANAL	104, 113, 124, 172, 191, 207, 224, 245, 276, 288, 297, 298, 337, 405, 426, 549, 550, 568, 623, 642, 653, 673, 876, 905, 947, 971, 973, 979
PANTANAL BIOME	465
PANTANAL SUL	442
LAGO UBERABA	224
PARAGUAY RIVER	417
PARAMETER ESTIMATION	86
PARÂMETROS BIOFÍSICOS	969
PATTERN RECOGNITION	866
PATTERNS OF FREQUENCY AND DISTRIBUTION OF POINTS	338
PAYMENT FOR WATER ENVIRONMENTAL SERVICES	502
PECUÁRIA BOVINA	442
PECUÁRIA BOVINA DE CORTE	947
PESQUISA	980
PLANEJAMENTO	558, 799
PLANEJAMENTO AMBIENTAL	633, 970
PLANEJAMENTO CONSERVACIONISTA	288
PLANEJAMENTO E GESTÃO	728
PLANEJAMENTO MUNICIPAL	886
PLANEJAMENTO URBANO	738, 789
PLANIFICACIÓN URBANA	790

PLANIMETRIC POSITIONAL ACCURACY	125
PLANNING	559, 800
PLANNING AND MANAGEMENT	729
PLANO DE MANEJO	886
POBREZA RURAL	642
POLÍTICAS PÚBLICAS	613
POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	512
POSITIONING ACCURACY	32
PROCESSAMENTO AUTOMÁTICO	234
PROCESSAMENTO DE IMAGEM	113
PROCESSAMENTO DE IMAGENS	57, 197, 416, 433, 464, 633, 653, 865, 926, 936, 968
PROCESSOS EROSIVOS	255, 327, 337, 760
PUBLIC POLICY	614

Q

QGIS	265, 345, 493, 558, 936
QUALIDADE DA ÁGUA	405, 416
QUALIDADE GEOMÉTRICA	974
QUALIDADE RADIOMÉTRICA	974
QUALIFICAÇÃO TERRITORIAL	642
QUEIMADAS	512
QUESTÕES AMBIENTAIS	836
QUESTÕES FUNDIÁRIAS	836

R

RAPIDEYE	426
RECONHECIMENTO DE PADRÕES	865
RECUPERAÇÃO	969
RECURSOS HÍDRICOS	255, 364
RECURSOS NATURAIS	720
REDES	947
REDES NEURO-FUZZY	865
REGISTROS HISTÓRICOS	245
REGRESSÃO LINEAR	405
REGULARIZAÇÃO	520
REGULARIZATION	521
RELEVO	633
RELIEF	634
REMOTE SENSING ..	58, 86, 105, 114, 142, 192, 198, 317, 328, 476, 530, 729, 751, 827, 866, 937
RENOVAÇÃO	969
RESERVATÓRIO HIDRELÉTRICO	916
RESOURCE UTILIZATION	579
RESSACA	20

RICE FIELDS	346
RIO CORRENTES	276, 916
RIO CUIABÁ	405
RIO MUTUM	172
RIO PARAGUAI	416
RIVER BASIN	308
RIVER MUTUM	173
RIVER TRAINING	151
ROBOTIC	97
ROBÓTICA	96
RPPN PENHA	191
RURAL BANK CREDIT	877
RURAL ENVIRONMENTAL REGISTER	521

S

SALUD	790
SATÉLITE AQUA	453
SATÉLITE CBERS-4	31
SATELLITE AQUA	454
SAÚDE	789
SCALE	417
SEDIMENTOS	916
SEGMENTAÇÃO	846
SEGMENTATION	847
SEGURANÇA DA NAVEGAÇÃO	78
SEGURANÇA DE BARRAGENS	85
SEISMOLOGY	246
SEMIVARIOGRAM	486
SEMIVARIOGRAMA	485
SENSORIAMENTO REMOTO	57, 85, 104, 113, 141, 191, 197, 207, 316, 327, 475, 529, 653, 728, 750, 778, 826, 865, 905, 926, 936, 968, 972, 973, 980
SERIES	68,
SÉRIES	67
SÉRIES TEMPORAIS	141, 926
SÉRIES TEMPORAIS DE EVI-2/MODIS	969
SEVERE WEATHER	385
SEWAGE EFFLUENTS	711
SIAGEO AMAZÔNIA	876
SIG	234, 374, 558, 568, 750, 760, 856, 886
SISMOLOGIA	245
SISTEMA CAR	720
SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)	288, 327
SISTEMA DE INFORMAÇÃO WEB	501
SOIL	181

SOIL ERODIBILITY	298
SOJA	623, 691
SOLO	180
SOUTH PANTANAL	443
SOY	692
SOYBEANS	624
SPACE	614
SPATIAL ANALYSIS	486, 877
SPATIAL PLANNING UNIT	739
SRTM BANDA X	124
SRTM X-BAND	125
SUBBACIAS HIDROGRÁFICAS	738
SUB WATERSHEDS	739
SUCESSÃO ECOLÓGICA	224
SUGARCANE	624
SUPPRESS	702
SUPRESSÃO	701
SURFACE TEMPERATURE	58, 105
SURPLUS	587
SUSCEPTIBILIDADE EROSIVA	539
SWMM	354
SWMM SOFTWARE	355

T

TECNOLOGIA NA AGRICULTURA	978
TECNOLOGIAS DE CONVERSÃO DE DADOS	578
TELHADOS VERDES	354
TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE	57, 104, 968
TERRITORIALIDADE	947
TERRITORIALITY	947
TERRITÓRIO	947
TERRITORY	947
THEMATIC MAPPING	256, 857
TIME-SERIES	142
TOPODATA	20
TOURISM	810
TOURIST DESTINATION	800
TRANSBORDAMENTO	682
TRÂNSITO DE BOVINOS	442
TURISMO	809

U

UFMT	354, 355
------------	----------

UNEMAT	979
UNIDADE DE CONSERVAÇÃO	886
UNIDADE ESPACIAL DE PLANEJAMENTO	738
UPPER PARAGUAY RIVER BASIN	328
URBAN BASIN	217
URBAN DRAINAGE	355
URBANIZAÇÃO	691
URBANIZATION	692
URBAN LAND USE	958
URBAN PLANNING	739
URBAN SPACE	729
USLE/RUSLE	288
USO DA TERRA	172, 816, 916, 973
USO DO SOLO URBANO	957
USO E COBERTURA DA TERRA	141, 905
USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	778

V

VANTS	978
VARIAÇÃO TÉRMICA	433
VÁRZEA GRANDE	104, 105
VAZÃO	67
VEGETATION	181
VISUAL ANALYTICS	550
VISUALIZADOR WEB	856
VISUAL QUALITY	800
VULNERABILIDADE AMBIENTAL	464, 603
VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL	673

W

WATER	151
WATER QUALITY	406, 417
WATER RESOURCES	256, 365
WATERSHED	151, 817
WAVELET	453
WEB INFORMATION SYSTEM	502
WEB VIEWER	857
WEIGHTED LEAST SQUARES	486
WETLANDS	105, 173, 530, 624
W. J. JUNK	970
WORKSHOP	975



6º GeoPantanal

6º Simpósio de Geotecnologias
no Pantanal

Cuiabá, MT, Brasil - 22 a 26 de outubro de 2016

<https://www.geopantanal.cnptia.embrapa.br/2016>

Z

ZONEAMENTO	789
ZONEAMENTO AGRÍCOLA	133
ZONEAMENTO CLIMÁTICO	475
ZONIFICACIÓN	790