

Metodologia para mapear hidrografia em diferentes períodos do ano utilizando mosaicos de imagens do sensor OLI/Landsat 8

Egidio Arai ¹
Valdete Duarte ¹
Andeise Cerqueira Dutra ¹
Kaio Allan Cruz Gasparini ¹
Yosio Edemir Shimabukuro ¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{egidio, valdete, yosio}@dsr.inpe.br, {andeise.dutra, kaio.gasparini}@inpe.br

Resumo. A complexidade do mapeamento da hidrografia é agravada com a falta de imagens apropriadas e uma alternativa é a plataforma Google Earth Engine que consegue processar um grande volume de imagens e gerar composições rapidamente, possibilitando minimizar a presença de nuvem. Estas composições podem ser utilizadas para mapeamento não só da hidrografia, mas devido esta facilidade de restrição de datas podem ser escolhidos períodos de cheia e se comparada a um período qualquer pode se ter uma grande diferença. A metodologia para mapear a hidrografia comprovou ser eficiente, pois ficou constatado que a composição anual utiliza pixels com menor cobertura de nuvem, porém são de datas da estação seca, e por isso a área da hidrografia no período de cheia é consideravelmente superior.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, Pantanal, hidrografia, Mato Grosso.

Abstract. The complexity for mapping hydrography is aggravated by the lack of appropriate images and an alternative is the Google Earth Engine platform that can process a large volume of images and generate compositions quickly with the possibility of minimizing cloud presence. These compositions can be used not only for mapping hydrography, but due to the ease of restriction dates can be chosen periods of flood and if compared to any period can have a big difference. The methodology to map the hydrography proved to be efficient, since it was verified that annual composition uses pixels with lower cloud cover, but they are dates of the dry season, and therefore the area of hydrography in the flood period is considerably higher.

Keywords: remote sensing, Pantanal, hydrography, Mato Grosso.

1. Introdução

O aumento do número de satélites e plataformas com sensores imageadores à bordo trouxe como consequência a disponibilização de um grande volume de imagens que se encaixa no contexto de *Big Data*. Este é um termo amplamente utilizado na atualidade para nomear conjuntos de dados muito grandes ou complexos. Segundo Ma et al. (2015), a proliferação dos dados de Sensoriamento Remoto (SR) colocou desafios significativos no gerenciamento, processamento e interpretação desses Big Data de SR. O processamento de um volume grande de imagens requer uma capacidade computacional diferenciada, o que não ocorre em computadores tradicionais. No caso de imagens gratuitas de SR, existe hoje uma plataforma baseada na nuvem de dados para análise geoespacial chamada *Google Earth Engine* (Gorelick et al., 2017).

Esta plataforma permite elaborar *scripts* para gerar composições de imagens do sensor *Operational Land Imager* (OLI) do Landsat 8 (Roy et al., 2014), procurando eliminar nuvens nessas composições.

O Modelo Linear de Mistura Espectral (Shimabukuro e Smith, 1991) pode ser aplicado nessas composições, com o objetivo de gerar as imagens frações solo, sombra e vegetação que realçam alvos de interesse. Por exemplo, as imagens fração sombra destacam a hidrografia, bem como as áreas queimadas.

2. Objetivo

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar uma metodologia para mapear a hidrografia utilizando mosaicos de imagens do sensor OLI/Landsat 8 conforme Duarte et al. (2007).

3. Metodologia

A plataforma *Google Earth Engine* possibilita a utilização de uma vasta coleção de imagens de sensoriamento remoto que estão disponibilizadas gratuitamente em diferentes portais. Utilizando as funcionalidades desta plataforma, foi desenvolvido uma rotina (*script*) que seleciona anos e meses para gerar composições e/ou mosaicos do sensor OLI do Landsat 8 com o mínimo possível de nuvens (**Apêndice A**), onde pode ser estabelecido o período desejado para a composição. Para este trabalho, inicialmente foi estabelecido apenas o ano de 2015 no Estado do Mato Grosso e dessa forma foi observado que o mosaico anual final priorizava as imagens sem nuvem obtidas durante os meses da estação seca. Em um segundo produto, além do ano de 2015, foi considerado também a restrição do período da cheia na Ilha do Bananal - MT, referente aos meses de Abril, Maio e Junho (AMJ). Desta forma, este segundo produto obtido foi analisado diante de uma nova visão. Após a geração das composições foi aplicado o modelo linear de mistura espectral (MLME) para geração de

imagens frações de solo, vegetação e sombra, e a fração sombra foi escolhida para realizar a segmentação e classificação da hidrografia do Estado do Mato Grosso.

O processo de segmentação é uma técnica de processamento de imagens para agrupar dados em regiões contíguas que possuem propriedades similares, tais como nível de cinza, textura e características espectrais (Vasconcelos e Novo, 2004; Shimabukuro et al., 2013). Para a classificação foi utilizado o algoritmo ISOSEG que é um classificador não supervisionado que procura agrupar regiões a partir de atributos estatísticos de média, matriz de covariância e área, a partir de uma medida de similaridade entre elas (Oliveira e Mataveli, 2013). As classificações foram editadas para minimizar os erros de omissão e inclusão.

O Estado do Mato Grosso, escolhido como área de estudo, está localizado na região centro-oeste e cobre uma área de 903.357 km², sendo que a porção norte do seu território é ocupada pelo bioma Amazônico, a porção sul ocupada pelo bioma Pantanal e o restante pelo bioma Cerrado.

3.1. Google Earth Engine

A plataforma é composta por um catálogo de dados da ordem de peta-bytes associada a um serviço computacional paralelo de alto desempenho. O acesso é realizado por meio de uma interface de programação de aplicativos (*Application Programming Interface* - API) pela Internet e por um ambiente de desenvolvimento interativo (*Interactive Development Environment* - IDE) associado à Web, que permite a criação de scripts e a visualização rápida de resultados (Gorelick et al., 2017).

A **Figura 1** apresenta esta interface, onde pode ser observado um gerenciador de scripts na janela a esquerda, um editor de *scripts* em java no centro, um gerenciador de tarefas e console de mensagens de saída na direita. Abaixo do gerenciador se encontra o mapa onde podem ser apresentados os resultados do processamento.

Na rotina elaborada neste trabalho pode ser definida a região de interesse e como também o período desejado, sendo que neste trabalho foi definido o Estado do Mato Grosso e o ano de 2015 como o período de estudo. A composição é gerada utilizando todas as cenas disponíveis para o período definido, buscando as imagens com menor incidência de nuvens, que por sua vez é considerado como um problema enfrentado nas imagens dos sensores ópticos (Asner, 2001; Sano et al., 2007).

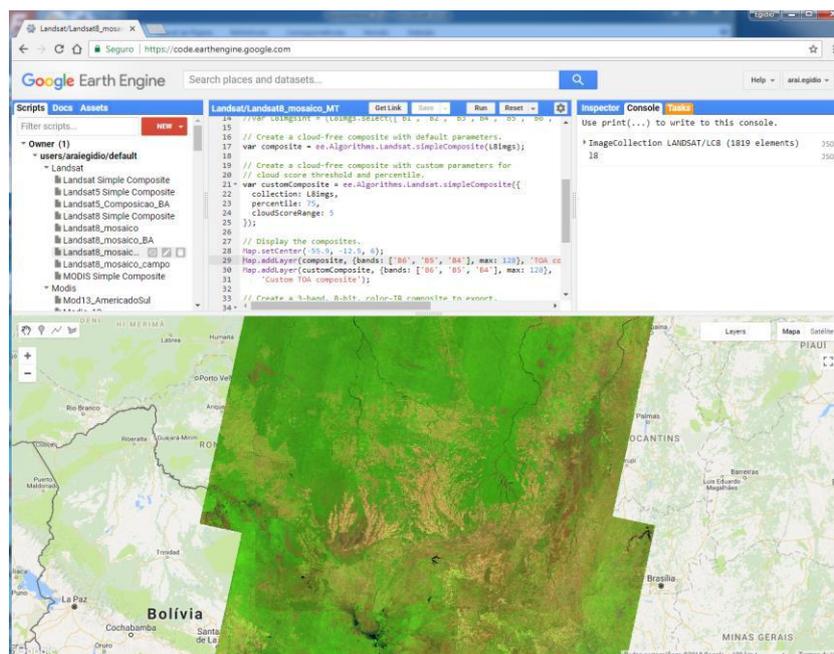


Figura 1. Diagrama dos componentes do *Earth Engine Code Editor*.

3.2. Modelo Linear de Mistura Espectral

O Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) foi proposto por Shimabukuro e Smith (1991) com intuito de realçar os diferentes componentes que compõem um pixel e reduzir a dimensionalidade dos dados dos sensores, ou seja, o conjunto de bandas será reduzido ao número de componentes considerados no pixel. Dessa maneira o MLME assume que os pixels são combinações lineares das respostas espectrais de um número de componentes da superfície, sendo necessária a escolha de pixels puros (*endmembers*) para a execução do MLME. É muito importante selecionar adequadamente os *endmembers*, visto que sua determinação influencia consideravelmente a acurácia do resultado final (Somers et al., 2011).

O MLME tem sido utilizado em estudos de classificação de vegetação (Lu et al., 2003), mapeamento de tipos de água de rios amazônicos (Mertes et al., 1993), no mapeamento da degradação florestal pelo fogo (Shimabukuro et al., 2017), entre outras aplicações (Roberts et al., 1998; Bispo et al., 2014).

Matematicamente, esta mistura espectral é expressa para cada pixel da imagem de acordo com a Equação 1.

$$\rho_i = a \cdot \text{veg}_i + b \cdot \text{solo}_i + c \cdot \text{sombra}_i + e_i \quad (\text{Equação 1})$$

onde:

ρ_i é a reflectância do pixel na banda i ;

veg_i é a reflectância da componente vegetação na banda i ;

solo_i é a reflectância da componente solo na banda i ;

sombra_i é a reflectância da componente sombra/água na banda i ;

a, b, c são as proporções da vegetação, solo e sombra/água, respectivamente no pixel;

e_i é o erro na banda i .

O objetivo do MLME é resolver a Equação 1 para cada pixel da imagem, obtendo as proporções a partir do conhecimento *a priori* da reflectância dos *endmembers*, gerando as respectivas imagens fração a partir dos dados originais do OLI/Landsat 8.

3.3. Hidrografia do bioma Pantanal

Segundo o IBGE (2004), o bioma Pantanal é considerado uma das maiores superfícies inundáveis do planeta, com uma área aproximada de 150.355 km² e ocupando assim 1,76% da área total do território brasileiro.

Em um estudo realizado por Silva e Abdon (1998), toda a Bacia do Alto Paraguai (BAP) dentro do território brasileiro ocupa 361.666 km² e a área aproximada do bioma Pantanal no Brasil é de 138.183 km². Esta área está dividida entre os Estados do Mato Grosso do Sul e Mato Grosso, sendo distribuída em 64,64% e 35,36% respectivamente, então a área do Pantanal no estado do Mato Grosso corresponde a aproximadamente 48.865 km² (Abdon e Silva, 2008).

Em estudo sobre o controle estrutural da hidrografia do Pantanal, Paranhos Filho et al. (2017) utilizaram um limite do Pantanal onde a área é de 140.640 km², já o MapBiomas (Souza Júnior e Azevedo, 2017) assume que o Pantanal possui uma área de 160.000 km². Com esta diferença da área estimada do Pantanal, neste estudo será utilizado o limite disponibilizado pelo PROBIO de 150.355 Km², adotado pelo IBGE.

Outros estudos procuram identificar a área alagada do Pantanal com informações de índice de vegetação obtidas de imagens do sensor *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) (Moraes et al., 2009; Santos et al., 2011), porém esta tarefa se mostra difícil devido as variações no período, intensidade e localização da precipitação (Cardoso e Marcuzzo, 2010), além da limitação em obter imagens livres de nuvens no período desejado, resoluções espaciais e temporais.

4. Resultado

A composição anual das imagens do sensor OLI do ano de 2015 contou com a contribuição de 1819 cenas deste sensor em diferentes datas compreendendo todo o ano, sendo que para cobrir o Estado do Mato Grosso são necessárias 51 cenas, entretanto, destaca-se que todo este processo na plataforma *Google Earth Engine* é realizado em menos de um minuto. Nesta composição pode ser observada que existe uma equalização das cenas e a diferença entre as passagens são praticamente imperceptíveis (**Figura 2**).

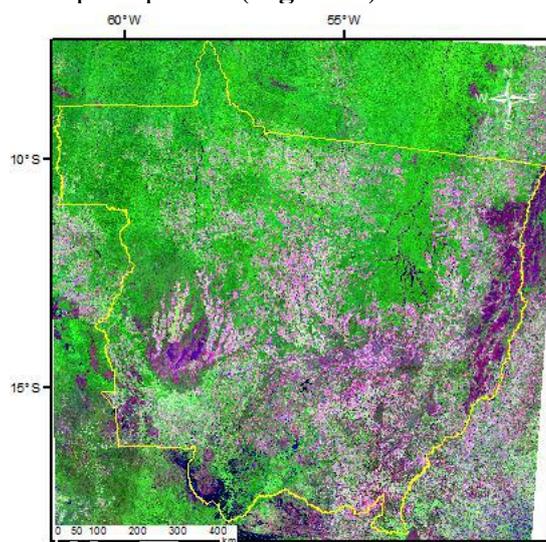


Figura 2. Composição anual de imagens do sensor OLI do ano 2015, em amarelo o limite do Estado do Mato Grosso.

Já para a composição dos meses de abril, maio e junho de 2015 foram utilizadas 457 cenas e este processo na plataforma *Google Earth Engine* é realizado em menos de 30 segundos. A composição gerada dos meses abril, maio e junho de 2015 ainda apresenta algumas nuvens na parte oeste da mesma (**Figura 3**).

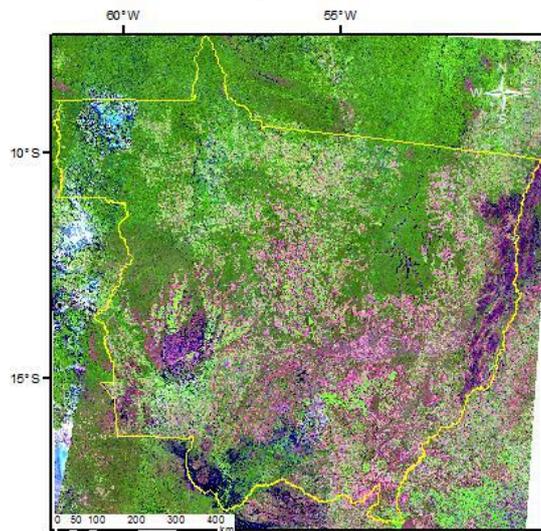


Figura 3. Composição de imagens do sensor OLI dos meses de abril, maio e junho de 2015, em amarelo o limite do Estado do MT.

As imagens fração sombra obtidas da aplicação do MLME são apresentadas na **Figura 4**, onde a hidrografia é destacada com os níveis de cinza mais claros.

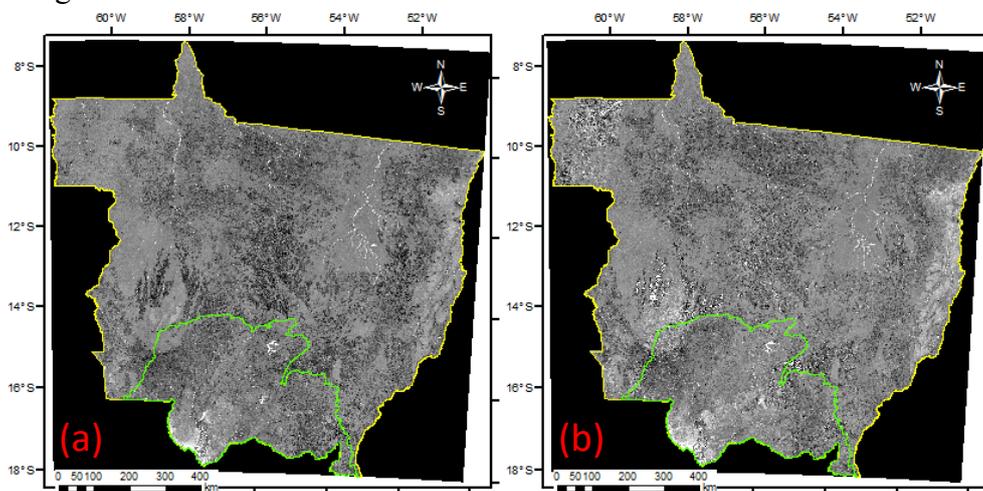


Figura 4. Imagem fração sombra das composições anual de 2015 (a) e dos meses AMJ de 2015 (b). Limite da bacia do alto Paraguai em verde.

As imagens fração sombra passaram pelos processos de segmentação, classificação e edição onde foram obtidos os mapas da hidrografia do Estado do Mato Grosso.

A **Figura 5a** mostra o mapa da Hidrografia do Estado do Mato Grosso obtido através da classificação do mosaico OLI_2015, observando que na geração deste mapeamento da hidrografia, a única restrição para a geração da mesma foi o ano de 2015. A lâmina de água desta drenagem sem período definido é de 8.313 km². Já a **Figura 5b** apresenta o resultado da hidrografia onde foi considerada além do ano de 2015, a restrição do período da cheia do Pantanal e também da Ilha do Bananal no MT, referente aos meses de abril, maio e junho. A

lâmina de água desta drenagem da cheia (AMJ) é de 17.354 km², com a diferença de 48% da lâmina de água normal do MT.

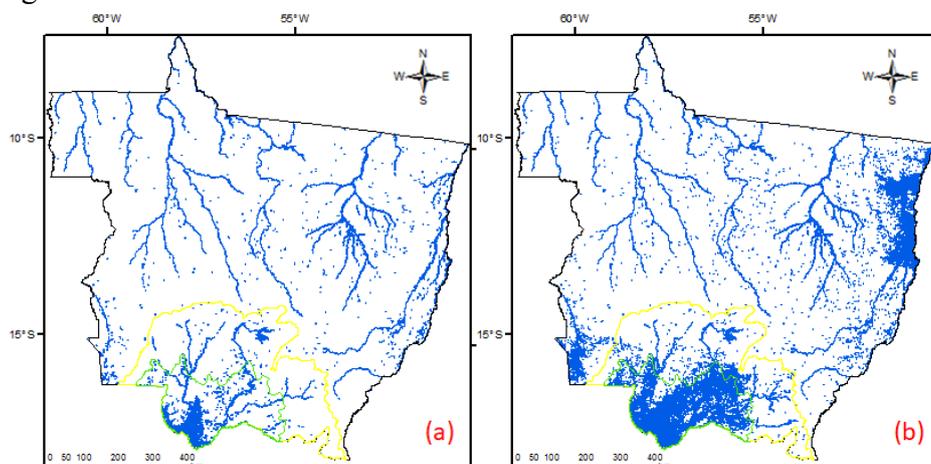


Figura 5. Classificação da hidrografia no Estado do Mato Grosso na composição anual (a) e composição AMJ (b). Limite da bacia do alto Paraguai em amarelo e em verde o limite do bioma Pantanal no Estado do Mato Grosso.

A **Figura 6** mostra um detalhe da composição OLI, com a restrição somente do ano de 2015, na Ilha do Bananal no Estado do Mato Grosso.



Figura 6. Ilha do Bananal no Estado do Mato Grosso na composição anual de 2015.

A **Figura 7** mostra o mesmo detalhe da composição OLI no período de cheia, com a restrição das imagens utilizadas além do ano de 2015, serem também, de um período específico da cheia deste ano, neste caso referente aos meses de abril, maio e junho, na Ilha do Bananal no Estado do Mato Grosso.



Figura 7. Ilha do Bananal no Estado do Mato Grosso na composição AMJ.

Foram também calculadas as áreas de lâmina de água dentro da BAP (**Figura 8**) e da porção do bioma Pantanal (**Figura 9**) no Estado do Mato Grosso, cujos limites aparecem em

amarelo e verde respectivamente na **Figura 5**. A área da hidrografia calculada na composição de todo ano de 2015 dentro da bacia do alto Paraguai foi de 4.294,68 km², enquanto que para a composição dos meses de abril, maio e junho foi de 9.837,84 km², com uma diferença de aproximadamente 44%. Já para o bioma Pantanal que se encontra no estado do Mato Grosso as áreas calculadas foram 3.600,87 e 8.564,93 km² para o ano e AMJ respectivamente, com a diferença de aproximadamente 42%.

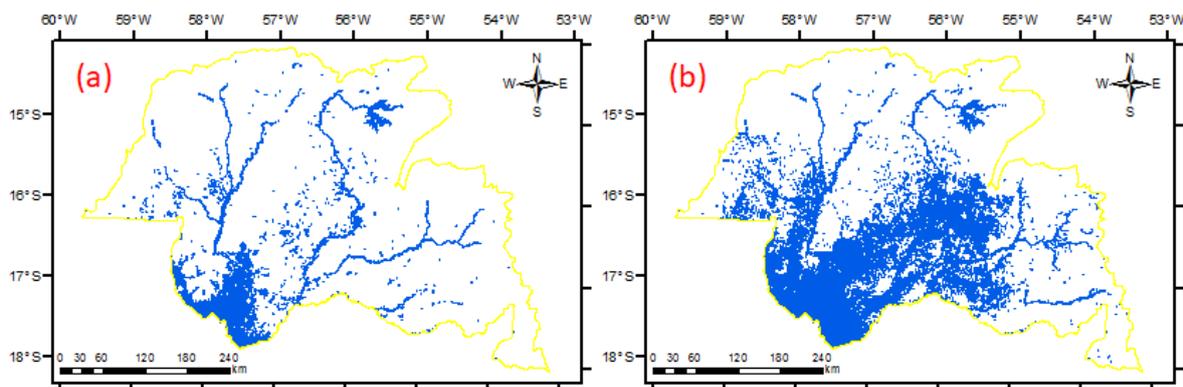


Figura 8. Classificação da hidrografia dentro da BAP no Estado do Mato Grosso na composição anual (a) e AMJ (b).

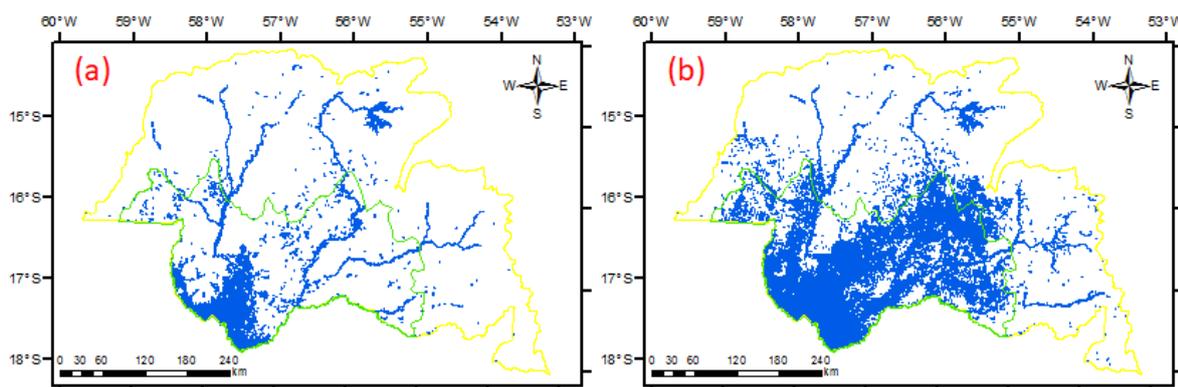


Figura 9. Classificação da hidrografia dentro do bioma pantanal no Estado do Mato Grosso na composição anual (a) e AMJ (b).

Os cálculos das áreas foram realizados na projeção cartográfica *Albers Conical Equal Area* devido a esta projeção possuir pequena distorção em áreas.

As áreas calculadas tanto na composição anual e na composição AMJ são apresentadas na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Área da hidrografia calculada para o Estado do Mato Grosso e BAP.

	Mato Grosso (km ²)	BAP MT (km ²)	Bioma Pantanal MT (km ²)
Composição anual	8.313	4.294,68	3.600,87
Composição AMJ	17.354	9.837,84	8.564,93

5. Conclusões

A metodologia se mostrou consistente para a estimativa da hidrografia não só do Pantanal, mas de outras regiões, conhecendo o período de cheia da região. Demonstrou também que na composição anual são utilizados pixels com menor cobertura de nuvem, porém utiliza datas da estação seca. A composição de um período restrito proporcionou a classificação de uma

área de lâmina de água maior e mais realista da região estudada. Outro fator importante a destacar é a viabilidade da utilização do *Google Earth Engine* que realiza processamentos de grande quantidade de imagens muito rapidamente.

6. Referências

- Abdon, M. D. M.; Silva, J. Identificação de padrões em imagens LANDSAT-ETM+ para interpretação da vegetação arbórea do cerrado na sub-região de Cáceres, no Pantanal do Estado do Mato Grosso. In Embrapa Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: SEMANA DE GEOGRAFIA, 9., 2008, Cáceres, **Anais...Cáceres**: Unemat, 2008.
- Asner, G. P. Cloud cover in Landsat observations of the Brazilian Amazon. **International Journal of Remote Sensing**, v. 22(18), p. 3855-3862, 2001.
- Bispo, R. C.; Lamparelli, R. A.; Rocha, J. V. Using fraction images derived from modis data for coffee crop mapping. **Engenharia Agrícola**, v. 34(1), p. 102-111, 2014.
- Cardoso, M. R. D.; Marcuzzo, F. F. N. Mapeamento de Três Decênios da Precipitação Pluviométrica Total e Sazonal no Bioma Pantanal. In: III Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2010, Cáceres - MT. **Anais III Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**. Corumbá - MS: EMBRAPA. v. 1. p. 84 a 94, 2010.
- Duarte, V.; Martini, P. R.; Shimabukuro, Y. E.; Freitas, R. M.; Arai, E. Monitoramento do desflorestamento em escala global: uma proposta baseada nos projetos PRODES Digital e DETER. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis, **Anais...2007**, p. 6687-6694.
- Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S.; Thau, D.; Moore, R. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, 202, 18-27, 2017.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Biomas e de Vegetação, 2004. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomas.html>> Acesso em: 26 jun. 2018.
- Lu, D.; Moran, E.; Batistella, M. Linear mixture model applied to Amazonian vegetation classification. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, n. 4, 2003.
- Ma, Y.; Wu, H.; Wang, L.; Huang, B.; Ranjan, R.; Zomaya, A.; Jie, W. Remote sensing big data computing: Challenges and opportunities. **Future Generation Computer Systems**, v. 51, p. 47-60, 2015.
- Mertes, L. A.; Smith, M. O.; Adams, J. B. Estimating suspended sediment concentrations in surface waters of the Amazon River wetlands from Landsat images. **Remote Sensing of Environment**, v. 43(3), p. 281-301, 1993.
- Moraes, E. C.; Pereira, G.; Arai, E. Uso dos produtos EVI do sensor MODIS para a estimativa de áreas de alta variabilidade intra e interanual no bioma Pantanal. **Geografia**, Rio Claro, v. 34, Número Especial, p. 757-767, 2009.
- Oliveira, B. S.; Mataveli, G. A. V. Avaliação do desempenho dos classificadores Iseveg 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.
- Paranhos Filho, A. C.; Mioto, C. L.; Machado, R.; Gonçalves, F. V. Ribeiro, V. O., Griggio, A. M.; Silva, N. M. Controle Estrutural da Hidrografia do Pantanal, Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 40, 2017.
- Roberts, D. A.; Gardner, M.; Church, R.; Ustin, S.; Scheer, G.; Green, R. O. Mapping chaparral in the Santa Monica Mountains using multiple endmember spectral mixture models. **Remote Sensing of Environment**, v. 65(3), p. 267-279, 1998.
- Roy, D. P.; Wulder, M. A.; Loveland, T. R.; Woodcock, C. E.; Allen, R. G.; Anderson, M. C.; ...; Scambos, T. A. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. **Remote sensing of Environment**, v. 145, p. 154-172, 2014.
- Sano, E. E.; Ferreira, L. G.; Asner, G. P.; Steinke, E. T. Spatial and temporal probabilities of obtaining cloud free Landsat images over the Brazilian tropical savanna. **International Journal of Remote Sensing**, v. 28(12), p. 2739-2752, 2007.
- Santos, J. S.; Pereira, G.; Shimabukuro, Y. E.; Rudorff, B. F. T. Identificação de áreas alagadas no bioma Pantanal–Brasil–utilizando dados multitemporais Terra/MODIS. **Geografia**, v. 34, p. 745-755, 2011.
- Shimabukuro, Y. E.; Smith, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from

remote sensing multispectral data. **IEEE transactions on geoscience and remote sensing**, v. 29, n. 1, p. 16–20, 1991.

Shimabukuro, Y. E.; Duarte, V.; Arai, E.; Freitas, R. M. Monitoramento de mudanças na cobertura da terra na região da Floresta Nacional do Tapajós, Amazônia Brasileira, utilizando segmentação de imagens multitemporais, *In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 16, 2013, Foz do Iguaçu,. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013, p. 7786-7794.

Shimabukuro, Y. E.; Arai, E.; Anderson, L. O.; Aragão, L. E. O. C.; Duarte, V. Mapping degraded forest areas caused by fires during the year 2010 in mato grosso state, brazilian legal amazon using landsat-5 tm fraction images. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, n. 1, p. 23-32, 2017.

Silva, J.S.V; Abdon, M. M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 1703-1711, 1998.

Somers, B.; Asner, G. P.; Tits, L.; Coppin, P. Endmember variability in spectral mixture analysis: A review. **Remote Sensing of Environment**, v. 115(7), p. 1603-1616, 2011.

Souza Jr, C.; Azevedo, T. MapBiomass General “Handbook”, 2017. Disponível em: <https://mapbiomas.storage.googleapis.com/base-de-dados/metodologia/colecao-2_3/ATBD-MapBiomass-Geral-2018-01-07.pdf> Acesso em: 20 jun 2018.

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, p.487-493, 2004.

Apêndice A

```
// Programa para gerar uma composição de imagem OLI de um período ano,  
// utilizando as bandas 4, 5 e 6.  
// Egidio Arai Maio de 2017  
  
// Definindo a área e período a ser processado, no caso o estado do MT.  
var area = ee.Geometry.Rectangle([-61.7, -7.2, -50.0, -18.2]);  
var L8imgs = ee.ImageCollection('LANDSAT/LC8')  
  .filterBounds(area)  
  .filterDate('2015-01-01', '2015-12-31');  
  
// Criando composição livre de nuvem com parâmetros padrão.  
var composite = ee.Algorithms.Landsat.simpleComposite(L8imgs);  
  
// Criando composição eliminando o máximo de nuvens  
var customComposite = ee.Algorithms.Landsat.simpleComposite({  
  collection: L8imgs,  
  percentile: 75,  
  cloudScoreRange: 5  
});  
  
// Apresenta as composições.  
Map.setCenter(-55.9, -12.5, 6);  
Map.addLayer(composite, {bands: ['B6', 'B5', 'B4'], max: 128}, 'TOA composite');  
Map.addLayer(customComposite, {bands: ['B6', 'B5', 'B4'], max: 128},  
  'Custom TOA composite');  
  
// Gerando a composição colorida para exportar.  
var visual = composite.visualize({  
  bands: ['B6', 'B5', 'B4'],  
  max: 128  
});  
  
// Exporta a imagem, especificando escala e região.  
Export.image.toDrive({  
  image: visual,  
  description: 'L8_MT2015ano',  
  scale: 30,  
  region: area,  
  maxPixels: 4000000000  
});
```