



DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DAS ÁREAS DESFLORESTADAS NO ESTADO DO PARÁ

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/INPE/CNPq)**

JONES REMO BARBOSA VALE (UFRA, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: jonesremo@hotmail.com

MARCOS ADAMI (INPE/CRA, Orientador)
E-mail: marcos.adami@inpe.br

Julho de 2018



DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DAS ÁREAS DESFLORESTADAS NO ESTADO DO PARÁ

Relatório Final do Projeto de Iniciação Científica (PIBIC/CNPq/INPE/CRA), referente ao período da bolsa vigente como requisito obrigatório para a conclusão do projeto.

Julho de 2018

AGRADECIMENTOS

Ao pesquisador e orientador, professor Dr. Marcos Adami, por todo apoio no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais / Centro Regional da Amazônia (INPE/CRA), que contribuiu e permitiu a coleta de dados para elaboração do trabalho.

Aos colegas do INPE, pelo incentivo e apoio técnico no desenvolvimento da pesquisa.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos que viabilizou a realização deste trabalho.

E a todos que, diretamente ou indiretamente, contribuíram para a elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVO	9
2.1. Geral	9
2.2. Específicos	9
3. REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1. Histórico processo de desflorestamento na Amazônia Legal	9
3.2. Processo de uso e ocupação da terra em Paragominas	12
3.3. Redes Complexas	14
4. MATERIAL E MÉTODOS	15
4.1. Localização de Paragominas	15
4.2. Caracterização ambiental de Paragominas	16
4.3. Materiais	17
4.4. Metodologia	17
4.5. Metodologia de caracterização das redes	19
4.5.1. Grau	19
4.5.2. Distribuição de conectividade	19
4.5.3. Grau médio ponderado	19
4.5.4. Comprimento médio do caminho	20
4.5.5. Conexões fracas	20
4.5.6. Conexões fortes	20
4.6. Matriz de Transição	20
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
TRABALHOS PUBLICADOS RELACIONADOS COM O PIBIC	33
REFERÊNCIAS	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Gráfico da evolução do desmatamento na Amazônia Legal.....	10
Figura 02 - Localização geográfica do município de Paragominas/PA	15
Figura 03 - Rede complexa dos dados TerraClass entre 2004 e 2014 de Paragominas/PA	22
Figura 04 - Gráfico de distribuição dos dados médios de grau da rede complexa	23
Figura 05 - Uso e ocupação da terra do município de Paragominas/PA entre os anos de 2004-2014.....	24
Figura 06 - Percentual de cada classe entre os anos de 2004-2014 do município de Paragominas/PA	25
Figura 07 - Diagrama de Sankey da transição das classes de uso e ocupação da terra 2004-2008-2010 em Paragominas/PA	25
Figura 08 - Diagrama de Sankey da transição das classes de uso e ocupação da terra 2010-2012-2014 em Paragominas/PA	26
Figura 09 - Gráfico de ganhos e perdas em km ² de cada classe entre 2004-2008.....	27
Figura 10 - Gráfico de ganhos e perdas em km ² de cada classe entre 2008-2010.....	28
Figura 11 - Gráfico de ganhos e perdas em km ² de cada classe entre 2010-2012.....	29
Figura 12 - Gráfico de ganhos e perdas em km ² de cada classe entre 2012-2014.....	30

LISTA DE QUADRO E TABELAS

Quadro 01 - Características das classes do mapeamento do TerraClass	18
Tabela 01 - Matriz 5x5 de uso e ocupação da terra (C é qualquer conversão de um uso para outro).....	21
Tabela 02 - Caracterização da Rede Complexa da dinâmica de uso e ocupação da terra entre os anos de 2004-2014 no município de Paragominas/PA.....	22
Tabela 03 - Distribuição de cada classe (km ² e %) entre os anos de 2004-2014 em Paragominas/PA.....	24
Tabela 04 - Matriz de transição entre os anos de 2004-2008, área em km ² , do município de Paragominas/PA.....	26
Tabela 05 - Matriz de transição entre os anos de 2008-2010, área em km ² , do município de Paragominas/PA.....	27
Tabela 06 - Matriz de transição entre os anos de 2010-2012, área em km ² , do município de Paragominas/PA.....	28
Tabela 07 - Matriz de transição entre os anos de 2012-2014, área em km ² , do município de Paragominas/PA.....	29
Tabela 08 - Saldo em km ² de cada classe entre 2004-2014.....	30



RESUMO

As florestas tropicais globais têm passado por intensos processos de mudanças de uso e cobertura da terra, devido principalmente as pressões antrópicas associadas à exploração dos recursos naturais e pela conversão da floresta em outros usos. O Estado do Pará foi o segundo estado que mais desflorestou até o ano de 2014 de acordo com dados de desmatamento do Projeto PRODES. Com a criação do Projeto TerraClass, foi possível qualificar esse desmatamento mapeado e fornecer dados sobre a cobertura da terra em toda a Amazônia Legal Brasileira. Nesse sentido, é necessário: entender como se desenvolveu esse processo de ocupação; identificar quais os usos que ocuparam as áreas de floresta; verificar quais foram as transições mais significativas, para contribuir com o desenvolvimento de políticas de gestão sustentáveis dos ecossistemas na Floresta Amazônica. Um dos municípios mais dinâmicos no processo de uso da terra na região Amazônica é Paragominas, sudeste do Estado do Pará, resultado da combinação de quatro fatores: a) localização às margens da rodovia BR-010; b) políticas públicas de ocupação territorial entre os anos de 1960 e 1980; c) valorização de matéria-prima, como a madeira e o minério e; d) migração de mão-de-obra qualificada e empreendedora. Desta forma, o presente trabalho tem por objetivo analisar a dinâmica de mudança de uso da terra em Paragominas por meio de redes complexas e matrizes de transição, assim como obter mapas de uso e ocupação da terra do município em uma série temporal para identificar as classes mais vulneráveis às mudanças e as que possuem maior permanência. A pesquisa foi subsidiada com base nos dados do Projeto TerraClass entre os anos de 2004 e 2014, adotou-se para análise as seguintes classes: agricultura anual, floresta, pastagem, vegetação secundária e demais classes. Os processamentos e produções dos mapas foram realizados em ambiente SIG, já as análises das redes complexas foram realizadas no software Gephi e a representação das transições das classes de uso e ocupação da terra foram apresentadas através do diagrama de Sankey. O grafo gerado para análise apresenta um total de 32 nós e 137 arestas, a média encontrada foi de 4,281 ligações em cada nó. De 2004 a 2014 houve uma diminuição das classes de Floresta e Demais Classes, sendo de 928,75 km² e 623,17 km² respectivamente, já as classes pastagem, vegetação secundária e agricultura aumentaram em 384,58 km², 437,68 km² e 729,67 km² respectivamente. Observa-se no município que no passado a antropização de áreas florestais ocorria na conversão para pastagem. Mais recentemente, está ocorrendo nesta região um processo de conversão de áreas, tanto florestais quanto pastagem, para cultivo agrícola de grãos, principalmente, de soja e milho. Portanto, a dinâmica do processo de uso e ocupação da terra em áreas desflorestadas está baseada na consolidação da agropecuária como matriz econômica.

Palavras-Chave: Uso e Ocupação da Terra. Dinâmica de Transição. Floresta Amazônica.

1. INTRODUÇÃO

Mudanças na cobertura da terra, principalmente as de origem antropogênica, possuem impactos no sistema terrestre ainda não plenamente compreendido (STEFFEN *et al.*, 2004). O uso e a cobertura da terra estão intrinsecamente relacionados com a troca de energia que ocorre entre a superfície e a atmosfera e por isto exercem influência tanto em escala local quanto regional e, ainda, podem atuar de maneira positiva ou negativa nos elementos que regulam o clima terrestre (FOLEY *et al.*, 2005; LAMBIN *et al.*, 2003).

As florestas tropicais globais têm passado por processos de mudanças de uso e cobertura devido principalmente as pressões antrópicas associadas à exploração dos recursos naturais e pela conversão da floresta em outros usos, alterando de maneira significativa a paisagem (DOMINGUES; BERMANN, 2012). A contínua incorporação de áreas florestais ao processo produtivo tem ocorrido muitas vezes de forma inadequada, pois se estabelecem sem um planejamento prévio, não considerando o uso sustentável do espaço (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

O Brasil detém de 1/3 das florestas tropicais úmidas do planeta, com mais de 40% do seu território coberto pela floresta amazônica que é a maior floresta tropical contígua do planeta (DINIZ *et al.*, 2015). Ela cobre uma área de aproximadamente 5 milhões de km², dos quais 4,2 milhões km² eram florestados e até 2008 cerca de 18% da área foi convertida em outros tipos de uso (GAVLAK *et al.*, 2011; INPE, 2018). A Amazônia tem recebido foco de pesquisas, sobretudo por conta do processo acelerado de mudança do uso da terra, cujas trajetórias e potenciais impactos ambientais e socioeconômicos atuam desde a escala local até a global (LAMBIM *et al.*, 2003). A riqueza mineral, os recursos hídricos, o sequestro de carbono e o transporte de energia na atmosfera são recursos e processos importantes da região (NÓBREGA, 2014).

A necessidade de novas áreas, extensas e baratas, para a expansão da produtividade nacional suscitou em uma nova fronteira de exploração. A expansão dessa fronteira aliada a causas históricas de desmatamento que compreendem desde políticas de colonização (HECHT, 1985) até o recente cenário macroeconômico envolvendo a exploração madeireira (NEPSTAD *et al.*, 2001), a pecuária (MERTENS *et al.*, 2002) e o boom do agronegócio principalmente a expansão das culturas de soja sobre áreas de pastagens (COSTA, 2000; FEARNSSIDE, 2002; ALENCAR *et al.*, 2004). Investimentos em infraestrutura, sobretudo a abertura de estradas e pavimentação

(BECKER, 1998; NEPSTAD *et al.*, 2000; LAURANCE *et al.*, 2001), completam o quadro, posto que promovem a viabilidade econômica da agricultura e da exploração madeireira, com conseqüente valorização de suas terras, ocasionando no aumento do desflorestamento da Amazônia Legal.

O histórico de desmatamento na região amazônica já é conhecido desde 1988 através do monitoramento por satélites do projeto PRODES, realizado anualmente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O Centro Regional da Amazônia (INPE/CRA) já produziu e disponibilizou em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) dados a respeito da cobertura da terra em toda a Amazônia Legal Brasileira, conhecido como projeto TerraClass. Até o presente momento, o projeto apresenta um “retrato” estático do uso e cobertura da terra na porção desmatada da Amazônia Legal Brasileira para os anos de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014.

O desflorestamento na Amazônia Legal tem sido um dos principais problemas ambientais sofrido pela sociedade. Até o ano de 2014, as áreas desflorestadas corresponderam a 762.464 km², cujas áreas de pastagens são as de maior abrangência, totalizando aproximadamente 479.000 km², distribuídos em 377.000 km² de pasto limpo, 60.000 km² de pasto sujo, 42.000 km² de regeneração com pasto e 63 km² de pasto com solo exposto. As áreas de agricultura totalizaram aproximadamente 45.000 km² (INPE, 2016).

No estado do Pará, um dos municípios mais dinâmicos no processo de uso da terra é o município de Paragominas. O dinamismo de Paragominas é resultado da combinação de 4 fatores: i) está localizado às margens da rodovia BR-010; ii) durante os anos de 1960 e 1980 houve um beneficiamento com políticas públicas de ocupação territorial (FEARNSIDE, 2005; AGUIAR *et al.*, 2007); iii) o município teve grande quantidade de matéria-prima de alto valor comercial, como a madeira e o minério e; iv) migração de mão-de-obra qualificada e empreendedora (PINTO *et al.*, 2009).

O monitoramento do território aliado às técnicas de sensoriamento remoto permite detectar as mudanças de uso da terra podendo ser uma ferramenta no combate ao desmatamento. Nesta perspectiva, utilizam-se os sistemas complexos que são reconhecidos pela interdisciplinaridade, por permitir a interação entre seus elementos e o meio ambiente. Dessa forma é imprescindível entender a dinâmica de influência mútua para gerar o comportamento do sistema em nível integral (BARBIERI, 2010).

2. OBJETIVO

2.1. Geral

Analisar a dinâmica de mudança de uso e ocupação da terra em áreas desflorestadas no Estado do Pará, com foco no dinamismo socioeconômico do município de Paragominas, sudeste paraense.

2.2. Específicos

- Obter os mapeamentos TerraClass referentes aos anos de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014 para o município de Paragominas;
- Caracterizar as alterações ocorridas na paisagem no município de Paragominas a partir de redes complexas;
- Analisar as transições de uso e cobertura da terra em Paragominas.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Histórico processo de desflorestamento na Amazônia Legal

O conceito Amazônia Legal foi instituído pelo Governo Federal, em 1953 através da Lei nº 1.806, de 06 de janeiro de 1953, com base em análise estruturais e conjunturais, nas quais foram avaliadas e reunidas as regiões com características econômicas, políticas e sociais semelhantes, com intuito de melhorar o planejamento social e econômico da região (COUTINHO *et al.*, 2013).

O processo de ocupação da Amazônia Legal, nos últimos 50 anos, ocorreu no contexto do projeto de integração nacional, estabelecidos pelos chamados “eixos” e “pólos” de desenvolvimento, com políticas de incentivos fiscais e de crédito rural, programas de colonização, projetos minerais e investimentos em infraestrutura que atraíram milhares de migrantes para a região (BECKER, 1998, 2001; MACHADO, 1998), e, mais recentemente, produção e exportação de grãos. A partir da década de 70, o processo de ocupação acelerou-se e milhões de hectares de florestas foram derrubados para criação de pastos e projetos de colonização e reforma agrária (ALVES, 2001).

O desflorestamento provoca alterações no funcionamento dos ecossistemas, que causam impactos sobre a estrutura e a fertilidade dos solos e sobre o ciclo hidrológico, e constitui importante fonte de gases do efeito estufa (SMITH *et al.*, 1995; GASH *et al.*, 1996; HOUGHTON *et al.*, 2000). A rápida expansão do desflorestamento é acompanhada de condições de vida precárias devido aos conflitos sociais e ao crescimento desorganizado das cidades (BECKER, 1998; MACHADO, 1998).

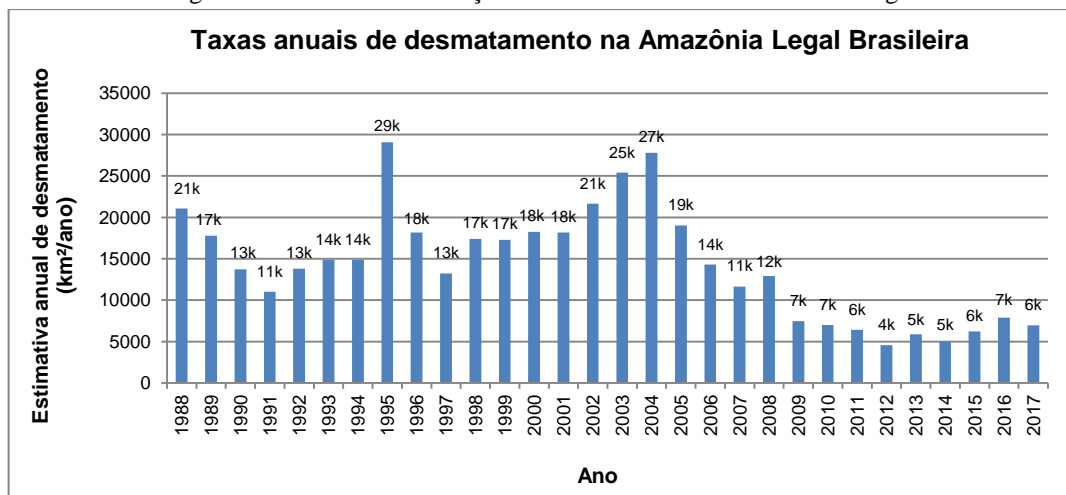
Uma estimativa das taxas médias anuais de desflorestamento no período 1991-1994, para os municípios da Amazônia Legal (ALVES *et al.*, 1998), mostrou uma grande concentração de taxas maiores nos municípios próximos à malha viária principal, nos flancos oriental, sul e sudoeste da Amazônia, ou seja, concentrando-se fortemente em regiões próximas às áreas de ocupação pioneira.

As consequências desse conjunto de propostas de ocupação territorial da Amazônia sobre as áreas desflorestadas (MACHADO, 2009), podem ser avaliadas com base em diferentes fatores, entre eles:

- A consolidação do “arco do desflorestamento”, também conhecido como “arco de povoamento adensado” (BECKER, 2004), que vai desde o sul do Pará, passando pelo norte de Mato Grosso, por Rondônia e sudoeste do Amazonas até chegar ao Acre;
- A consolidação do “cinturão da soja”, que acompanha este arco, com perspectivas de ocupar não apenas as áreas de cerrado, mas também as áreas de floresta de transição e áreas já desmatadas de Floresta Amazônica (TAVORA, 2015);
- O aumento da taxa de desmatamento e incremento das queimadas, com consequente aumento da emissão de CO₂ na atmosfera, contribuindo então para os efeitos de mudanças climáticas (LE QUÉRÉ *et al.*, 2009; FEARNSIDE *et al.*, 2013).

O desmatamento na Amazônia Legal Brasileira tem seguido o cenário político e econômico brasileiro. Observa-se na Figura 01 que o desmatamento não seguiu uma tendência bem definida, mas a queda do desmatamento é consistente a partir de 2005, em virtude das pressões ambientais e a implementação de políticas públicas de controle e monitoramento do desmatamento. Até o ano de 2014 o Estado do Pará já tinha desflorestado cerca de 137.981 km², ficando atrás somente do Estado do Mato Grosso.

Figura 01 - Gráfico da evolução do desmatamento na Amazônia Legal



Fonte: INPE/PRODES (1988-2017).

O pico do desmatamento ocorreu em 1995 com 29.059 km², deveu-se à retomada da estabilidade e crescimento do consumo interno após a implantação do Plano Real em 1994 (FEARNSIDE, 2005). Depois desse pico, o governo federal modificou o Código Florestal, determinando que a área de reserva legal passasse de 50% para 80% na Amazônia Legal, o que pode ter contribuído para a redução do desmatamento nos anos seguintes. No entanto, o desmatamento voltou a crescer a partir de 2002, acompanhando o aumento de preços das commodities agrícolas, apresentando outro pico em 2004 com 27.772 km² de área desmatada (FERREIRA; COELHO, 2015).

A partir de 2005, o preço da soja caiu, consequentemente reduziu o desmatamento. Com aplicações de políticas mais consistentes e focadas a partir de 2008, o desmatamento caiu drasticamente (ASSUNÇÃO *et al.*, 2012; NEPSTAD *et al.*, 2014). Por fim, a partir de 2009, o desmatamento na Amazônia Legal foi bem abaixo dos anos anteriores, apresentando patamar inferior a 10 mil km², o que pode estar relacionado com as políticas de combate ao desmatamento, como por exemplo, o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) (FERREIRA; COELHO, 2015).

Os diferentes ciclos de transformação do espaço Amazônico estabeleceram, ao longo do tempo, complexas articulações entre distintos atores e agentes envolvidos, muitas vezes motivados pelos interesses econômicos e políticos (BECKER, 2007). Portanto, a ocupação e a transformação do espaço da região mantêm-se até os dias atuais, condicionados por um cenário de conflito de interesses, envolvendo atores, articulações e conjunturas locais, nacionais e globais (COUTINHO *et al.*, 2013).

A Amazônia convive com conflito de interesses ambientais, econômicos e geopolíticos, que se expressam em processos de mercantilização da natureza e apropriação do poder de decisão sobre o uso do território. Em escala nacional o interesse atribuí à região a condição de fronteira de recursos naturais, área de expansão e intensificação do povoamento. Na escala regional e local, a incidência dessas ações, somadas as demandas sociais, é traduzida por uma dinâmica de transformação acelerada, configurando em uma nova geografia amazônica (BECKER, 2004).

O acesso à informação permite incorporar diferentes atores no processo de transformação do espaço amazônico. Sendo assim, as análises sobre os desflorestamentos da Amazônia Legal, bem como de seus impactos ambientais, sociais e econômicos, devem transpor as fronteiras da escala local a global, para promover uma abordagem holística sobre esse fenômeno (COUTINHO *et al.*, 2013).

3.2. Processo de uso e ocupação da terra em Paragominas

O povoamento da região iniciou em meados da década de 1930 com a vinda de diversos colonos e pequenos produtores paulistanos, goianos e mineiros, que passaram a desenvolver, principalmente, pequenas atividades agrícolas de arroz, mandioca, e feijão, expandindo-se à medida que a população se reproduzia ou novas famílias se instalavam na área (SILVA *et al.*, 2011).

O município de Paragominas foi fundado em 1965, possui um território de 19.342,254 km² (19,34 milhões de hectares) e se concentra como um dos pólos de maior desenvolvimento de atividades econômicas no ramo agrário da região amazônica, dentre as principais atividades, destaca-se: criação de gado bovino, manejo florestal, exploração de madeira, reflorestamento, cultivo de soja e outros grãos, bem como a mineração de bauxita (PINTO *et al.*, 2009).

A construção da rodovia BR-010 (Belém-Brasília), os grandes incentivos fiscais, que visavam atrair empresários, fazendeiros e mão-de-obra barata, e a disponibilidade e o baixo preço das terras, propiciaram o desenvolvimento e a intensificação da atividade pecuária, que rapidamente tornou-se a base econômica de Paragominas. Entre início da década de 80 e início da década 90, o município foi considerado o maior produtor bovino e também se consolidou como um dos maiores pólos de produção de madeira do Estado do Pará (ALMEIDA *et al.*, 1998; VERISSÍMO *et al.*, 2002; PINTO *et al.*, 2009). Segundo a HYDRO (2011, p. 51), o município é a terceira maior mina de bauxita do mundo, com uma capacidade de produção de aproximadamente 9,9 milhões de toneladas anuais.

O desenvolvimento de infraestrutura e o crescimento econômico ocasionaram na expansão demográfica da sede municipal. Este conjunto de fatores levou autores como Becker (2004, p. 95) a asseverar que “a Amazônia é um espaço definitivamente urbanizado, mas [...] essa urbanização se apresenta de forma diferenciada, não só intrarregionalmente, mas também dentro das unidades de federação que compõem a região”. A expansão destas frentes econômicas esteve sempre associada à concepção de Amazônia como fonte de desenvolvimento econômico nacional e internacional (CASTRO, 2004).

A ocupação desordenada na região Amazônica resultou em impactos ambientais crescentes. As intervenções antrópicas trouxeram impactos, como poluição dos rios, perda da biodiversidade, redução do potencial produtivo dos solos, aceleração

de processos erosivos, perturbação de comunidades locais, destruição de sítios arqueológicos, queimadas e desmatamento (DANTAS; FONTELES, 2005).

O processo de uso e ocupação de Paragominas influenciou fortemente o crescente desmatamento de 44% de seu território (8.600 km²) até 2010 (MARTINS *et al.*, 2013). Além disso, a alta taxa de desflorestamento em 2008 incluiu o município na lista do Ministério do Meio Ambiente (MMA) como um dos que mais desmatam na Amazônia (BRASIL, 2008). Em vista disso, o município passou a sofrer algumas ações do MMA para intensificar o monitoramento e o controle do desmatamento.

Assim, Paragominas adotou medidas como o Cadastro Ambiental Rural (CAR), que facilitou a fiscalização das áreas desmatadas, e conseqüentemente, os órgãos ambientais de fiscalização pressionaram para que o município se recompusesse do passivo ambiental gerado pelo desmatamento. Com isso, o município integrou o projeto denominado “Programa Municípios Verdes” (PMV) (GUIMARÃES *et al.*, 2011), com objetivo de criar um “pacto de desenvolvimento sustentável”.

No município de Paragominas, grande parte do desmatamento ocorreu entre 1970 e 1995 sob as regras da Lei nº 4.771/1965 (Código Florestal), que estabelecia a manutenção de 50% da área florestal do imóvel como reserva legal. Em 1996, a edição da Medida Provisória nº 1.511 ampliou a reserva legal na Amazônia de 50% para 80%. Dessa forma, aumentaram-se os déficits de reserva legal em áreas de uso anterior a 1996.

A vegetação original da região era composta principalmente por florestas tropicais densas de terra firme e perenes, porém, devido o avanço do desmatamento na região provocado pela agropecuária, grandes áreas de floresta original foram substituídas por florestas secundárias, em diversos estágios de desenvolvimento (PINTO *et al.*, 2009).

Dessa forma, região por ser marcada por um processo histórico de ocupação agropecuária caracterizada por uma grande quantidade de áreas degradadas, adota medidas que na qual o plantio de espécies florestais surja como uma alternativa à recuperação do potencial produtivo dessas áreas e uma atividade econômica de base florestal (PINTO *et al.*, 2009).

Ao contrário de outros municípios da Amazônia onde a dinâmica do colapso tem sido a regra, Paragominas conseguiu evitar o colapso econômico. Nos últimos anos, o município tem mantido um vigoroso crescimento econômico, bem como conseguido gerar melhoria nos indicadores sociais e ambientais.

3.3. Redes complexas

De acordo com Figueiredo (2011), uma rede é uma abstração que permite codificar um relacionamento entre pares de objetos, na computação esta definição é equivalente à definição de um grafo. Segundo Boccaletti *et al.* (2006), uma rede complexa pode ser representada como uma rede de estrutura irregular e abrangente que progride dinamicamente com o tempo.

Pode-se representar uma rede, ou seja, sua estrutura, através de uma matriz (FIGUEIREDO, 2011). Esta matriz codifica todas as arestas da rede e é conhecida como matriz de adjacência, denotada aqui por A . A matriz A é quadrada de n e cada elemento $A(i, j)$ representa o par de vértices (i, j) . Se o par estiver relacionado, então temos que $A(i, j) = 1$, caso contrário $A(i, j) = 0$. Define-se a matriz A da seguinte forma:

$$A(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{se } (i, j) \in E \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Caso a rede esteja codificada a um relacionamento simétrico, então a matriz de adjacência será simétrica com relação a sua diagonal principal. Neste caso, tem-se que $A(i, j) = A(j, i)$. Por outro lado, se o relacionamento for assimétrico, a matriz não será simétrica.

A teoria dos grafos é frequentemente utilizada para simular mudanças no uso e cobertura da terra, permitindo analisar essa dinâmica, tornando-se possível verificar a tendência e a persistência dessas coberturas (MONDAL *et al.*, 2016). Nessas análises, nota-se que as taxas de transição não são constantes ao longo do tempo, demonstrando que o sistema não é estático e isso ocorre devido às diversas variáveis que influenciam na dinâmica de uso e cobertura da terra, tais como: variáveis climatológicas, socioeconômicas e políticas (WALKER, 2004).

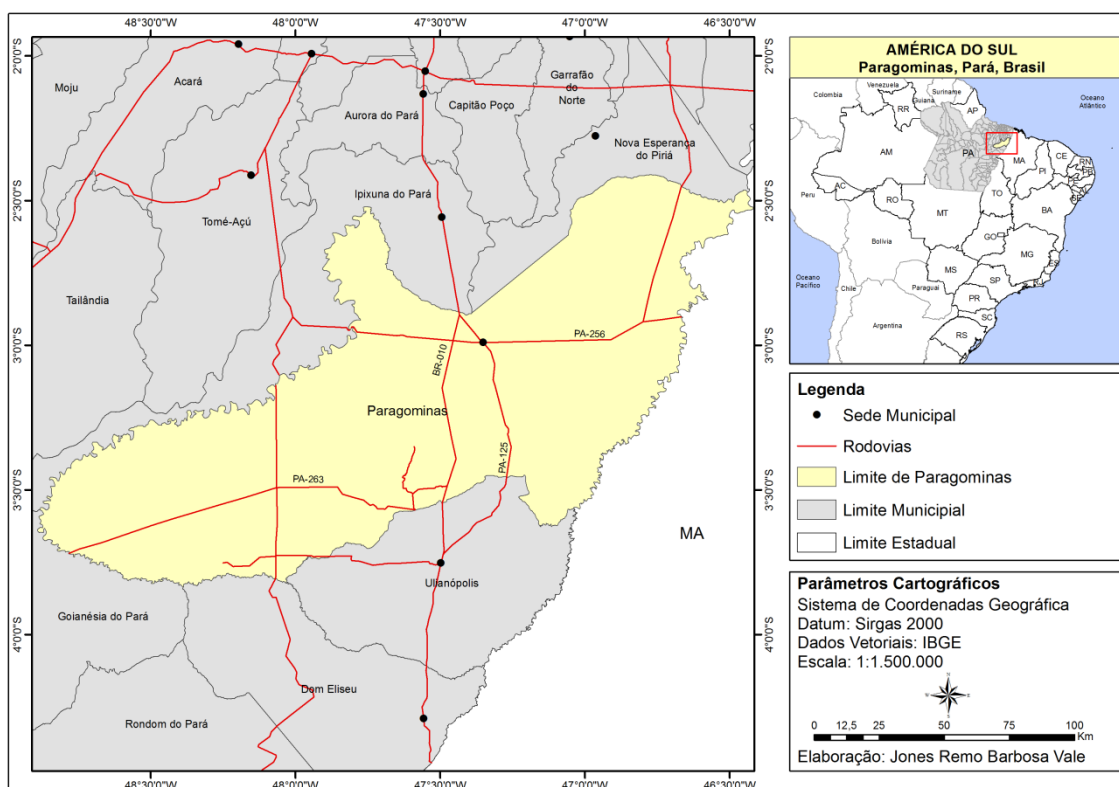
Para analisar a matriz de transição utiliza-se a Cadeia de Markov, que é uma matriz quadrada de dimensão $N \times N$. É uma “matriz estocástica” (HAYKIN, 1999), formada por seus elementos que representam a probabilidade de mudança de uma classe para outra. Assim, um sistema é caracterizado pelos seus estados e a forma pela qual eles se alternam. Os processos de Markov estão baseados na premissa de que existe uma dependência entre um acontecimento e o seu anterior (HARVEY, 1974). Já a rede complexa considera todos os anos num intervalo de tempo maior e as estruturas das ligações das redes, que são importantes na análise dos processos dinâmicos do sistema.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização de Paragominas

O município de Paragominas está localizado na mesorregião do Sudeste Paraense, entre as coordenadas 02°24'3,26'' e 03°50'11,95'' de latitude Sul e 48°53'19,77'' e 46°25'8,47'' de longitude Oeste (Figura 02). Os seus limites confrontam-se com os municípios de Ipixuna do Pará e Nova Esperança do Piriá ao Norte, o estado do Maranhão ao Leste, os municípios de Dom Eliseu, Ulianópolis e Goianésia do Pará ao Sul, e ao município de Ipixuna do Pará a Oeste.

Figura 02 - Localização geográfica do município de Paragominas/PA



Fonte: Elaborador pelo autor (2018).

Paragominas tem uma população estimada em 110.026 habitantes, distribuídos em 19.342,254 km², com uma densidade demográfica de 5,06 hab/km² (IBGE, 2018). A área urbana, onde se concentra aproximadamente 75% da população paragominense, é cortado pela rodovia federal BR-010 e rodovias estaduais PA-256 e PA-125.

Desde 2008, o município integra o PMV que é uma iniciativa do Fundo Vale, política de ordenamento do uso do solo através do aparato regulatório-normativo. Existe a ação conjunta da regularização para a legalidade da terra e ordenação para a economia setorial (agropecuária e silvicultura), uma política de combate ao desmatamento e de promoção do desenvolvimento sustentável (COSTA; FLEURY, 2015).

4.2. Caracterização ambiental de Paragominas

A geologia regional mostra predomínio das formações sedimentares do Cretáceo e Terciário que recobrem os gnaisses, granitos, anfibolitos e pegmatitos do Pré-Cambriano Indiviso e os sedimentos metamorfizados do Grupo Gurupi (RADAMBRASIL, 1973a). Sobreposta ao Grupo Gurupi, de forma discordante, ocorre a Formação Itapecuru, constituída predominantemente de arenitos finos, caulínicos, argilitos laminados e calcários margosos fossilíferos, com intercalações de leitos de siltitos e conglomerados basais contendo seixos de basalto (CARNEIRO *et al.*, 2017).

Sobreposta a Formação Ipixuna ocorre uma cobertura detrítico laterítica composta por uma crosta laterítica-bauxítica, argilas caulínicas e arenitos argilosos às vezes conglomeráticos, que aparece nas partes topográficas mais elevadas na forma de platôs descontínuos. Localmente, junto aos cursos d'água, ocorrem depósitos aluvionares inconsolidados recentes como cascalhos, areias e argilas (CPRM, 2000).

Paragominas possui uma topografia com níveis altimétricos mais elevados que a média dos municípios da Microrregião de Paragominas. Mais de 70% da área do município se encontra entre 50 e 150 metros acima do nível do mar, inclusive a sua sede localizada numa altitude de 90 metros (CARNEIRO *et al.*, 2017). O relevo apresenta tabuleiros relativamente elevados e aplainados, formas colinosas fortemente dissecadas em formações sedimentares. Morfoestruturalmente a região faz parte da unidade que se convencionou chamar de Planalto Sul do Pará/Maranhão (RADAMBRASIL, 1973b).

De acordo com a EMBRAPA (2002), os solos predominantes no município originados de rochas sedimentares do Terciário e Quaternário, apresentam baixa fertilidade natural e boas propriedades físicas, são: a) Latossolos Amarelos (profundos, bem drenados, apresentam textura muito argilosa, podem ser encontrados em áreas com relevo plano a ondulado); b) Argissolos Amarelos (formados por material com argila de atividade baixa, textura arenosa, bem drenados e muito profundos, ocorrendo em áreas com relevo plano a ondulado); c) Gleissolos Háplicos (solos periodicamente ou permanentemente saturados com água e se desenvolvem a partir de sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água, de textura argilosa, ocorrem em relevo plano).

Quanto a sua hidrografia, Paragominas tem duas bacias hidrográficas principais: a do rio Capim, cujos tributários se ramificam por 54% da área do município, e a do rio Gurupi que ocupa os 46% restantes (PINTO *et al.*, 2009). Em relação ao clima, é classificado como tropical monção - Am, conforme a classificação de Köppen (FISCH *et al.*, 1998; LOPES *et al.*, 2013).

4.3. Materiais

Para a delimitação da área do município de Paragominas foi utilizado o arquivo em formato digital *shapefile* obtido por meio da base cartográfica digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), escala 1:250.000. O estudo foi subsidiado pelos dados do Projeto TerraClass, com escala de mapeamento 1:100.000, cenas 222/62, 222/63, 223/62 e 223/63, referentes ao mapeamento dos anos de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014 que são disponibilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (ALMEIDA *et al.*, 2016).

O processamento dos dados foi realizado em ambiente de SIG. Para produção dos mapas foi utilizado o software ArcGis versão 10.1. Já para a análise da rede complexa foi utilizado o software livre Gephi versão 0.9.1, que consiste em uma plataforma interativa de visualização e exploração de todos os tipos de redes e sistemas complexos, grafos dinâmicos e hierárquicos. A representação das transições das classes de uso e ocupação da terra foi apresentada através dos diagramas de Sankey.

4.4. Metodologia

O projeto TerraClass realiza o mapeamento das seguintes classes: Agricultura Anual, Área Não Observada, Área Urbana, Desflorestamento, Floresta, Hidrografia, Mosaico de Ocupações, Não floresta, Outros, Mineração, Pasto com Solo Exposto, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Reflorestamento, Regeneração com Pasto e Vegetação Secundária, sendo que as classes Floresta, Desmatamento, Hidrografia e Não Floresta são compiladas diretamente do banco de dados do PRODES (ALMEIDA *et al.*, 2016).

A partir dos mapeamentos referentes ao município de Paragominas foram realizadas as quantificações de área de cada classe mapeada e a análise da dinâmica da cobertura e do uso da terra nos anos de estudo, que são de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014. Para tal, adotou-se as seguintes classes: Agricultura Anual (AA), Floresta (FLO) e Vegetação Secundária (VS) cujas áreas foram obtidas diretamente do mapeamento. As classes Pasto com solo exposto, Pasto limpo e Pasto sujo foram agrupadas em uma única classe aqui denominada Pastagem (PAS) e demais foram agrupadas em outra classe denominada Demais Classes (DC). As características de cada classe estão dispostas no Quadro 01.

A partir da obtenção dos mapas temáticos, foi realizado o balanço entre as alterações de uso e ocupações ocorridas entre 2004 e 2014 para verificar quais as classes

perderam e quais as que ganharam área, através da utilização de uma matriz de transição (ROMERO-RUIZ *et al.*, 2012).

Quadro 01 - Características das classes do mapeamento do TerraClass

CLASSE	CARACTERÍSTICAS
Agricultura	Áreas extensas com predomínio de culturas de ciclo anual, sobretudo de grãos, com emprego de padrões tecnológicos elevados, tais como uso de sementes certificadas, defensivos e mecanização, entre outros.
Floresta	Área de floresta primária, da Amazônia Legal não alterada, com o seguinte padrão vertical: <ul style="list-style-type: none"> • Estrato arbóreo com árvores de folhas latifoliadas, não decíduas e presença mandatória de árvores com altura entre 15 e 60 metros. • Estrato arbustivo com árvores de folhas latifoliadas, não decíduas e presença mandatória de árvores com altura entre 3 e 15 metros. • Estrato herbáceo com gramíneas de presença mandatória com cobertura de altura entre 1 a 2 metros.
Pastagem	Áreas que, após o corte raso da vegetação natural e o desenvolvimento de alguma atividade agropastoril, encontram-se no início do processo de regeneração da vegetação nativa, ou, predomínio de vegetação herbácea, e cobertura de espécies de gramíneas entre 90 e 100%
Vegetação Secundária	Áreas que, após a supressão total da vegetação florestal, encontram-se em processo avançado de regeneração da vegetação arbustiva e/ou arbórea ou que foram utilizadas para a prática de silvicultura ou agricultura permanente com uso de espécies nativas ou exóticas.
Demais Classes	Áreas com: manchas urbanas decorrentes da concentração populacional; de extração mineral com a presença de clareiras e solos expostos; áreas de associação de diversas modalidades de uso da terra e que devido à resolução espacial das imagens de satélite não é possível uma discriminação entre seus componentes; áreas que não se enquadram nas chaves de classificação e apresentam padrão de cobertura diferenciada de todas as demais classes; áreas que tiveram sua interpretação impossibilitada pela presença de nuvens ou sombra de nuvens.

Fonte: COUTINHO *et al.* (2013).

4.5. Metodologia de caracterização das redes

Por meio do grafo é possível estudar as interações entre os objetos do grupo. Assim, a construção do grafo ocorre segundo Rabuske (1992) que define um grafo G como sendo um par ordenado (V, E) , onde V é um conjunto e E uma relação binária sobre V . Os elementos de V são denominados de vértices ou pontos ou nós, e os pares ordenados de E são denominados de arestas ou linhas ou arcos do grafo.

Algumas medidas são utilizadas para calcular e caracterizar as estruturas de redes complexas. Faz-se necessário o cálculo dessas medidas para obter informações estruturais e características das redes, pois apenas a visualização da mesma não é suficientemente precisa para algumas definições de acordo com a grande quantidade de vértices. A rede criada para análise é definida como rede dirigida e o algoritmo utilizado para a distribuição é chamado de Fruchterman Reingold.

4.5.1. Grau

A conectividade, ou grau, é uma medida extremamente importante de ser calculada. O grau de um vértice i é dado pelo número de arestas que se conectam a ele, para redes não dirigidas, denotado por k_i , que pode ser obtido através da seguinte equação, em termos da matriz de adjacência, onde a_{ij} é o elemento (i, j) da matriz alfa.

$$k_i = \sum_{j=1}^N a_{ij}$$

4.5.2. Distribuição de conectividade

Esta medida é responsável por caracterizar através da distribuição das conexões a organização da rede complexa. Adota-se $P(k)$, onde k é a conectividade, e o valor de $P(k = d)$ representa a probabilidade em que pode ser encontrado um vértice com $k = d$ conexões na rede.

4.5.3. Grau médio ponderado

Esta variável é definida como a soma dos pesos de um nó, ou seja, em grafos que trabalham com pesos entre nós e arestas é possível calcular a força que há entre um nó específico e outros nós. Quanto maior o peso do nó, maior a probabilidade deste nó ser o centro de cluster. Este grau pode ser calculado através da seguinte equação:

$$WD_i = \sum W_{ij}$$

onde W_{ij} ($W_{ij} > 0$) expressa o coeficiente de peso entre os nós i e j .

4.5.4. Comprimento médio do caminho

O comprimento médio do caminho é definido como o valor médio entre a distância entre dois nós quaisquer, segundo a equação:

$$L = \frac{1}{\binom{1}{2} N(N-1)} \sum_{i \geq j} d_{ij}$$

onde N é o número de nós da rede.

4.5.5. Conexões fracas

Apenas grafos direcionados podem possuir conexões fracas, o que é definida quando dois vértices i e j estão conectados, porém existe apenas um caminho direcionado de i para j ou vice e versa no grafo (BONDY, 1977).

4.5.6. Conexões fortes

Um grafo direcionado é considerado fortemente conexo, quando e existe um caminho entre quaisquer pares de vértices, ou seja, quando todos os nós do grafo estão conectados entre si, considera-se que há fortes ligações no grafo (BONDY, 1977).

4.6. Matriz de Transição

A avaliação das mudanças na paisagem, processo de uso e ocupação da terra, é fundamental para a eficiência na gestão territorial. A mensuração dessas transformações no tempo e espaço é possível obter potenciais indicadores-chaves, pois agregam diversos aspectos bióticos e abióticos. Diversos pesquisadores utilizam a matriz de transição para analisar as mudanças na paisagem, pois ela permite o cálculo das probabilidades de transição, que por sua vez, permitem a execução de simulações pretéritas e a geração de cenários prospectivos variados (MACEDO *et al.*, 2013.)

A matriz de transição auxilia na interpretação das mudanças ocorridas no período. Quando se trabalha com a matriz de transição simples, geralmente perdem-se mudanças sistemáticas e geram indagações como: as mudanças que ocorreram em um determinado local foram de forma sistemática ou aleatória, onde as mudanças aleatórias são influenciadas por processos únicos e ao acaso, como mudanças rápidas. Em contrapartida, a transição sistemática, resulta-se de processos de mudança regular ou comum (desenvolvimento de fronteira, crescimento populacional, mudanças de governo, etc.). Dessa forma é possível analisar sinais fortes e padrões de mudanças (BRAIMOH; VLEK, 2005).

A matriz de transição é uma matriz quadrada de dimensão $N \times N$. É uma “matriz estocástica” (HAYKIN, 1999), que é formada por seus elementos que representam a

probabilidade de mudança de uma classe para outra. Ela é uma representação matemática dos processos de Markov e é uma formalização de modelagem de sistemas que descrevem o sistema como um processo estocástico (SILVA, 1992). Assim, um sistema é caracterizado pelos seus estados e a forma pela qual eles se alternam. Os processos de Markov estão baseados na premissa de que existe uma dependência entre um acontecimento e o seu anterior (HARVEY, 1974).

É um método utilizado para identificar as transições de classes entre diferentes anos, ou seja, persistências, perdas e ganhos entre cada classe em transição de um ano T1 para um ano T2, auxiliando a interpretação da dinâmica de mudanças ocorridas em determinado período estudado (PONTIUS JR.; SANTACRUZ, 2004).

A representação da mudança de uso da terra é feita por C_{ij} dada, em km². Nesta matriz a variável C refere-se a classe enquanto que os índices i refere-se ao tempo 1 e o índice j refere-se ao tempo 2. Desta maneira, a nomenclatura C_{ij} sugere a proporção de perda de cada classe da categoria i para a categoria j . Na diagonal principal C_{jj} indica a persistência, indicando a persistência da classe. Os valores fora da diagonal principal indicam uma transição da classe no tempo i para o tempo j .

A Tabela 01 apresenta uma linha e uma coluna adicionais. A coluna adicional indicada do lado direito, apresenta a proporção da classe que experimenta uma perda bruta na categoria i entre os tempos 1 e 2. A linha adicional inferior indica a proporção da classe que experimentou ganho bruto da categoria j entre dos tempos 1 e 2.

Tabela 01 - Matriz 5x5 de uso e ocupação da terra (C é qualquer conversão de um uso para outro)

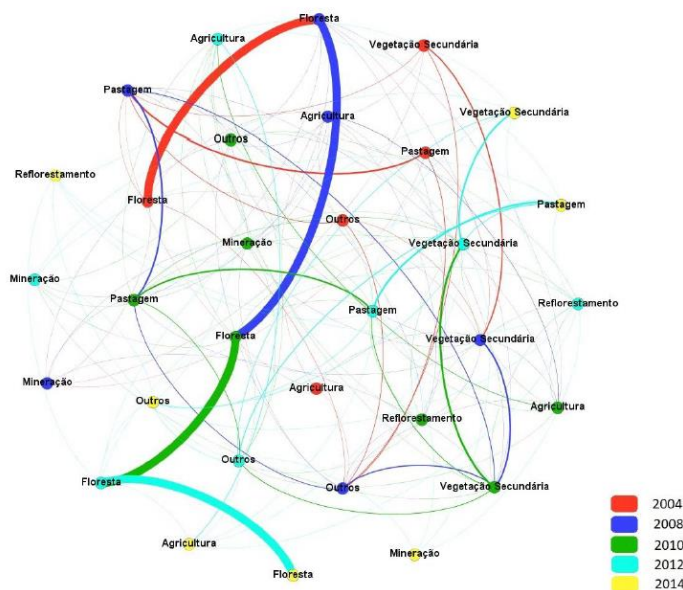
		Tempo 2					TOTAL	PERDA
		Agricultura	Demais Classes	Floresta	Pastagem	Vegetação Secundária		
Tempo 1	Agricultura	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{1+}	$C_{1+} - C_{11}$
	Demais Classes	C_{21}	C_{22}	C_{23}	C_{24}	C_{25}	C_{2+}	$C_{2+} - C_{22}$
	Floresta	C_{31}	C_{32}	C_{33}	C_{34}	C_{35}	C_{3+}	$C_{3+} - C_{33}$
	Pastagem	C_{41}	C_{42}	C_{43}	C_{44}	C_{45}	C_{4+}	$C_{4+} - C_{44}$
	Vegetação Secundária	C_{51}	C_{52}	C_{53}	C_{54}	C_{55}	C_{5+}	$C_{5+} - C_{55}$
TOTAL		C_{+1}	C_{+2}	C_{+3}	C_{+4}	C_{+5}	1	
GANHO		$C_{+1} - C_{11}$	$C_{+2} - C_{22}$	$C_{+3} - C_{33}$	$C_{+4} - C_{44}$	$C_{+5} - C_{55}$		

Fonte: Pontius Jr. e Santacruz (2014). Adaptado pelo autor (2018).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises das redes complexas por meio do grafo, ilustrado pela Figura 03, apresenta um total de 32 nós e 137 arestas. Entre as variáveis encontradas, calculou-se o grau médio do grafo, que é definido como o total de interações entre os nós, tanto de entrada, como de saída, cuja média encontrada foi de 4,281, ou seja, em uma estimativa média, cada nó apresenta, aproximadamente, 4 ligações. A partir dos dados foi possível determinar algumas medidas de caracterização da rede conforme disposto na Tabela 02.

Figura 03 - Rede complexa dos dados TerraClass entre 2004 e 2014 de Paragominas/PA



Fonte: INPE/TerraClass (2004-2014). SILVA (2017). Adaptado pelo autor (2018).

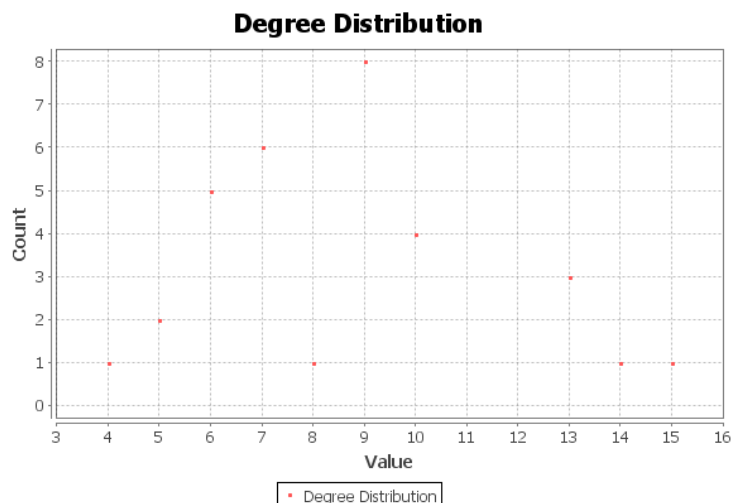
Tabela 02 - Caracterização da Rede Complexa da dinâmica de uso e ocupação da terra entre os anos de 2004-2014 no município de Paragominas/PA

VARIÁVEL	RESULTADO
Grau	4,281
Grau médio ponderado	2414,014
Comprimento médio do caminho	1,762
Densidade	0,138
Diâmetro da Rede	5
Modularidade	0,184
Conexões fracas	1
Conexões fortes	32

Fonte: INPE/TerraClass (2004-2014). Elaborador pelo autor (2018).

O valor de conectividade média de grau, ou seja, entre todas as ligações de entradas e saídas entre os nós, a média encontrada foi de 4,281 ligações em cada nó. Quanto mais elevado à média de ligações, de entrada ou saída, maior é o número de arestas existentes no grafo, que apresentou um total de 137 arestas distribuídas entre 32 nós. A Figura 04 representa a distribuição dos dados em relação ao *average degree*, ou seja, grau médio, demonstrando que há uma variação em cada nó de 4 até 15 ligações.

Figura 04 - Gráfico de distribuição dos dados médios de grau da rede complexa

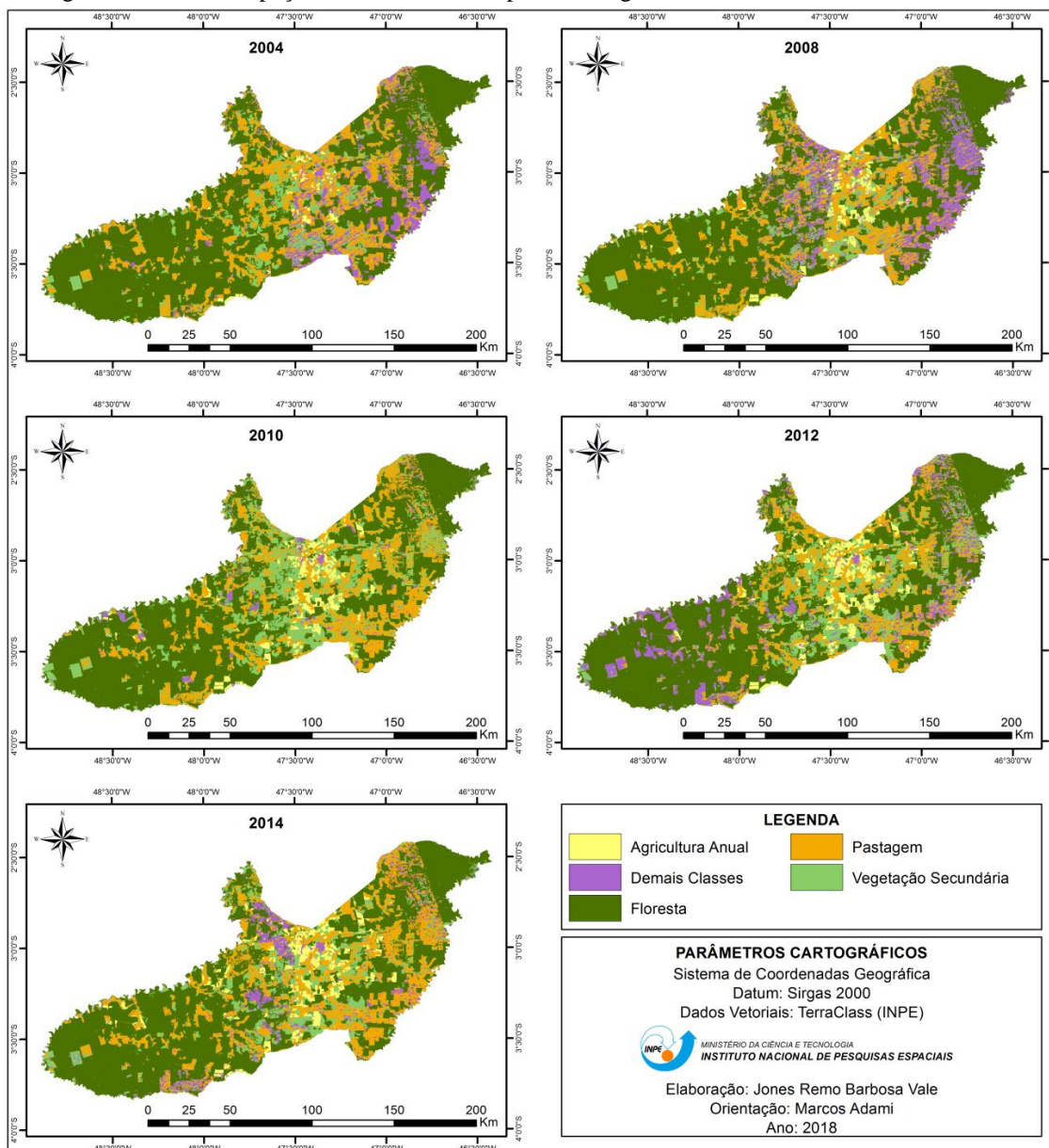


Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

O município de Paragominas apresenta Grau médio ponderado de 2414,014 km². Segundo Müller-Hansen (2017), quanto menor a agregação espacial, ou seja, menor o tamanho das sub-regiões, maior a variabilidade do espaço no tempo. Em relação à densidade demonstra o grau de comportamento dos agrupamentos de vértices, onde há alta densidade de arestas significa que estão mais interligadas entre elas e baixa densidade de arestas interligam grupos distintos. O resultado obtido foi de 0,138, uma densidade muito alta, assim, a rede caracteriza-se como fortemente conectada.

A representação espacial do processo de uso e ocupação da terra para as áreas desflorestadas no município de Paragominas mostram perceptíveis mudanças, ambas as cenas ocorrem alterações sobre as classes analisadas entre os períodos de 2004 a 2014. O município passou por um intenso processo antropização de áreas de florestais, convertendo estas áreas para pastagem. Mais recentemente, está ocorrendo nesta região um processo de conversão de áreas, tanto florestais quanto pastagem, para o desenvolvimento de cultivo agrícola de grãos. As Figuras 05, 06, 07 e 08 e, a Tabela 03 apresentam os dados da distribuição temporal e as transições das classes de uso e ocupação da terra em Paragominas.

Figura 05 - Uso e ocupação da terra do município de Paragominas/PA entre os anos de 2004-2014



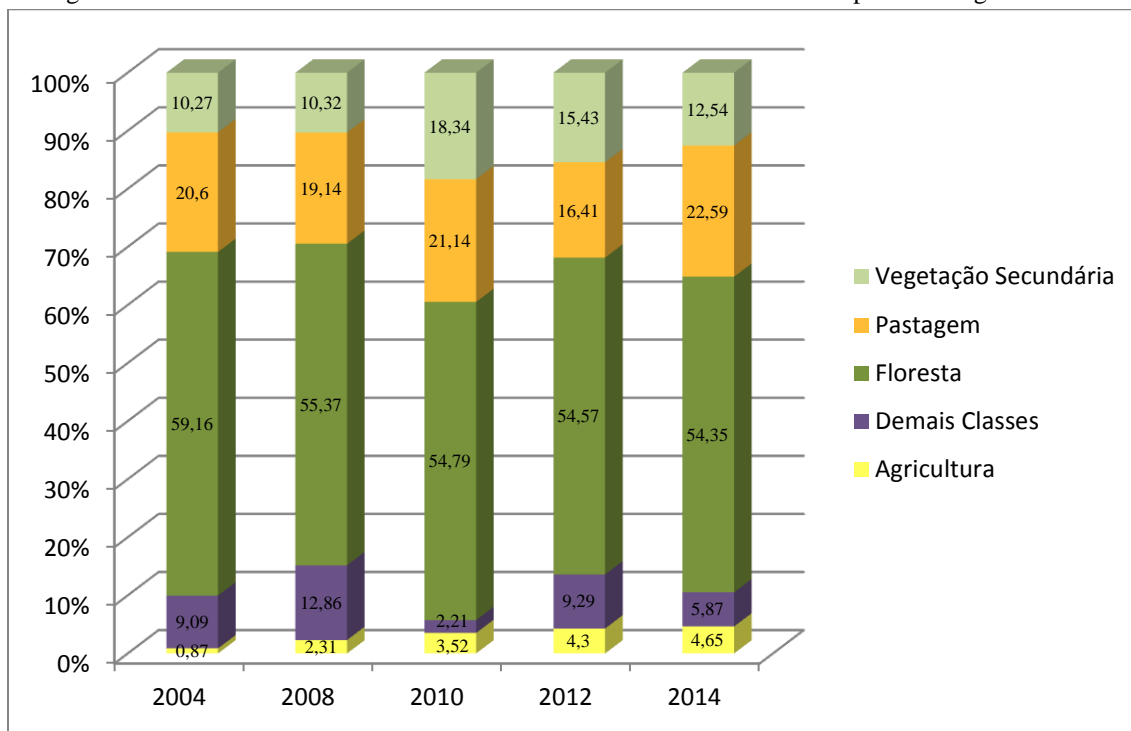
Fonte: INPE/TerraClass (2004-2014). Elaborador pelo autor (2018).

Tabela 03 - Distribuição de cada classe (km² e %) entre os anos de 2004-2014 em Paragominas/PA

CLASSE	2004		2008		2010		2012		2014	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Agricultura	168,30	0,87	446,95	2,31	679,31	3,52	830,63	4,30	897,97	4,65
Demais Classes	1.756,23	9,09	2.484,20	12,86	426,19	2,21	1.794,25	9,29	1.133,06	5,87
Floresta	11.424,67	59,16	10.692,15	55,37	10.581,49	54,79	10.538,64	54,57	10.495,92	54,35
Pastagem	3.978,60	20,60	3.695,49	19,14	4.083,45	21,14	3.169,33	16,41	4.363,18	22,59
Vegetação Secundária	1.984,29	10,27	1.993,29	10,32	3.541,64	18,34	2.979,24	15,43	2.421,97	12,54

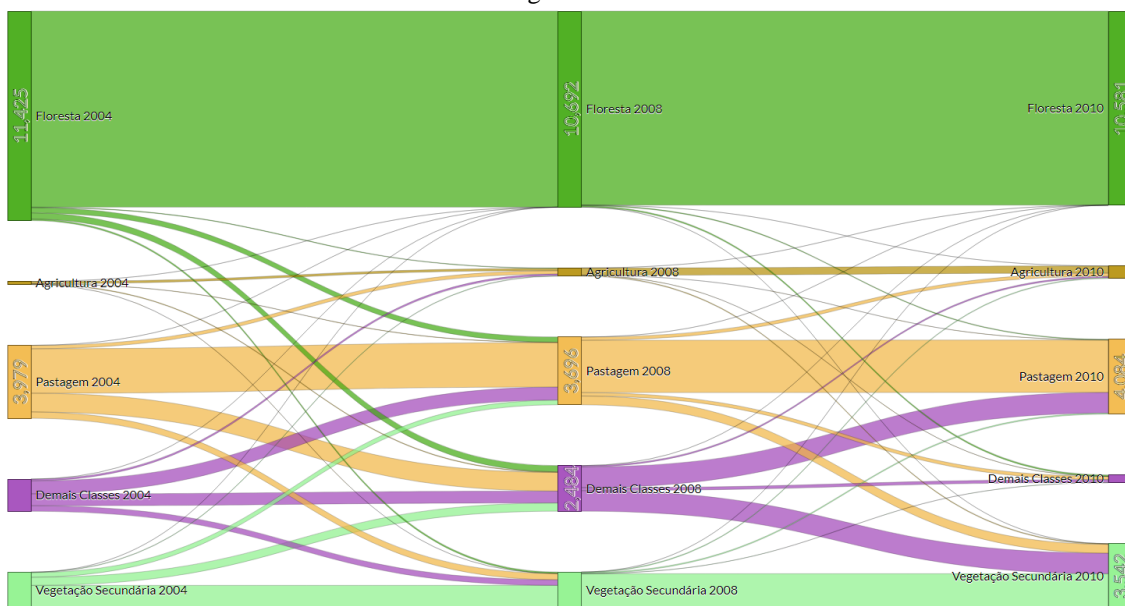
Fonte: INPE/TerraClass (2004-2014). Elaborador pelo autor (2018).

Figura 06 - Percentual de cada classe entre os anos de 2004-2014 do município de Paragominas/PA



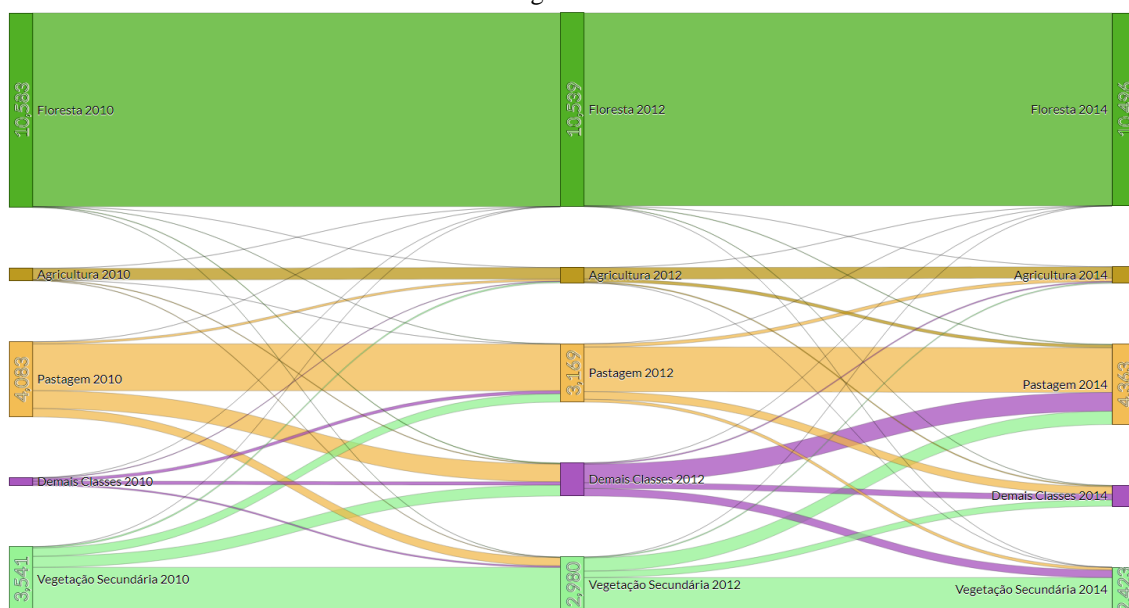
Fonte: INPE/TerraClass (2004-2014). Elaborador pelo autor (2018).

Figura 07 - Diagrama de Sankey da transição das classes de uso e ocupação da terra 2004-2008-2010 em Paragominas/PA



Fonte: INPE/TerraClass (2004-2014). Elaborador pelo autor (2018).

Figura 08 - Diagrama de Sankey da transição das classes de uso e ocupação da terra 2010-2012-2014 em Paragominas/PA



Fonte: INPE/TerraClass (2004-2014). Elaborador pelo autor (2018).

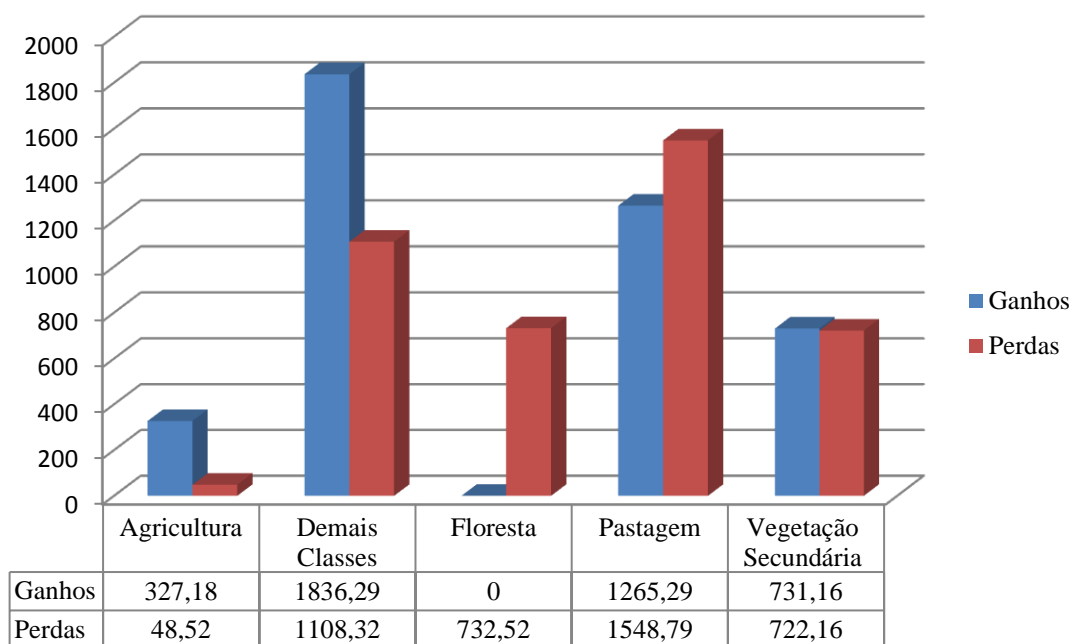
Conforme apresentado na Tabela 03 e nas Figuras 05 e 06, a classe temática de maior expressão territorial foi “Floresta”, apesar da sua diminuição conforme expresso nas Figuras 07 e 08, ocupando assim 10.495,92 km² de área equivalente a 54,35% de Paragominas até o ano de 2014. Por meio das matrizes de transição geradas (Tabelas 04, 05, 06 e 07), foi possível observar as transições entre as classes analisadas, conforme disposto em Pontius Jr. e Santacruz (2004). Nas Figuras 09, 10, 11 e 12 observa-se o comportamento da dinâmica do uso da terra, os ganhos e perdas entre as classes de uso em diferentes anos.

Tabela 04 - Matriz de transição entre os anos de 2004-2008, área em km², do município de Paragominas/PA

		2008					TOTAL
		Agricultura	Demais Classes	Floresta	Pastagem	Vegetação Secundária	
2004	Agricultura	119,78	31,40	0,00	15,89	1,23	168,30
	Demais Classes	93,51	647,91	0,00	710,37	304,44	1.756,23
	Floresta	25,94	339,83	10.692,15	285,84	80,91	11.424,67
	Pastagem	185,09	1.019,12	0,00	2.429,81	344,58	3.978,60
	Vegetação Secundária	22,64	445,94	0,00	253,57	1262,13	1.984,29
TOTAL		446,96	2.484,20	10.692,15	3.695,49	1.993,29	19.312,08

Fonte: INPE/TerraClass (2004-2008). Elaborador pelo autor (2018).

Figura 09 - Gráfico de ganhos e perdas em km² de cada classe entre 2004-2008



Fonte: INPE/TerraClass (2004-2008). Elaborador pelo autor (2018).

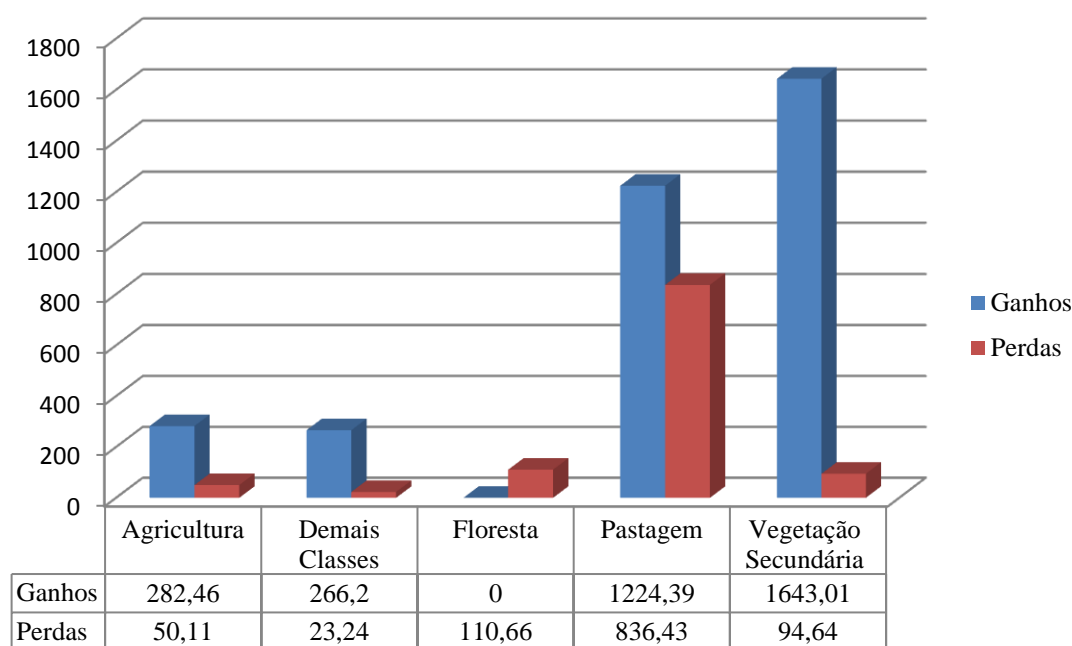
A análise da dinâmica do uso da terra nos anos de 2004 e 2008, entre todas as classes estudadas, pode-se destacar: a classe de floresta com uma perda total de 732,52 km² e a classe de agricultura anual com um ganho de 278,66 km², totalizando área de 10.692,15 km² e 446,96 km², respectivamente, conforme apresentado na Tabela 04 e Figura 09.

Tabela 05 - Matriz de transição entre os anos de 2008-2010, área em km², do município de Paragominas/PA

		2010					TOTAL
		Agricultura	Demais Classes	Floresta	Pastagem	Vegetação Secundária	
2008	Agricultura	396,84	7,29	0,00	5,66	37,15	446,95
	Demais Classes	73,28	159,99	0,00	1.128,71	1.122,22	2.484,20
	Floresta	0,92	71,40	10.581,49	36,52	1,82	10.692,15
	Pastagem	174,08	180,53	0,00	2.859,06	481,82	3.695,49
	Vegetação Secundária	34,18	6,97	0,00	53,50	1.898,63	1.993,27
TOTAL		679,30	426,18	10.581,49	4.083,45	3.541,64	19.312,06

Fonte: INPE/TerraClass (2008-2010). Elaborador pelo autor (2018).

Figura 10 - Gráfico de ganhos e perdas em km² de cada classe entre 2008-2010



Fonte: INPE/TerraClass (2008-2010). Elaborador pelo autor (2018).

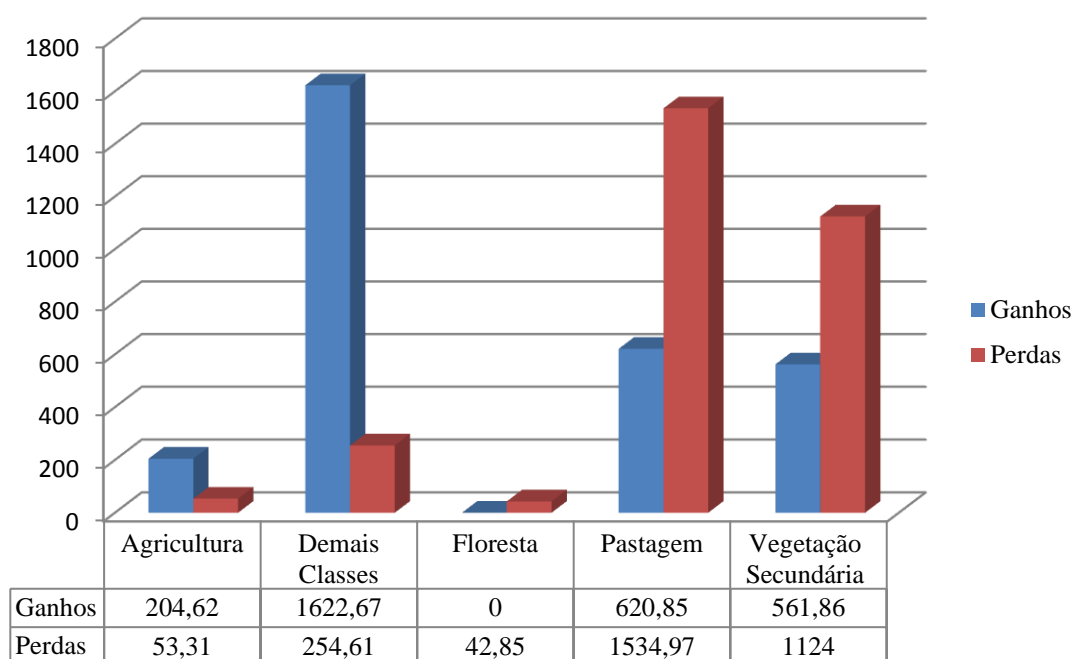
Entre os anos de 2008-2010, conforme a Tabela 03 e a Figura 10 destaca-se o ganho na classe vegetação secundária representando uma estimativa de 1.548,37 km², área esta que pode ter sido recuperada de forma natural ou artificial com o passar do tempo. Houve também crescimento das classes de pastagem e agricultura, com ganhos de 387,96 e 232,35 km² respectivamente. A classe que apresentou maior perda foi à classe de floresta com 110,66 km².

Tabela 06 - Matriz de transição entre os anos de 2010-2012, área em km², do município de Paragominas/PA

		2012					TOTAL
		Agricultura	Demais Classes	Floresta	Pastagem	Vegetação Secundária	
2010	Agricultura	626,00	29,68	0,00	0,03	23,60	679,31
	Demais Classes	26,85	171,58	0,00	154,49	73,28	426,19
	Floresta	0,08	26,73	10.538,64	8,51	7,53	10.581,49
	Pastagem	109,54	967,97	0,00	2.548,48	457,46	4.083,45
	Vegetação Secundária	68,15	598,30	0,00	457,82	2.417,38	3.541,64
TOTAL		830,63	1.794,25	10.538,64	3.169,33	2.979,24	19.312,09

Fonte: INPE/TerraClass (2010-2012). Elaborador pelo autor (2018).

Figura 11 - Gráfico de ganhos e perdas em km² de cada classe entre 2010-2012



Fonte: INPE/TerraClass (2010-2012). Elaborador pelo autor (2018).

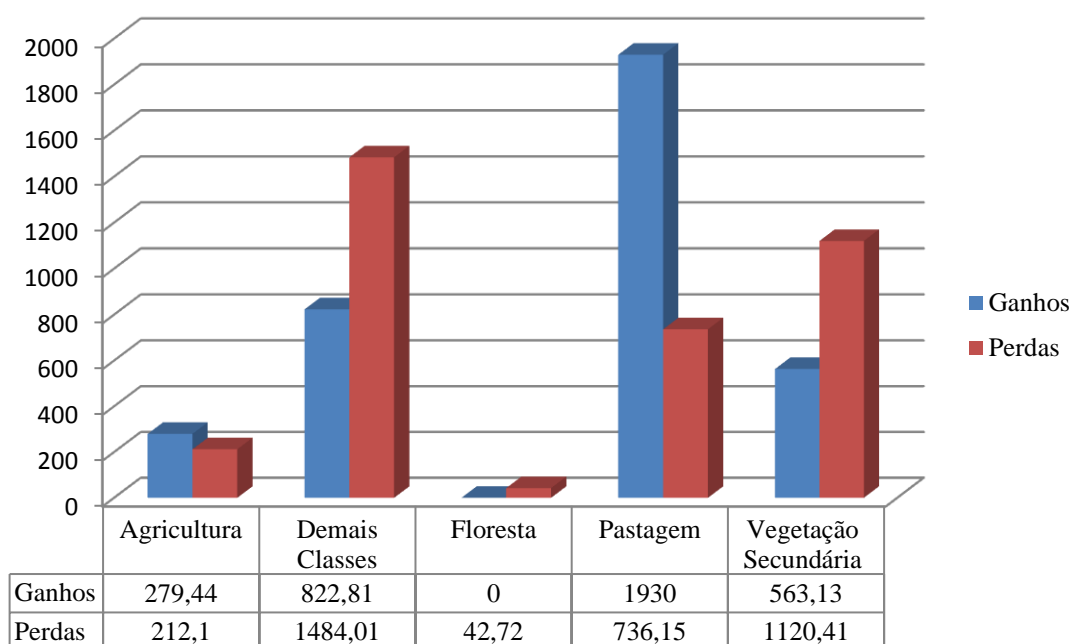
Em relação à transição dos anos de 2010-2012, há um grande ganho na classe demais classes conforme apresentado na Tabela 06 e na Figura 11, fato este que pode ter sido influenciado por variáveis climáticas na obtenção dos dados para a classificação, como grande concentração de área de nuvens. Além das demais classes, a classe de agricultura houve um ganho de 151,31 km². Entretanto, nesta transição constatou-se que houve perdas nas classes de pastagem e vegetação secundária, correspondente a aproximadamente 914,12 e 562,14 km², respectivamente.

Tabela 07 - Matriz de transição entre os anos de 2012-2014, área em km², do município de Paragominas/PA

		2014					TOTAL
		Agricultura	Demais Classes	Floresta	Pastagem	Vegetação Secundária	
2012	Agricultura	618,53	49,47	0,00	162,08	0,54	830,63
	Demais Classes	58,09	310,24	0,00	1.016,77	409,15	1.794,25
	Floresta	0,62	12,46	10.495,92	26,13	3,51	10.538,64
	Pastagem	173,13	413,09	0,00	2.433,18	149,93	3.169,33
	Vegetação Secundária	47,60	347,79	0,00	725,01	1.858,84	2.979,24
TOTAL		897,97	1.133,06	10.495,92	4.363,18	2.421,97	19.312,09

Fonte: INPE/TerraClass (2012-2014). Elaborador pelo autor (2018).

Figura 12 - Gráfico de ganhos e perdas em km² de cada classe entre 2012-2014



Fonte: INPE/TerraClass (2012-2014). Elaborador pelo autor (2018).

A dinâmica de transição dos processos de uso da terra entre 2012-2014 evidencia o crescimento das classes de agricultura e pastagem, com ganhos respectivamente de 67,34 e 1.193,85 km². As classes que apresentaram maior perda foram demais classes e vegetação secundária com 661,19 e 557,27 km².

As análises realizadas sobre os processos de transição de uso e ocupação da terra no município de Paragominas constata-se que o município apresenta um alto grau de dinamismo e o resultado pode ser observado na Tabela 08.

Tabela 08 - Saldo em km² de cada classe entre 2004-2014

	2004-2008	2008-2010	2010-2012	2012-2014
Agricultura	278,66	232,36	151,31	67,34
Demais Classes	727,97	-2058,02	1368,06	-661,19
Floresta	-732,52	-110,66	-42,85	-42,72
Pastagem	-283,11	387,96	-914,11	1193,85
Vegetação Secundária	9,01	1548,37	-562,41	-557,27

Fonte: INPE/TerraClass (2004-2014). Elaborador pelo autor (2018).

Ao analisar as matrizes de transição 2004-2008, 2008-2010, 2010-2012 e 2012-2014, ganhos e perdas de cada classe, levando-se em conta os desflorestamentos posteriores a 2008, pode-se verificar a transição de usos para o Estado do Pará.

Áreas florestais são convertidas em pastagem e por sua vez essas áreas de pastagem são convertidas em vegetação secundária. Esse ciclo é bastante comum em outros lugares da Amazônia, chamado comente de pousio, ou tempo de repouso dos solos (BROWN; LUGO, 1990; PERZ; SKOLE, 2003). Essas áreas desflorestadas posteriores a 2008 foram convertidas para pastagem e vegetação secundária, posteriormente, convertidas para a agricultura.

A atividade agropecuária corresponde a 5.621,15 km², equivalente a 27,24% de ocupação do solo. A vegetação secundária somada à floresta corresponde a 12.917,89 km², equivalente a 66,89% de ocupação do solo e a classe demais classes corresponde a 1.133,06 km², equivalente a 5,86% de ocupação do solo de Paragominas. Dentre as classes de uso e ocupação da terra, a que prevaleceu com maior percentual é a Floresta. Os resultados obtidos corroboram com as análises de Adami *et al.* (2015), onde indicaram que, no Estado do Pará, as classes que obtiveram as maiores frequências na substituição das áreas florestais foram agricultura, pastagem e vegetação secundária.

Em estudos sobre as dinâmicas e transições dos processos de uso e ocupação da terra na Amazônia brasileira, Espindola *et al.*, (2012), Gollnow & Lakes (2014) e Sousa *et al.* (2017), relataram que, em um intervalo de aproximadamente 10 anos, houve um decréscimo das áreas florestais e ampliação das atividades agropecuárias em virtude das taxas de desmatamento. Assim as expansões de agricultura e pastagem estão intimamente relacionadas com o desmatamento na Amazônia.

A diminuição da classe floresta e o crescimento das classes de pastagem e agricultura, isso têm ocasionado fortes pressões nesse ecossistema. A intensificação da pecuária provoca a busca por novas áreas que ocasiona no aumento do desmatamento de grandes áreas para a implantação de pastagens, aliadas às práticas tradicionais de preparo do solo para a agricultura que se apoiam em derrubada da mata, seguida de queimadas para melhor aproveitamento. Essas perdas refletem em danos irreparáveis para o ecossistema local e a integridade funcional, onde a extinção e a biodiversidade estão sendo ameaçadas, ocasionando perda de diversidade genética e desequilíbrio nos ciclos hidrológicos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Áreas florestais têm sofrido perdas, sobretudo, para os sistemas de produção tradicional na Amazônia, constituindo-se na classe mais vulnerável a perda e mudança de uso e ocupação da terra. Inicialmente essas áreas eram convertidas para vegetação secundária e pastagem. Mais recentemente, constata-se o crescimento da agricultura no município de Paragominas e então as áreas de floresta, de vegetação secundária e de pastagem tem incrementado a expansão das áreas de cultivo agrícola de grão, principalmente, de soja e milho. Portanto, avalia-se que a dinâmica do processo de uso e ocupação da terra em áreas desflorestadas está baseada na consolidação da agropecuária como matriz econômica.

O processo de análise por meio de redes complexas e transições mostraram-se como uma ferramenta muito importante para compreensão da dinâmica do processo de uso e ocupação da terra, bem como pode ser aplicado em áreas que apresentem necessidade de pesquisas dos quais são necessários compreender os processos de transição e de persistências de classes.

O monitoramento da evolução do processo de uso e ocupação da terra em área desflorestadas por meio dos dados do Projeto TerraClass, se mostrou válida para retratar a distribuição de usos da terra em diferentes períodos, assim como para analisar as mudanças ocorridas e seus principais condicionantes.

Pesquisas desta natureza são importantes para verificar a atual situação da paisagem, principalmente, nos municípios da Amazônia Legal, tendo em vista que nos últimos anos tem sofrido com processos intensos de uso e ocupação da terra. O fortalecimento da gestão ambiental através de políticas públicas apropriadas, juntamente com programas socioambientais e educacionais que promovam a recomposição e a conservação dos recursos naturais que estejam ameaçados são fundamentais para a preservação e manutenção dos ecossistemas. Além disso, é importante manter a fiscalização e a preservação, nos termos da legislação ambiental, sobre áreas que ainda apresentam resquícios de floresta nativa. Para tal, é necessário fortalecer a consciência e o envolvimento participativo para a melhoria da qualidade ambiental.



TRABALHOS PUBLICADOS RELACIONADOS COM O PIBIC

VALE, J. R. B.; ADAMI, M. Dinâmica do uso e ocupação da terra das áreas desflorestadas no Estado do Pará. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E INICIAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO E INOVAÇÃO, SICINPE, 2018, São José dos Campos. **Livro de Resumos...** São José dos Campos: INPE, 2018. p. 57.

REFERÊNCIAS

ADAMI, M. *et al.* Dinâmica do uso e cobertura da terra no estado do Pará entre os anos de 2008 e 2012. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XVII, João Pessoa, 2015. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 7029-7035.

AGUIAR, A. P. D.; CÂMARA, G.; ESCADA, M. I. S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. **Ecological Modelling**, v. 209, p. 169-188, 2007.

ALENCAR, A. *et al.* **O desenvolvimento que queremos: ordenamento territorial da BR-163, Baixo Amazonas, Transamazônica e Xingu.** Meeting report. 29-31 mar., (IPAM, ISA, FVPP, Fetagri BAM, FORMAD, FVPP, CEFTBAM, Forum BR-163, GTA), Santarém, PA, 2004.

ALMEIDA, C. A. *et al.* High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazônica**, v. 46, n. 03, p. 291-302, 2016.

ALMEIDA, O. T.; UHL, C. **Planejamento do uso do solo do município de Paragominas utilizando dados econômicos e ecológicos.** Belém: Imazon, 1998.

ALVES, D. S. O processo de desflorestamento na Amazônia. **Parcerias Estratégicas**, v. 12, p. 259-275, 2001.

ALVES D. S. *et al.* **Análise da distribuição espacial das taxas de desflorestamento dos municípios da Amazônia Legal no período 1991-1994.** São José dos Campos: INPE, 1998.

ASSUNÇÃO, J.; GANDOUR, C. C.; ROCHA, R. **Deforestation slowdown in the Legal Amazon: prices or policies?.** Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2012.

BARBIERI, A. L. **Análise de robustez em redes complexas.** 2010. 112 p. Dissertação (Mestrado em Física Aplicada) - Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

BECKER, B. K. **Amazônia.** São Paulo: Ática, 1998.

_____. Revisão das políticas de ocupação da Amazônia: é possível identificar modelos para projetar cenários?. **Parcerias Estratégicas**, n. 12, p. 135-159, 2001.

_____. **Amazônia: Geopolítica na virada do III milênio.** Rio de Janeiro: Geramod, 2004.

BOCCALETTI, S. *et al.* Complex Networks: structure and dynamics. **Physics Reports**, v. 424, n. 4-5, p. 175-308, 2006.

BONDY, J. A.; MURTY, U. S. R. **Graph Theory with Applications**. New York: The Macmillan Press LTD, 1977.

BRAIMOH, A. K.; VLEK, P.L.G. Land-cover change trajectories in Northern Ghana. **Environ. Manage.**, v. 36, p. 356–373, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 28, de 24 de Janeiro de 2007**. Dispõe sobre os Municípios situados no Bioma Amazônia onde incidirão ações prioritárias de prevenção, monitoramento e controle o desmatamento ilegal. Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 25 jan. 2008. Seção 1, p. 70.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 06, n. 01, p. 1-32, 1990.

CARNEIRO, R. S. G.; DUARTE, J. F.; RAMOS, A. J. R. Análise de vulnerabilidade erosiva no município de Paragominas - PA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, XXVII; EXPOCART, XXVI, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 2017. p. 1263-1266.

CASTRO, E. M. R. Relatório da Palestra sobre Desenvolvimento Sustentável da Amazônia. In: **Ciclo de Estudos Sobre a Amazônia**. Brasília: Gabinete de Segurança Institucional; Secretaria de Acompanhamento e Estudos Institucionais, 2004, p. 05-32.

COSTA, F. G. **Avaliação do potencial de expansão da soja na Amazônia Legal: uma aplicação do modelo de Von Thünen**. 2000. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

COSTA, J. M.; FLEURY, M. F. Programa “Municípios Verdes”: estratégias de revalorização do espaço em municípios paraenses. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, n. 02, p. 61-76, 2015.

COUTINHO, A. C. *et al.* **Uso e cobertura da terra nas áreas desflorestadas da Amazônia Legal**: TerraClass 2008. Brasília/DF: Embrapa; Belém: INPE, 2013.

CPRM. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Serviço Geológico do Brasil. **Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil**. São Luís SW/NW, folhas SA. 23-V e SA. 23-Y. Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:500.000. Brasília: CPRM, 2000.

DANTAS, T. M.; FONTELES, L. V. **Avanço da fronteira agrícola na Amazônia**. 2005. Disponível em: <<http://www.oktiva.net/sispub/anexo/9168>>. Acesso em 15 abr. 2018.

DINIZ, C. G. *et al.* DETER-B: The New Amazon Near Real-Time Deforestation Detection System. **IEEE Journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing**, v. 08, n. 07, p. 3619-3628, 2015.



DOMINGUES, M. S.; BERMANN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente & Sociedade**, v.15, n. 02, p. 01-22. 2012.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Caracterização e avaliação da potencialidade dos solos do Município de Paragominas - Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.

ESPINDOLA, G. M. de. *et al.* Agricultural land use dynamics in the Brazilian Amazon based on remote sensing and census data. **Applied Geography**, v. 32, n. 02, p. 240-252, 2012.

FEARNSIDE, P. M. Avança Brasil: Environmental and social consequences of Brazil's planned infrastructure in Amazonia. **Environmental Management**, v. 30, n. 06, p.748-763, 2002.

_____. Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e consequências. **Megadiversidade**, v. 01, n. 04, p. 113-123, 2005.

FEARNSIDE, P. M.; BARBOSA, R. I.; PEREIRA, V. B. Emissões de gases do efeito estufa por desmatamento e incêndios florestais em Roraima: fontes e sumidouros. **Revista Agro@mbiente**, v. 07, n. 01, p. 95-111, 2013.

FERREIRA, M. D. P.; COELHO, A. B. Desmatamento recente nos estados da Amazônia Legal: uma análise da contribuição dos preços agrícolas e das políticas governamentais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 53, n. 01, p. 93-108, 2015.

FIGUEIREDO, D. R. **Introdução a redes complexas**. 2011. Disponível em: <<http://www.land.ufrj.br/~daniel/JAI-RC/JAI-RC.pdf>>. Acesso em 25 mai. 2018.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 02, p. 101-126, 1998.

FOLEY, J. A. *et al.* Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

GASH, J. H. C. *et al.* **Amazonian Deforestation and Climate**. Chichester: John Wiley & Sons, 1996.

GAVLAK, A. A.; ESCADA, M. I. S.; MONTEIRO, A. M. V. Dinâmica de padrões de mudança de uso e cobertura da terra na região do Distrito Florestal Sustentável da BR-163. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XV, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011, p. 6152-6160.

GOLLNOW F.; LAKES, T. Policy change, land use, and agriculture: The case of soy production and cattle ranching in Brazil, 2001 e 2012. **Applied Geography**, v. 55, p. 203-211, 2014.

GUIMARÃES, J. *et al.* **Municípios verdes: Caminhos para a sustentabilidade**. Belém: Imazon, 2011.



HARVEY, D. Modelos da evolução dos padrões espaciais na Geografia Humana. In: CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P. (Org.). **Modelos Integrados em Geografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1974, p. 01-12.

HAYKIN, S. **Redes Neurais**: princípios e prática. Porto Alegre: Bookman, 1999.

HECHT, S. B. Environment, development and politics: capital accumulation and the livestock sector in Eastern Amazonia. **World Development**, v. 13, n. 06, p. 663-684. 1985.

HOUGHTON, R. A. *et al.* Annual fluxes of carbon from deforestation and regrowth in the Brazilian Amazon. **Nature**, v. 403, p. 301-304, 2000.

HYDRO. **Vale aluminium acquisition**: Key, Developments and Strategic Direction. Oslo: HYDRO, 2011. p. 49-52.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama**: Paragominas. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em 22 mai. 2018.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da floresta amazônica por satélite**: Projeto PRODES. 2018. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/r2007.htm>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

_____. **Monitoramento da floresta amazônica por satélite**: Projeto PRODES. 1988-2017. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

_____. **Avaliação da dinâmica do uso e cobertura da terra no período de 10 anos nas áreas desflorestadas da Amazônia legal Brasileira**. Belém: INPE/CRA; Embrapa Amazônia Oriental, 2016.

LAMBIM, E. F.; GEIST, H. J.; LEPERS, E. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 28, n. 01, p. 205-241, 2003.

LAURANCE, W. F. *et al.* The future of the Brazilian Amazon. **Science**, v. 291, p. 438-439, 2001.

LE QUÉRÉ, C. *et al.* Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. **Nature Geoscience**, v. 02, p. 831–836, 2009.

LOPES, M. N.; SOUZA, E. B.; FERREIRA, D. Climatologia regional da precipitação no Estado do Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 12, n. 01, p. 84-102, 2013.

MACEDO, R. C. *et al.* Modelagem dinâmica espacial das alterações de cobertura e uso da terra relacionadas à expansão canavieira. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 19, n. 02, p.313-337, 2013.

MACHADO, L. O. A fronteira agrícola na Amazônia. In: BECKER, B. K. *et al.* (Orgs.). **Geografia e Meio Ambiente no Brasil**. São Paulo: Hucitec, 1998, p.181-217.

MACHADO, L. de O. R. Desflorestamento na Amazônia Brasileira: ação coletiva, governança e governabilidade em área de fronteira. **Sociedade e Estado**, v. 24, n. 01, p. 115-147, 2009.

MARTINS, H. D. *et al.* Mapeamento da cobertura do solo de Paragominas-PA com imagens de satélite de alta resolução: aplicações para o Cadastro Ambiental Rural (CAR). In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XVI, Foz do Iguaçu/PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013, p. 1099-1106.

MERTENS, B. *et al.* Crossing spatial analyses and livestock economics to understand deforestation processes in the Brazilian Amazon: the case of São Félix do Xingu in South Pará. **Agricultural Economics**, v. 27, n. 03, p. 269-294. 2002.

MONDAL, Md. S. *et al.* Statistical independence test and validation of CA Markov land use land cover (LULC) prediction results. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science**, v. 19, n. 02, p. 259-272, 2016.

MÜLLER-HANSEN, F. *et al.* A matrix clustering method to explore patterns of land-cover transitions in satellite-derived maps of the Brazilian Amazon. **Nonlinear Processes Geophysics**, v. 24, p. 113-123, 2017.

NEPSTAD, D. *et al.* **Avança Brasil: Os custos ambientais para a Amazônia**. Belém: Gráfica e Editora Alves, 2000.

NEPSTAD, D. *et al.* Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. **Forest Ecology and Management**, v. 154, n. 03, p. 395-407, 2001.

NEPSTAD, D. *et al.* Slowing Amazon deforestation through public policy and interventions in beef and soy supply chains. **Science**, v. 344, n. 6188, p. 1118-1123, 2014.

NÓBREGA, R. S. Impactos do desmatamento e de mudanças climáticas nos recursos hídricos na Amazônia ocidental utilizando o modelo SLURP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, p. 111-120, 2014.

OLIVEIRA, R. R. S. *et al.* Análise da vulnerabilidade natural dos solos à erosão como subsídio ao planejamento territorial em área da microbacia do igarapé Peripindeua, Nordeste Paraense. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XV, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011, p. 4783-4790.

PERZ, S. G.; SKOLE, D. L. Social determinants of secondary forests in the Brazilian Amazon. **Social Science Research**, v. 32, p. 25-60, 2003.

PINTO, A. *et al.* **Diagnóstico socioeconômico e florestal do município de Paragominas**. Relatório Técnico. Belém: Imazon, 2009.

PONTIUS JR., R. G.; SANTACRUZ, A. Quantity, exchange, and shift components of difference in a square contingency table. **International Journal of Remote Sensing**, v. 35, n. 21, p. 7543-7554, 2014.

RABUSKE, M. **Introdução à Teoria dos Grafos**. Florianópolis: UFSC, 1992.



RADAMBRASIL. **Geologia**. Folhas SA. 23/24. São Luiz/Fortaleza. Rio de Janeiro, 1973a.

RADAMBRASIL. **Geomorfologia**. Folhas SA. 23/24. São Luiz/Fortaleza. Rio de Janeiro, 1973b.

ROMERO-RUIZ, M. H. *et al.* Landscape transformation in savannas of northern south America: Land use/cover changes since 1987 in the Lianos Orientales of Colombia. **Applied Geography**, v. 32, n. 02, p. 766-776, 2012.

SILVA, A. S. E. **Métodos computacionais de solução de cadeias de Markov: aplicações e sistemas de computação e comunicação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992.

SILVA, G. M. **Utilização de Redes Complexas na dinâmica de uso da terra no município de Paragominas - PA**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2017.

SILVA, L. de C. T. *et al.* Mapeamento do uso e cobertura da terra em áreas desflorestadas no município de Paragominas - PA nos anos de 1991 e 2008. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XV, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011, p. 6658-6665.

SMITH, N. J. H. *et al.* **Amazonia: resiliency and dynamism of the land and its people**. Tokyo: United Nations University Press, 1995.

SOUSA, L. M. *et al.* Avaliação do uso e cobertura da terra em Paragominas e Ulianópolis-PA, utilizando dados do projeto TerraClass. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 69/03, p. 421-431, 2017.

STEFFEN, W. *et al.* **Global change and the Earth system: a planet under pressure**. Berlin, Germany: Springer, 2004.

TAVORA, R. P. **A expansão da soja na Amazônia e as suas consequências**. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental) - Universidade Candido Mendes, Niterói/RJ, 2015.

VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; LENTINI, M. **Pólos Madeireiros do Estado do Pará**. Belém: Imazon, 2002.

WALKER, R. Theorizing Land-Cover and Land-Use Change: The Case of Tropical Deforestation. **International Regional Science Review**, v. 27, n. 03, p. 247– 270, 2004.