



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

LARISSA SOUSA VILLAS-BOAS AMORIM

DINÂMICA DO DESFLORESTAMENTO E ESTRUTURA DA PAISAGEM DE
ÁREAS PROTEGIDAS EM REGIÃO DE INTENSA PRESSÃO ANTRÓPICA NA
AMAZÔNIA ORIENTAL

BELÉM

2019

LARISSA SOUSA VILLAS-BOAS AMORIM

DINÂMICA DO DESFLORESTAMENTO E ESTRUTURA DA PAISAGEM DE
ÁREAS PROTEGIDAS EM REGIÃO DE INTENSA PRESSÃO ANTRÓPICA NA
AMAZÔNIA ORIENTAL

Dissertação apresentada à
Universidade Federal Rural da
Amazônia como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Ciências Florestais, na área de
concentração Manejo de Ecossistemas
Florestais.

Orientador: Francisco de Assis Oliveira
Coorientadora: Maria de Nazaré
Martins Maciel

BELÉM

2019

Dados Internacionais de Catalogação na
Publicação (CIP) Bibliotecas da Universidade
Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A524d Amorim, Larissa Sousa Villas-Boas

Dinâmica do desflorestamento e estrutura da paisagem de áreas protegidas em região de intensa pressão antrópica na Amazônia oriental / Larissa Sousa Villas-Boas Amorim. - 2019.

51 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais (PPGCF), Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2019.

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Oliveira

Coorientador: Profa. Dra. Maria de Nazaré

Martins Maciel.

1. ecologia de paisagem. 2. métricas de paisagem. 3. conservação de áreas. 4. PRODES I. Oliveira, Francisco de Assis, orient. II. Título

CDD 577.72

LARISSA SOUSA VILLAS-BOAS AMORIM

DINÂMICA DO DESFLORESTAMENTO E ESTRUTURA DA PAISAGEM DE
ÁREAS PROTEGIDAS EM REGIÃO DE INTENSA PRESSÃO ANTRÓPICA NA
AMAZÔNIA ORIENTAL

Defesa apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, na área de concentração Manejo de Ecossistemas Florestais.

25 de julho de 2019.

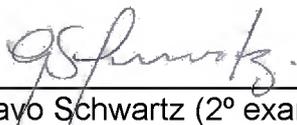
BANCA EXAMINADORA



Dr. Francisco de Assis Oliveira – Presidente
Local: Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA



Dra. Edenise Garcia (1º examinador)
Local: The Nature Conservancy - TNC



Dr. Gustavo Schwartz (2º examinador)
Local: EMBRAPA



Dra. Paula Fernanda Pinheiro Ribeiro Paiva (3º examinador)
Local: Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Dedico tudo a Deus por ter me capacitado e acompanhado a todo momento, permitindo assim, mais esta vitória em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me amparado em todos os momentos do mestrado e por ter me permitido concluir mais esta etapa em minha trajetória acadêmica. Sem Ele nada seria possível.

Ao meu orientador Francisco de Assis Oliveira pelos ensinamentos sobre pesquisa científica, pelo incentivo na busca do conhecimento e por todas as conversas construtivas. Sem dúvidas eu aprendi bastante com o senhor.

A minha orientadora Nazaré Maciel por ter me acolhido desde o período da graduação, por toda paciência e ajuda no desenvolvimento desta dissertação. Sua ajuda foi de extrema importância em todos os momentos.

Ao grupo LABECOS que me acolheu fortemente durante todo este período. Por toda contribuição direta e indireta que foi dada ao meu trabalho.

Ao meu esposo que está sempre ao meu lado e que é o meu porto seguro nesta vida. Obrigada por todo amor e incentivo que me deu durante o período que estamos juntos.

A minha mãe, por acreditar no meu potencial e me dizer a cada dia que sou capaz de realizar tudo que almejo. Obrigada por toda torcida e amor a mim demonstrados.

Ao meu pai que é o maior incentivador da minha vida acadêmica e meu exemplo de profissional. Obrigada por me mostrar o caminho dos estudos e me direcionar tão sabiamente.

Aos meus irmãos Andrew e Lorena que são anjos em minha vida. Obrigada por todas as palavras de apoio e momentos de descontração.

A minha boadrasta, Núbia, que sempre me acolheu e demonstrou seu carinho e cuidado por mim. Obrigada por tudo.

A minha avó Terezinha e meu avô João, que são meus segundos pais, essa vitória também é de vocês.

Aos amigos que fiz no mestrado, em especial a Larissa Miranda e Mario Lima. Obrigada por todos os momentos divertidos e por todo tempo que disponibilizaram em me ajudar.

Aos membros da banca por disporem de seu tempo para avaliar o presente trabalho e contribuir com suas sugestões, muito obrigada.

Sustentabilidade, a eterna
prosperidade de todas as coisas.

(Andrea Taiyoo)

RESUMO

As áreas protegidas são definidas de acordo com os fatores bióticos e abióticos, bem como por sua importância socioeconômica e cultural. O manejo destas áreas deve ser realizado de maneira diferenciada, seguindo a legislação específica para áreas protegidas. Nos últimos anos estas áreas vêm se tornando cada vez mais expostas a fatores externos, principalmente quando localizadas em região de intensa pressão antrópica. Mediante a isto, definiu-se como áreas de estudo, as áreas protegidas de uso sustentável APA Triunfo do Xingu (APA-TX) e a de proteção integral ESEC Terra do Meio (ESEC-TM), e as áreas não protegidas inseridas nos municípios de Altamira e São Félix do Xingu. As questões científicas estabelecidas foram: Áreas protegidas inseridas em um contexto de intensa pressão antrópica, quando comparadas com áreas não protegidas, conseguem cumprir o que está proposto na legislação sobre conter o crescimento do desflorestamento (Q^1)? Estas são eficientes para garantir o uso sustentável e preservação dos recursos naturais (Q^2)? As hipóteses estabelecidas foram de que o desflorestamento é intenso em áreas protegidas localizadas em região de intensa pressão antrópica e nestas regiões a dinâmica do desflorestamento não difere muito entre áreas protegidas e não protegidas, logo, não atendem o objetivo proposto na legislação (H^1). Áreas protegidas em geral acabam tornando-se expostas à pressão antrópica, comprometendo o uso sustentável e a preservação de seus recursos naturais (H^2). O objetivo desta pesquisa foi avaliar a dinâmica do desflorestamento e avaliar a estrutura da paisagem da APA-TX e ESEC-TM entre os anos 2005 e 2018 com a utilização de dados do mapeamento do PRODES e a técnica de métricas de paisagem. A partir dos resultados pode-se concluir que na APA-TX o desflorestamento foi acentuado e a estrutura da paisagem tornou-se bastante fragmentada considerando o período de estudo. A área de proteção integral (ESEC-TM) foi mais eficiente em conter o desflorestamento quando comparada com a área de uso sustentável (APA-TX). De modo geral, ambas estão expostas a pressão antrópica, comprometendo o uso sustentável e a preservação dos recursos naturais destas áreas protegidas. Mediante a isto, é necessário uma atenção especial para áreas inseridas em um contexto de intensa pressão antrópica, bem como a intensificação na fiscalização destas áreas por parte do governo.

Palavras-chave: ecologia de paisagem, métricas de paisagem, conservação de áreas e PRODES.

ABSTRACT

Protected areas are defined according to biotic and abiotic factors, as well as their socioeconomic and cultural importance. The management of these areas should be fulfilled in a differentiated way, following the specific legislation for protected areas. In recent years these areas have become increasingly exposed to external factors, especially when located in a region of intense anthropic pressure. Therefore, the protect areas of Environmental Protection Area Triunfo do Xingu (APA-TX) and Ecological Station Terra do Meio (ESEC-TM), and the unprotected areas of Altamira e São Félix do Xingu were defined for this study area. The established scientific question were: Protected areas inserted in a context of intense anthropic pressure, when compared to unprotected areas, are able to comply with what is proposed in the legislation to contain the growth of deforestation (Q^1)? Are these conservation units efficient to guarantee the sustainable use and preservation of natural resources (Q^2)? The established hypotheses were that deforestation is intense in protected areas located in a region of intense anthropic pressure and in these regions the dynamics of deforestation do not differ much between protected and unprotected areas, so they do not comply with the objective proposed in the legislation (H^1). Protected areas generally become exposed to anthropogenic pressure by compromising the sustainable use and preservation of their natural resources (H^2). The objective of this research was to evaluate the dynamics of deforestation and evaluate the landscape structure of APA-TX and ESEC-TM between 2005 and 2018, using data from PRODES and landscape metrics. From the results it can be concluded that in APA-TX deforestation was accentuated and the landscape structure became quite fragmented considering the study period. The integral protection area (ESEC-TM) was more efficient in containing deforestation compared to the sustainable use area (APA-TX). In general, both are exposed to anthropogenic pressure, compromising the sustainable use and preservation of the natural resources of these protected areas. Therefore, special attention is required for areas within a context of intense anthropic pressure, as well as the intensification of government supervision of these areas.

Keywords: landscape ecology, landscape metrics, conservation areas and PRODES.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Áreas desflorestadas da Amazônia até o ano de 2018.....	18
Figura 2 -	Áreas protegidas APA-TX e ESEC-TM e áreas não protegidas de Altamira e São Félix do Xingu.....	24
Figura 3 -	Fluxograma do processamento para comparação das áreas desflorestadas nas áreas protegidas APA-TX e ESEC-TM e nas áreas não protegidas de Altamira e São Félix do Xingu.....	29
Figura 4 -	Fluxograma do processamento da validação dos dados do PRODES por meio das imagens LANDSAT 5 e 8, bem como a correção e realocação destes.....	30
Figura 5 -	Fluxograma do processo de caracterização da paisagem por meio das métricas de paisagem.....	32
Figura 6 -	Média do percentual do desflorestamento acumulado entre os anos de 2005 e 2018 para as áreas de estudo (áreas protegidas e não protegidas).....	35
Figura 7 -	Incremento percentual do desflorestamento entre os anos de 2005 e 2018 para as áreas de estudo (áreas protegidas e não protegidas).....	36
Figura 8 -	Mapeamento do PRODES corrigido para APA-TX.....	39
Figura 9 -	Mapeamento do PRODES corrigido para ESEC-TM.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Classes referentes ao mapeamento do PRODES.....	27
Tabela 2-	Informação das imagens baixadas para o ano de 2005 e 2018.....	28
Tabela 3-	Classes do mapeamento do PRODES após validação a partir das imagens LANDSAT 5 e 8 para os anos de 2005 e 2018, respectivamente.....	31
Tabela 4-	Métricas de paisagem avaliadas.....	32
Tabela 5-	Dinâmica do desflorestamento das áreas de estudo nos anos de 2005 a 2018.....	33
Tabela 6-	Crescimento percentual das áreas desflorestadas entre os anos de 2005 e 2018.....	34
Tabela 7-	Métricas de paisagem para a APA-TX no ano de 2005.....	40
Tabela 8-	Métricas de paisagem para a APA-TX no ano de 2018.....	42
Tabela 9-	Métricas de paisagem para a ESEC-TM no ano de 2005.....	43
Tabela 10-	Métricas de paisagem para a ESEC-TM no ano de 2018.....	44

LISTA DE SIGLAS

APA-TX – Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu

ESEC-TM – Estação Ecológica Terra do Meio

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IMAZON - Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ISA – Instituto Socioambiental

LANDSAT - *Land Remote Sensing Satellite*

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MME - Ministério de Minas e Energia

MSS - *Multispectral Scanner*

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

PRODES - Projeto de Estimativa de Desflorestamento da Amazônia

SIVAM - Sistema de Vigilância da Amazônia

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

TM - *Thematic Mapper*

USGS - *United States Geological Survey*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVO.....	15
2.1. Objetivo geral.....	15
2.2. Objetivos específicos	16
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	16
3.1. Processo de desflorestamento na Amazônia.....	16
3.2. Desflorestamento nas áreas protegidas.....	18
3.3. Fragmentação da paisagem	21
3.4. Ecologia de Paisagem	22
3.5. Métricas de paisagem	23
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1. Caracterização das áreas de estudo.....	24
4.2. Aquisição de dados.....	26
4.2.1. Base cartográfica digital.....	26
4.2.2. Áreas desflorestadas (PRODES).....	26
4.2.3. Imagens do satélite LANDSAT.....	27
4.3. Métodos	28
4.3.1. Avaliação da dinâmica do desflorestamento nas áreas protegidas APA-TX e ESEC-TM e nas áreas não protegidas dos municípios de Altamira e São Félix do Xingu.....	28
4.3.2. Estrutura da paisagem da APA-TX e da ESEC-TM por meio de métricas de paisagem.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1. Avaliação da dinâmica do desflorestamento nas áreas protegidas APA-TX, ESEC-TM e das áreas não protegidas inseridas nos municípios de Altamira e São Félix do Xingu.	33
5.2. Avaliação da estrutura da paisagem da APA-TX e da ESEC-TM por meio de métricas de paisagem.	38
6. CONCLUSÃO.....	45
7. RECOMENDAÇÕES	46
8. REFERÊNCIAS	47

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia brasileira é a maior área contínua de floresta tropical do mundo, e vem apresentando diminuição nas taxas de desflorestamento nos últimos anos. Esta já foi submetida a intensas perdas durante seu processo de ocupação, acarretando o comprometimento dos ecossistemas nela presentes, como o risco em relação à conservação e à biodiversidade (CABRAL, 2018).

Brown (2016), em um estudo voltado ao desflorestamento na Amazônia correlacionado com processos sociais, afirma que grandes proprietários de terra acreditam que podem ocupar áreas de florestas públicas porque os mesmos as consideram improdutivas. Este pensamento aliado às políticas que não valorizam as florestas, mas sim as áreas sem cobertura vegetal, impulsiona o desflorestamento da Amazônia, que muitas vezes ocorre de forma ilegal.

Segundo Azevedo-Ramos (2018), a Amazônia brasileira apresenta cerca de 70 milhões de hectares de florestas públicas que não possuem nenhuma supervisão efetiva, estando desta forma expostas ao uso predatório continuado. Na tentativa de conter o desflorestamento, preservar a fauna e os habitats de florestas remanescentes, as áreas protegidas são criadas (CABRAL, 2018).

Apesar de as áreas protegidas apresentarem legislação específica para garantir a sua conservação, o desflorestamento nestas tem se tornado significativo nos últimos anos. Segundo um estudo elaborado pelo Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON, 2017), em 2015 o desflorestamento em áreas protegidas aumentou 79% em relação a 2012. O estudo mostrou ainda que, entre os anos de 2012 a 2015, os estados do Pará e de Rondônia apresentaram os maiores números de desflorestamento do país, com 49,8% e 38,9%, respectivamente, o que os caracteriza como área intensa de transformação antrópica.

Mesmo com os critérios impostos pelas políticas de proteção ambiental, existe uma falha por parte do governo em relação à fiscalização, monitoramento e aplicabilidade das leis ambientais, expondo desta forma as áreas protegidas a um risco de perda e/ou comprometimento da biodiversidade que outrora propôs-se proteger (JUNG, 2018).

Cabral (2018), em um estudo sobre áreas protegidas localizadas no chamado “arco do desmatamento”, afirma que, quando inseridas em um contexto de intensa pressão antrópica, as áreas protegidas estão em um alto nível de fragmentação e em condições críticas em relação ao desflorestamento.

Considerando estes fatores, Bonilla-Bedoya (2018) sugere uma revisão nos planos de incentivo à conservação ambiental e uma atenção especial para as áreas de intenso risco de desflorestamento.

Analisando o intenso desflorestamento na Amazônia e nas áreas protegidas (principalmente as localizadas em região de intensa pressão antrópica) aliado à falta de fiscalização e monitoramento do governo, considerou-se então neste estudo a região do arco do desflorestamento, as áreas protegidas e não protegidas lá inseridas e surgiram as seguintes questões científicas e hipóteses.

Q¹: Áreas protegidas inseridas em um contexto de intensa pressão antrópica como a APA Triunfo do Xingu e a ESEC Terra do Meio, quando comparadas com áreas não protegidas, conseguem cumprir o que está proposto na legislação sobre conter o crescimento do desflorestamento?

H¹: O desflorestamento ocorre de forma acentuada em áreas protegidas localizadas em região de intensa pressão antrópica e nestes casos a dinâmica do desflorestamento não difere muito entre áreas protegidas e não protegidas, logo, não atendem o objetivo proposto na legislação.

Q²: Áreas protegidas de uso sustentável e proteção integral conseguem garantir o uso sustentável e preservação dos recursos naturais em suas delimitações, respectivamente?

H²: O desflorestamento ilegal na Amazônia é bastante intenso, bem como a falha na questão da fiscalização, logo, áreas protegidas em geral acabam tornando-se expostas à pressão antrópica, comprometendo o uso sustentável e a preservação de seus recursos naturais.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

Avaliar a dinâmica do desflorestamento em áreas protegidas e não protegidas inseridas em um contexto de intensa pressão antrópica entre os

anos de 2005 a 2018, bem como o efeito desse desflorestamento na estrutura da paisagem da Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu (APA-TX) e da Estação Ecológica da Terra do Meio (ESEC-TM) para os anos de 2005 e 2018.

2.2. Objetivos específicos

- a) Comparar a dinâmica de desflorestamento entre os anos de 2005 a 2018 das áreas protegidas APA-TX e ESEC-TM com as áreas não protegidas de Altamira e São Félix do Xingu por meio de dados oficiais do mapeamento do desflorestamento fornecidos pelo INPE;
- b) Avaliar a estrutura da paisagem das áreas protegidas da APA-TX e ESEC-TM para os anos de 2005 e 2018, por meio de métricas de paisagem.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Processo de desflorestamento na Amazônia.

Entre os anos de 2004 a 2012 as taxas de desflorestamento caíram em 80% na Amazônia, porém voltaram a aumentar a partir deste período (SCHIELEIN, 2018). Esta situação ocasiona mudanças e consequências negativas para o clima e os ecossistemas inseridos na Amazônia. Contraditoriamente, junto com os incentivos e criação de políticas para conservação das florestas, existem também incentivos e propostas de intensificação de atividades como a pecuária (M LLER-HANSEN, 2019).

A problemática do desflorestamento na Amazônia deve-se ao processo de ocupação que se baseou na intenção de destinar o maior espaço de terra possível para pastagem e atividades agrícolas. Um estudo que utilizou dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do ano de 2004 a 2016 indicou que a Amazônia atingiu seu nível mais alto em desflorestamento nos oito últimos anos do estudo, o que causa um certo temor em relação à situação anterior de proteção das florestas que estava ocorrendo (TOLLEFSON, 2016).

Ainda de acordo com a Tollefson (2016), o Brasil foi o centro das atenções internacionais em relação à redução do desflorestamento a partir de 2005. No entanto, as leis relacionadas à proteção ambiental se tornaram mais amenas a partir de 2012, devido à aprovação da Lei de Proteção da Vegetação Nativa

(Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), conhecida como novo Código Florestal (BRASIL, 2012). Existe ainda pressão por parte dos atuais legisladores sobre tornar as leis ambientais ainda menos rigorosas para que, segundo os mesmos, ocorra um maior desenvolvimento na Amazônia.

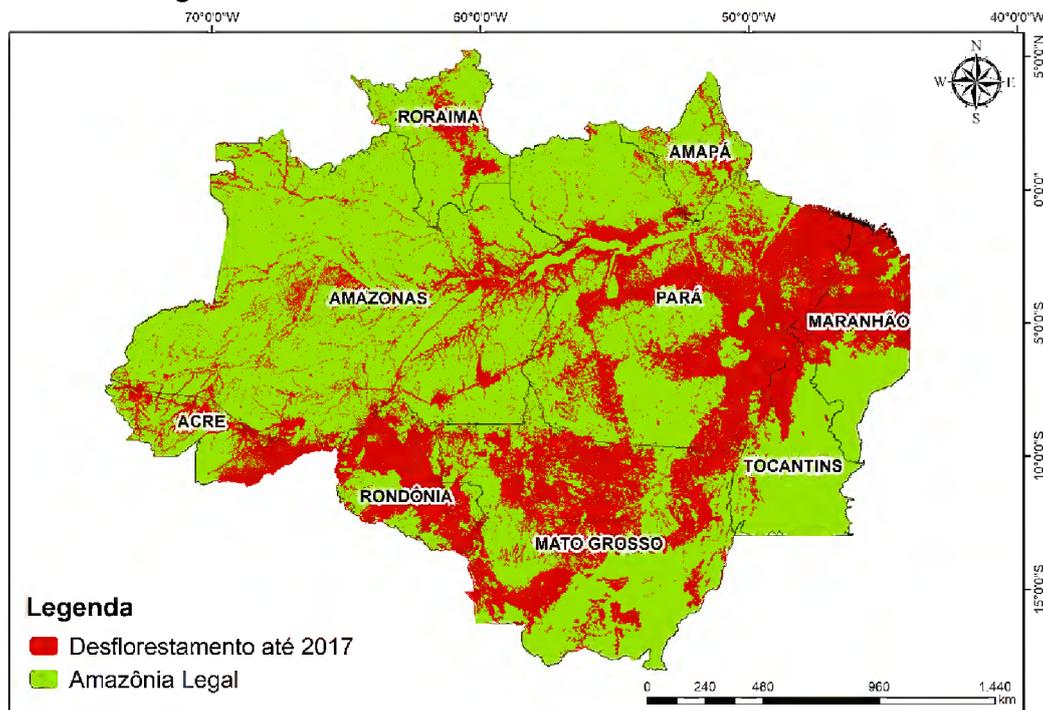
A criação de novas áreas protegidas foi paralisada e a execução das leis ambientais foi cortada em 72%, após uma resolução de 2008 do Banco Central do Brasil que tratava sobre financiamento à conformidade ambiental. Isto torna a Amazônia cada vez mais suscetível à extensa extração de seus recursos naturais (FEARNSIDE, 2015).

A situação do comércio exterior afeta a dinâmica do desflorestamento na Amazônia. Determinantes do desflorestamento como a expansão de culturas e atividades pecuárias tornam-se mais intensas para acompanhar o mercado internacional. O resultado disto é um maior índice de desflorestamento em nossas florestas (FARIA, 2016). De acordo com Carvalho (2017), as áreas mais críticas da Amazônia são aquelas destinadas à produção de soja, criação de gado e regiões dominadas por fazenda.

Os índices de desflorestamento, bem como os seus agentes impulsionadores, diferem com base em cada região da Amazônia. Considerando isto, se faz necessário políticas públicas/ambientais dinâmicas considerando a realidade de cada região (SCHIELEIN, 2018).

Apesar de toda a situação crítica na qual a Amazônia se encontra, um outro fator preocupante é a possibilidade de uma terceirização em relação ao monitoramento do desflorestamento. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) está à procura de uma empresa para auxiliar no mapeamento do desflorestamento na Amazônia, trabalho este que o INPE vem desempenhando desde 1988 e recebe prestígio e elogios de especialistas internacionais que avaliam o Brasil como líder em relação ao monitoramento do desflorestamento na Amazônia. A preocupação em relação a esta situação é o temor de que, caso ocorra esta “terceirização”, os dados de desflorestamento não venham com o mesmo nível de confiabilidade, uma vez que a metodologia do INPE é transparente e independe do MMA (STOKSATD, 2017). Segue abaixo mapa contendo as áreas desflorestadas na Amazônia até o ano de 2017 (figura 1).

Figura 1. Áreas desflorestadas da Amazônia até o ano de 2017.



Fonte: IBGE e PRODES. Elaborado pela autora.

3.2. Desflorestamento nas áreas protegidas

As áreas protegidas são divididas nas categorias de proteção integral e uso sustentável, onde territórios são previamente delimitados e sujeitos a critérios diferentes em relação à conservação, preservação e/ou manutenção dos recursos ambientais e socioculturais, quando comparados com outras áreas. Estas áreas surgem como estratégia para conter as alterações das paisagens decorrentes da intensa atividade antrópica e conservar áreas grandes e contíguas (CABRAL, 2018).

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), por meio da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, propõe a criação de espaços territoriais que apresentem relevante interesse ecológico, estabelecendo-os como áreas de proteção ambiental, sendo dever do poder público federal, estadual e municipal gerir e proteger estas áreas (BRASIL, 1981).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, Lei nº 9.985/2000 (SNUC), é responsável por criar, implantar e gerir áreas protegidas. As categorias de divisão destas consistem em: a) proteção integral e b) uso sustentável (SNUC, 2000).

De acordo com o SNUC (2000), o objetivo das áreas protegidas de proteção integral consiste em "(...) preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, com exceção dos casos previstos nesta Lei", enquanto que o objetivo das unidades de uso sustentável é "(...) compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais".

A separação das áreas protegidas em categorias de proteção integral e de uso sustentável, definida pela SNUC, estipula os tipos de áreas protegidas de acordo com sua finalidade de uso (quadro 1).

Quadro 1. Descrição dos tipos de áreas protegidas.

CATEGORIA	TIPO	OBJETIVO
PROTEÇÃO INTEGRAL	Estação Ecológica	Preservação da natureza e realização de pesquisas científicas.
	Reserva Biológica	Preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta.
	Parque Nacional	Preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, realização de pesquisas científicas e atividades de educação e interpretação ambiental, contato com a natureza e de turismo ecológico.
	Monumento Natural	Preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.
	Refúgio de Vida Silvestre	Proteger ambientes naturais que asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.
USO SUSTENTÁVEL	Área de Proteção Ambiental	Permite ocupação humana, tem como objetivos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.
	Área de Relevante Interesse Ecológico	Área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias, tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local.
	Floresta Nacional	Posse e domínio públicos, sendo que as áreas particulares incluídas em seus limites devem ser desapropriadas de acordo com o que dispõe a lei.
	Reserva Extrativista	Utilizada por populações extrativistas tradicionais, atividades de subsistência baseada no extrativismo, agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte. Objetivos básicos de proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade.

USO SUSTENTÁVEL	Reserva de Fauna	Área natural com populações de animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos.
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Preservar a natureza e assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento.
	Reserva Particular do Patrimônio Natural	Área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica.

Fonte: SNUC, 2000. Elaborado pela autora.

Considerando a lei da PNMA e da SNUC, pressupõe-se que as áreas protegidas estão isentas da atividade antrópica praticada de forma desordenada. No entanto, a realidade é diferente disto, sobretudo nas unidades de uso sustentável. Segundo o IMAZON e ISA (2011), o desflorestamento das áreas protegidas ocorre de forma significativa por meio das atividades de abertura de estradas, exploração madeireira, mineração, garimpos, biopirataria, etc. Isto acontece a partir de violentas invasões que geram conflitos socioambientais.

Apesar de as áreas protegidas apresentarem legislação específica para garantir a sua conservação, o desflorestamento nestas tem se tornado significativo nos últimos anos. Segundo um estudo elaborado pelo IMAZON (2017), em 2015 o desflorestamento em áreas protegidas aumentou 79% em relação a 2012.

De acordo com Jung (2018), está ocorrendo uma falha na fiscalização, no monitoramento e na implementação das leis ambientais. O resultado disto é a exposição das áreas protegidas a ações antrópicas severas. Esta situação se torna mais grave quando as áreas protegidas estão inseridas em regiões de intensa atividade antrópica; nestes casos a floresta tende a acompanhar o que acontece em áreas que não possuem uso restrito, resultando em um processo de alta fragmentação em áreas que deveriam ser utilizadas de forma sustentável ou ser totalmente preservadas, como é o que a legislação ambiental propõe para áreas de uso sustentável e de proteção integral, respectivamente (CABRAL, 2018).

Um exemplo da realidade citada anteriormente traduz-se em um estudo publicado pelo IMAZON. Este estudo considerou as dez áreas protegidas mais desflorestadas da Amazônia. As de categoria federal estão em maior número, porém as estaduais apresentam o maior quantitativo de desflorestamento. A APA Triunfo do Xingu e a FLONA do Jamanxim são as áreas protegidas estadual e federal mais desflorestadas da Amazônia, respectivamente. As APAs ocupam as cinco primeiras posições do ranking; isso pode ser explicado pelo fato de que, além de estar inserida na categoria de uso sustentável, a APA é a classe de área protegida com menos restrição de uso indicada pela legislação responsável (IMAZON 2017).

Ainda de acordo com o IMAZON, o Pará e Rondônia são os estados com maior área de desflorestamento, 49,8% e 38,9%, respectivamente, o que os caracteriza como área intensa de transformação antrópica.

Kere (2017), em estudo sobre desflorestamento em categorias de áreas protegidas, concluiu que terras indígenas são mais eficazes para conter o desflorestamento do que as áreas protegidas de uso sustentável e de proteção integral. Parte disto se deve à ocupação dessas áreas, uma vez que na categoria de uso sustentável não há grande diferença da ocupação quando comparado a áreas não protegidas. Na categoria de proteção integral, as áreas muitas vezes ficam totalmente desocupadas e isto, aliado à falta de fiscalização, acaba acarretando no processo ilegal de extração dos recursos florestais. Nas terras indígenas, a situação é diferenciada, uma vez que os indígenas muitas vezes atuam como “guardiões” do seu território.

3.3. Fragmentação da paisagem

Existem diferentes fatores pelos quais uma paisagem pode tornar-se fragmentada. Os antrópicos, que ocorrem devido à ação humana como ocupação e exploração ilegal, e existem ainda os de caráter natural, que se referem à ação do fogo, ventos, tempestades, etc. Este último, como na maioria das vezes, ocorre de forma pontual, não sendo o maior responsável pelas grandes mudanças ocorridas na paisagem (ZENGIN, 2017).

O processo de fragmentação ocorre quando uma determinada unidade contínua sofre uma ruptura, resultando em elementos menores que

apresentam processos ecológicos e dinâmica diferenciada da unidade contínua original. Em relação aos fragmentos de floresta nativa, estes estão associados aos fluxos de processos abióticos (DOS REIS, 2017).

A fragmentação florestal traz grandes consequências para o meio ambiente, podem-se citar alterações no microclima, risco de erosão e de assoreamento dos rios, perdas da biodiversidade da fauna, flora, do solo e perdas de diversidade genética, onde a junção destes fatores acarretará em alteração na estrutura da vegetação, podendo eliminar ou modificar relações ecológicas (CALEGARI, 2010).

Em um estudo sobre fragmentação florestal decorrente de distúrbios provenientes de colheita e incêndio florestal, afirmou-se que por meio de medidas da fragmentação florestal é possível entender a dinâmica da floresta em determinado período analisado, bem como as condições do habitat e funções do ecossistema (HERMOSILLA, 2018).

3.4. Ecologia de Paisagem

A ecologia de paisagem relaciona fatores da geografia e a biologia, possibilitando uma maior integração dos conhecimentos científicos, enquanto que a ecologia como ciência adota uma visão sistêmica da realidade onde não é considerada uma visão de conjunto necessária para análise de questões ambientais complexas (NUCCI, 2007).

A ecologia de paisagem considera como objeto de estudo a influência que o espaço-tempo tem sobre processos e padrões ambientais. Estes processos influenciadores que alteram os padrões ambientais muitas vezes são provenientes de atividades humanas que resultam em mudança climática, mudança dos ecossistemas (alteração no uso da terra), aumento do processo de urbanização, etc. Estes processos por sua vez podem desestabilizar os ecossistemas, trazendo consequências locais e globais (MAYER, 2016).

Segundo Mayer (2016), por meio da ecologia de paisagem é possível ter entendimento de padrões resultantes tanto dos fatores naturais quanto dos provenientes da ação antrópica, resultando em um maior entendimento dos processos ecológicos. Desta forma é possível auxiliar em decisões de políticas públicas voltadas ao gerenciamento de ecossistemas, sobretudo os que estão

expostos a problemas ambientais globais, como o caso de áreas inseridas em região de intensa pressão antrópica.

A ecologia de paisagem tem sido bastante utilizada em vários estudos relacionados a análises ambientais. Pode-se citar como exemplos os estudos voltados ao reconhecimento da paisagem, determinação do nível de fragmentação e propostas de restauração de corredores ecológicos (SAITO, 2016); seleção de fragmentos florestais para colheita de sementes (DOS SANTOS, 2016); avaliação de impactos ambientais (DALLOZ, 2017); conflitos e dinâmica de transformações urbanas (DA ROCHA, 2016); conservação das florestais tropicais brasileiras (ALVES FILHO, 2015), entre outros.

3.5. Métricas de paisagem

As métricas de paisagem são algoritmos matemáticos que quantificam características espaciais específicas, possibilitando a interpretação de características e processos da paisagem, bem como sua forma, e tende a dar significado a isto. O uso das métricas voltadas para avaliações ecológicas, de biodiversidade, de nível de mudança estrutural, etc. vem sendo bastante utilizado para compreender determinadas paisagens. Essas métricas podem ser aplicadas também no planejamento territorial (GAVRILOVIĆ, 2017).

As métricas de paisagem consistem na quantificação de características das paisagens que podem ser categorizadas em manchas, classes de manchas ou mosaico da paisagem (COUTO, 2004). Segundo Pereira (2014), por meio das métricas de paisagem é possível quantificar a composição da paisagem em relação à influência desta em processos ecológicos, de forma independente (manchas de fragmento florestal) e simultânea (classes de manchas e mosaico de paisagem).

Por meio das métricas é possível ainda descrever processos ambientais e padrões espaciais, uma vez que estas utilizam dados quantitativos como indicadores da composição da paisagem (DEZHKAM, 2017).

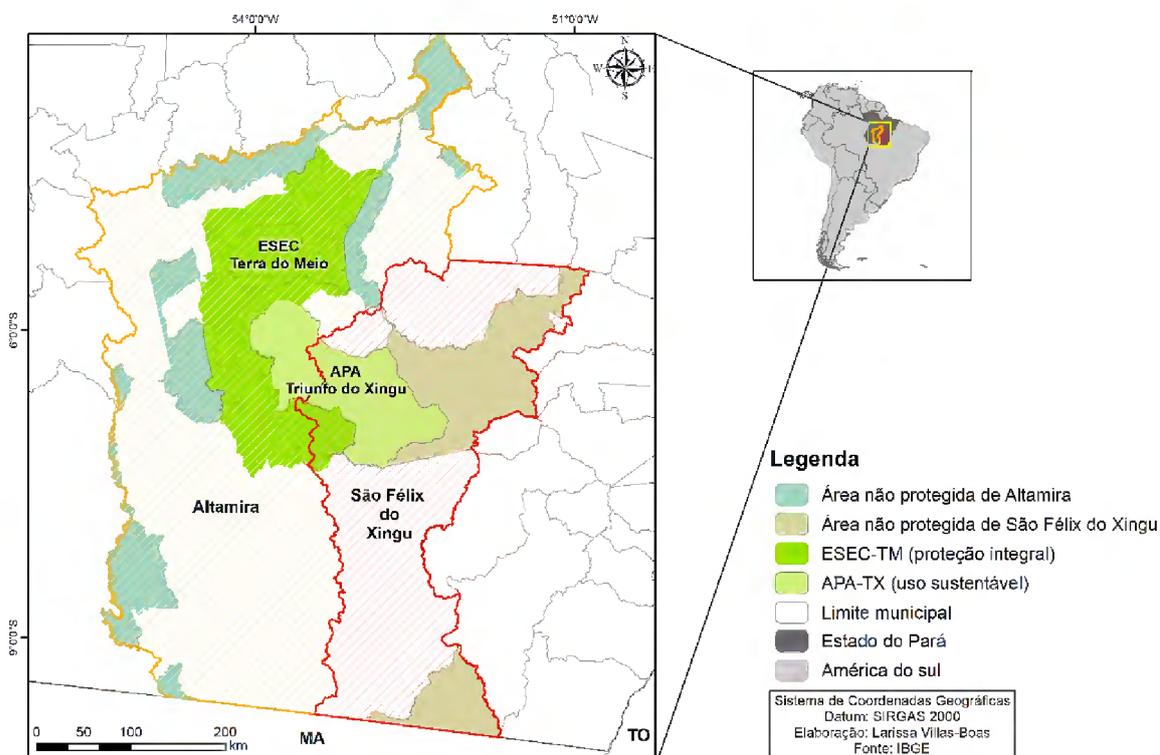
Devido às métricas de paisagem descreverem diferentes informações para determinada paisagem, estas podem ser orientadas para diversas aplicações, como a avaliação de serviços ecossistêmicos, controle de expansão urbana, conservação da biodiversidade, monitoramento florestal, etc. (YU, 2019).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização das áreas de estudo

As áreas de estudo são a APA Triunfo do Xingu (categoria de uso sustentável) e a ESEC Terra do Meio (categoria de proteção integral), bem como as áreas não protegidas localizadas no município de Altamira e São Félix do Xingu (figura 2).

Figura 2. Áreas protegidas APA-TX e ESEC-TM e áreas não protegidas de Altamira e São Félix do Xingu.



Fonte: Elaborado pela autora.

A APA Triunfo do Xingu (APA-TX) é uma área protegida de uso sustentável estadual, criada no ano de 2006 pelo Decreto Estadual de nº. 2.612 (PARÁ, 2006). Esta área protegida não possui plano de manejo. O grande destaque da APA-TX são suas florestas úmidas marcadas pela interflúvio dos rios Tapajós e Xingu, bem como sua beleza cênica marcada pela diferenciada biodiversidade presente no local (IDEFLOR-BIO, 2019).

A ESEC Terra do Meio (ESEC-TM) é uma área de proteção integral instituída pelo governo federal no ano de 2005 por meio do decreto sem número de 17 de fevereiro de 2005 (BRASIL, 2005). Esta área protegida possui

plano de manejo, que foi elaborado no ano de 2015 pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). O grande destaque da ESEC-TM são suas diferentes formações florestais e geológicas e a presença de espécies ameaçadas de extinção que se apresentam em número representativo dentro desta ESEC. Além do que foi mencionado anteriormente, um dos fatores impulsionadores para a criação desta área protegida foi a extração predatória de madeira, sobretudo o mogno, que ocorria naquela área (ICMBio, 2015).

As áreas não protegidas do município de Altamira correspondem a 17,28% do município, enquanto que as áreas não protegidas de São Félix do Xingu correspondem a 27,59% deste. As demais áreas destes municípios são áreas protegidas da categoria de uso sustentável e de proteção integral. As áreas não protegidas do município de Altamira e São Félix do Xingu são compostas por floresta, vegetação secundária, reflorestamento, complexo urbano e por áreas destinadas às atividades de mineração, agricultura e pecuária (INPE, 2014).

Estas áreas de estudo (protegidas e não protegidas) estão inseridas em regiões de intensa pressão antrópica nos municípios de Altamira e São Félix do Xingu. Estes municípios estão localizados na região do “arco do desmatamento” e são conhecidos pela grande pressão antrópica ocasionada pelas atividades neles ocorrentes, como a exploração madeireira, pecuária e mineração, além da problemática da questão fundiária (DA COSTA, 2017). Estão entre os cinco municípios do estado do Pará com maior extensão do desflorestamento desde o ano de 2012 (INPE, 2019).

Todas as áreas de estudo estão inseridas na mesorregião do sudeste paraense, que possui clima predominantemente do tipo tropical. Sua temperatura média anual é de 26°C, com períodos de chuva e seca bem definidos, sendo o de chuva entre os meses de outubro a abril e o de seca entre os meses de maio a setembro. Apresenta ainda baixa umidade relativa e sua precipitação média anual é de 1.837 mm (MME, 2009).

Segundo o MME - Ministério de Minas e Energia (2009), dos solos presentes nesta região, os mais comuns são os do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo e Vermelho. Entre estes existem outros com texturas caracterizadas,

sendo dos tipos de média a argilosa, que se associam a outros solos do tipo Concrecionais, Neossolos Quartzarênicos, Podzólicos, entre outros.

Ainda segundo o MME (2009), as variações de relevo que ocorrem na região, aliadas à variação de altitude que comumente oscila de 100 a 800 m, às variações nos tipos de solos e à precipitação, determinam o padrão vegetacional da região e a mudança entre os biomas. Os biomas encontrados nesta região são a Amazônia e o Cerrado; encontram-se ainda áreas de tensão ecológica entre estes dois biomas (Cerrado-Amazônia). As fitofisionomias presentes são as do tipo Floresta Ombrófila, Floresta Estacional e Savana.

4.2. Aquisição de dados

4.2.1. Base cartográfica digital

Para a delimitação dos limites dos municípios do estado do Pará e para a delimitação das áreas protegidas e não protegidas do mesmo, foi utilizada a base cartográfica contínua do Brasil, fornecida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que recobre todo o território brasileiro.

Esta base foi mapeada em uma escala de 1:250.000 e foi elaborada a partir de folhas de mapeamento sistemático brasileiro, provenientes do projeto de Sistema de Vigilância da Amazônia (SIVAM), utilizando como auxílio imagens de satélite, levantamentos de campo, além de informações de órgãos setoriais, estaduais e municipais. Todos os dados da base cartográfica do IBGE são disponibilizados em formato vetorial com representação em pontos, linhas e polígonos (IBGE, 2017).

4.2.2. Áreas desflorestadas (PRODES)

Para a informação sobre as áreas desflorestadas, foi utilizado dados do Projeto de Estimativa de Desflorestamento da Amazônia (PRODES). Este projeto é de responsabilidade do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e tem como objetivo fornecer informações sobre o mapeamento da cobertura da terra, sobretudo das áreas desflorestadas, que é o seu foco principal (INPE, 2019). O PRODES produz taxas anuais de desflorestamento que são usadas pelo governo brasileiro para o estabelecimento de políticas públicas.

Os dados do PRODES são gerados por meio de sensoriamento remoto, a partir do mapeamento automático das cenas do *Land Remote Sensing Satellite* (LANDSAT), que possuem uma resolução espacial de 20 a 30 m. As áreas mapeadas pelo PRODES apresentam no mínimo 6,5 hectares. As classes apresentadas no mapeamento do PRODES são as de: floresta, não floresta, nuvens, hidrografia, resíduo e desflorestamento (Tabela 1).

Tabela 1. Classes referentes ao mapeamento do PRODES.

Nº	CLASSES DO PRODES
1	Floresta
2	Não-floresta
3	Nuvens
4	Hidrografia
5	Resíduo
6	Desflorestamento

Fonte: PRODES. Elaborado pela autora.

Fez-se o download da base digital das áreas desflorestadas gerada pelo PRODES em formato *shapefile*, referente aos anos de 2005 a 2018 para todo o estado do Pará, no site do INPE e posteriormente fez-se o recorte da área de estudo. Os dados de áreas desflorestadas são disponibilizados em forma vetorial do tipo polígono.

4.2.3. Imagens do satélite LANDSAT

Foram utilizados dados referentes às imagens do satélite LANDSAT 5 e LANDSAT 8, disponibilizados pela *United States Geological Survey* (USGS), em parceria com a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Tanto a USGS quanto a NASA são instituições que apoiam e fornecem produtos que possibilitam estudos na área do sensoriamento remoto, tornando possível o reconhecimento dos recursos ambientais e do meio ambiente a fim de auxiliar em tomadas de decisões e na formulação de políticas (USGS, 2019a).

O satélite LANDSAT 5 foi lançado no dia 1º de março de 1984 transportando os sensores *Multispectral Scanner* (MSS) e o *Thematic Mapper* (TM). Este foi desativado em 5 de julho de 2013, porém durante 29 anos forneceu imagens do mapeamento terrestre (USGS, 2019b)

O satélite LANDSAT 8 foi lançado em 11 de fevereiro de 2013 e suas imagens passaram a ser disponibilizadas no segundo semestre desse mesmo ano. Este satélite recobre todo o globo terrestre em um intervalo de 16 dias e as informações são disponibilizadas gratuitamente em 24 horas após o imageamento. A USGS garante padrões de qualidade e precisão geométrica nestes dados (USGS, 2019c).

Foi realizado o download das imagens do LANDSAT 5 e 8 para os anos de 2005 e 2018, respectivamente, no site da USGS, chamado Earth Explorer, onde foram filtradas as imagens com menor percentual de nuvens possível. As imagens disponibilizadas estão em formato GeoTIFF.

As informações das órbitas/ponto das imagens baixadas estão presentes na tabela 2 abaixo.

Tabela 2. Informação das imagens baixadas para o ano de 2005 e 2018.

ÓRBITA/PONTO	DATA DE AQUISIÇÃO (LANDSAT 5)	DATA DE AQUISIÇÃO (LANDSAT 8)
225/64	16/05/2005	07/07/2018
225/65	03/07/2005	23/07/2018
226/63	26/07/2005	28/06/2018
226/64	26/07/2005	28/06/2018
226/65	26/07/2005	12/06/2018
227/63	17/07/2005	21/07/2018
227/64	17/07/2005	05/07/2018

Fonte: Elaborado pela autora.

4.3. Métodos

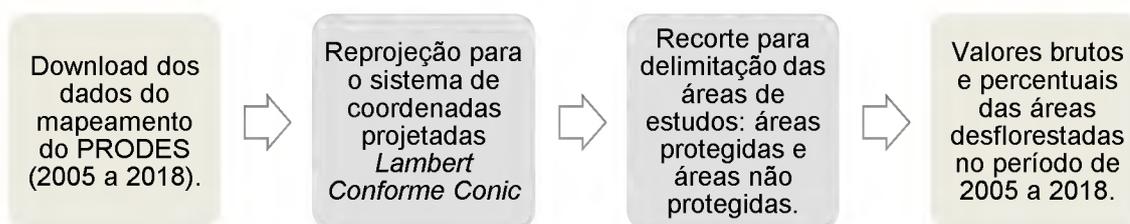
4.3.1. Avaliação da dinâmica do desflorestamento nas áreas protegidas APA-TX e ESEC-TM e nas áreas não protegidas dos municípios de Altamira e São Félix do Xingu.

Para testar a primeira hipótese foram utilizados dados oficiais de mapeamento das áreas desflorestadas fornecidos pelo INPE (PRODES) para avaliar a dinâmica do desflorestamento entre os anos de 2005 e 2018 nas áreas protegidas APA-TX e ESEC-TM, bem como nas áreas não protegidas de Altamira e São Félix do Xingu. As variáveis utilizadas foram áreas de desflorestamento em hectares e valores percentuais de desflorestamento.

Para esta avaliação os dados do PRODES referentes ao ano de 2005 a 2018 foram recortados para as áreas de estudo com o uso da ferramenta *clip*. Como as áreas de estudo estão localizadas nos fusos UTM 21 S e 22 S, optou-

se por realizar a reprojeção com o uso da ferramenta *reproject* para o sistema de coordenadas projetadas *Lambert Conforme Conic*, que é um sistema de coordenadas universal indicado para áreas localizadas na América do Sul. Nesta etapa, somente os valores de desflorestamento foram quantificados. O processamento dos dados foi realizado no *software* ArcMap 10.3 (figura 3).

Figura 3. Fluxograma do processamento para comparação das áreas desflorestadas nas áreas protegidas APA-TX e ESEC-TM e nas áreas não protegidas de Altamira e São Félix do Xingu.



Fonte: Elaborado pela autora.

O resultado deste processamento foram valores de áreas desflorestadas em hectares. Para uma melhor análise, por meio do *software* Excel 2016, os valores em hectares foram transformados em percentuais da extensão territorial total das áreas de estudo. Desta forma considerou-se como área parcial (AP) a área desflorestada em hectares e como área total a extensão territorial de cada área de estudo em hectares (AT), e o valor percentual foi calculado a partir da equação abaixo (equação 1).

Equação 1. Cálculo do valor percentual de área desflorestada.

$$\text{Valor percentual de área desflorestada} = \frac{AP \times 100}{AT}$$

Foi estimado também o incremento anual do desflorestamento nos quatro grupos de estudo. Onde foi considerado a diferença (Δ) entre o desflorestamento do ano presente com o do ano anterior, para os anos de 2005 a 2018.

4.3.2. Estrutura da paisagem da APA-TX e da ESEC-TM por meio de métricas de paisagem.

Para testar a segunda hipótese, também foi utilizado o mapeamento do PRODES, porém, além disto foram aplicados cálculos de métricas de paisagem para a APA-TX e ESEC-TM. Desta forma foi possível caracterizar a paisagem da APA e da ESEC para os anos de 2005 e de 2018. As variáveis avaliadas foram as métricas de paisagem de tamanho, borda e forma.

Para esta avaliação os dados do PRODES foram minuciosamente validados por meio da interpretação visual a partir das imagens do satélite LANDSAT 5 (para o mapeamento do ano de 2005) e do LANDSAT 8 (para o mapeamento do ano de 2018).

As imagens do LANDSAT disponibilizadas para *download* são orientadas para o norte verdadeiro, portanto, foi necessário reprojeta-las para o hemisfério sul. Para a etapa de composição colorida da imagem foram utilizadas as bandas 6R5G4B para as imagens LANDSAT 8 e 5R4G3B para as imagens LANDSAT 5, estes dois processos foram realizados no *software* ENVI 5.3.

Na validação do mapeamento do PRODES dos anos de 2005 e 2018, os dados foram analisados, corrigidos e/ou realocados para outras classes com o uso do *software* ArcMap 10.3 (figura 4). Todas as classes do mapeamento do PRODES foram analisadas por meio de interpretação visual das imagens LANDSAT. As classes de nuvens e de resíduos foram avaliadas e realocadas para as classes de desflorestamento ou floresta (de acordo com a avaliação por meio de interpretação visual).

Figura 4. Fluxograma do processamento da validação dos dados do PRODES por meio das imagens LANDSAT 5 e 8, bem como a correção e realocação destes.



Fonte: Elaborado pela autora.

A classe de não-floresta permaneceu da mesma forma, uma vez que na avaliação percebeu-se que esta fazia referência às áreas de ecossistemas naturais sem cobertura vegetal (como afloramento rochoso e áreas alagadas, por exemplo) e foi assim chamado desde então.

As classes originais encontradas do mapeamento do PRODES para a APA-TX e ESEC-TM foram as de: floresta, desflorestamento, não-floresta, hidrografia, resíduos e nuvens. Após a validação dos dados, as classes resultantes foram as de: floresta, desflorestamento, ecossistemas naturais sem cobertura vegetal e hidrografia (tabela 3).

Tabela 3. Classes do mapeamento do PRODES após validação a partir das imagens LANDSAT 5 e 8 para os anos de 2005 e 2018, respectivamente.

Nº	CLASSES DO MAPEAMENTO DO PRODES APÓS VALIDAÇÃO A PARTIR DAS IMAGENS LANDSAT
1	Floresta
2	Ecossistemas naturais sem cobertura vegetal
3	Hidrografia
4	Desflorestamento

Fonte: Elaborado pela autora.

Após isto, a avaliação da estrutura da paisagem foi realizada separadamente para a APA-TX e a ESEC-TM para os anos de 2005 e 2018 usando métodos de métricas de paisagem, também chamados de índices de ecologia da paisagem.

Nesta etapa utilizou-se a extensão *Patch Analyst 4*, no software ArcMap 10.3. Dados referentes a paisagem consideraram a APA-TX e ESEC-TM como um todo, e dados referentes a classe consideraram os diferentes elementos que compõem as paisagens, que no caso são: floresta, ecossistemas naturais sem cobertura vegetal, desflorestamento, hidrografia.

As métricas de tamanho avaliadas foram: área total de cada classe (CA), número total de manchas por classe (NumP), tamanho médio das manchas por classe (MPS). A métrica de borda avaliada foi a densidade de borda (ED). E a métrica de forma avaliada foi a dimensão fractal média da mancha (MPFD).

A área total de cada classe, como já se subentende, faz referência ao tamanho da área de cada classe presente nas paisagens analisadas. O número total de manchas é o total de fragmentos que compõem as classes. O tamanho médio das manchas é a média do tamanho de todos os fragmentos

por classe. A densidade de borda relaciona o comprimento total da borda com a área total da paisagem. E a dimensão fractal média trata da complexidade da forma dos fragmentos, onde os de forma mais simples apresentam valores mais próximos de 1 e os fragmentos mais complexos apresentam valores mais próximos de 2. Todas estas métricas foram calculadas na extensão *Patch Analyst 4* do ArcMap 10.3 por meio das fórmulas apresentadas na tabela 4 e o processamento dos dados está descrito da figura 5.

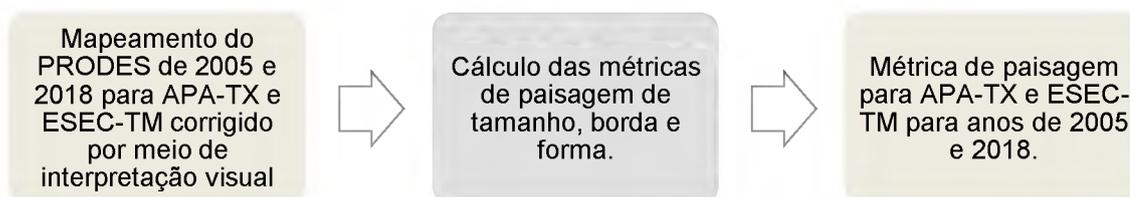
Tabela 4. Métricas de paisagem avaliadas.

Tipo de Métrica	Sigla	Métricas	Descrição	Fórmula
Tamanho	CA	Área total de cada classe	Tamanho da área de cada classe presente nas paisagens analisadas	$CA = \sum_{j=1}^n a_j \left(\frac{1}{10,000} \right)$
	NumP	Número total de manchas por classe	Número total de manchas (fragmentos) que compõem as classes	
	MPS	Tamanho médio das manchas por classe	Média do tamanho de todas as manchas por classe	$MPS = \frac{\sum_{j=1}^n a_j \left(\frac{1}{10,000} \right)}{n}$
Borda	ED	Densidade de borda	Relaciona o comprimento total da borda com a área total da paisagem.	$ED = \frac{TE}{A} (10,000)$
Forma	MPFD	Dimensão fractal média da mancha	Complexidade da forma dos fragmentos	$D = \ln(A) / \ln(P)$

aj: área da mancha (j) / n: número de manchas presentes na classe / TE: Borda total, perímetro de manchas de todas as classes da paisagem / A: Área da paisagem / ln (A): logaritmo neperiano da área / ln (P): logaritmo neperiano do perímetro. Valor 10.000 usado para conversão de hectares para metros quadrados

Fonte: AZEVEDO, 2002 & ZENGIN, 2017. Elaborado pela autora.

Figura 5. Fluxograma do processo de caracterização da paisagem por meio das métricas de paisagem.



Fonte: Elaborado pela autora.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Avaliação da dinâmica do desflorestamento nas áreas protegidas APA-TX, ESEC-TM e das áreas não protegidas inseridas nos municípios de Altamira e São Félix do Xingu.

Como resultado temos a avaliação de duas áreas protegidas de diferentes categorias e das áreas não protegidas dos municípios de Altamira e São Félix do Xingu, todos estes localizados no arco do desflorestamento, considerado região crítica de intensa pressão antrópica. Sendo a APA-TX área protegida da categoria de uso sustentável e a ESEC-TM da categoria de proteção integral, localizadas respectivamente nos municípios de São Félix do Xingu e em Altamira, que, por sua vez, tiveram suas áreas não protegidas avaliadas.

A tabela 5 mostra valores crescentes de áreas desflorestadas entre os anos de 2005 e 2018 em todas as áreas de estudo. As áreas não protegidas localizadas no município de São Félix do Xingu apresentaram os maiores valores em todo o período de estudo, apesar da área não protegida de Altamira ser maior em extensão territorial entre as áreas não protegidas avaliadas.

O mesmo ocorreu com as áreas protegidas, uma vez que a ESEC-TM apresenta maior extensão territorial que a APA-TX, porém esta última apresentou maiores valores de áreas desflorestadas em todo o período estudado.

Tabela 5. Dinâmica do desflorestamento das áreas de estudo nos anos de 2005 a 2018.

ÁREAS DESFLORESTADAS EM HECTARES (ha)				
	Áreas não protegidas		Áreas protegidas	
Ano	São Félix do Xingu	Altamira	APA-TX	ESEC-TM
2005	1.037.372	316.819	273.654	40.188
2006	1.079.801	330.762	302.689	41.559
2007	1.127.389	346.071	344.965	43.862
2008	1.174.434	359.545	370.282	44.211
2009	1.197.850	373.435	390.041	44.452
2010	1.217.446	383.552	405.884	44.947
2011	1.225.523	397.195	414.050	44.999
2012	1.236.903	404.155	421.179	45.400
2013	1.251.899	416.132	429.433	45.457
2014	1.258.111	429.812	441.292	45.581
2015	1.288.035	453.072	469.001	47.624
2016	1.300.436	462.584	510.674	48.465
2017	1.311.320	470.129	531.046	49.481

2018	1.324.549	483.632	563.979	50.749
Área territorial (ha)	2.270.494	2.715.927	1.654.452	3.348.590
Média do desflorestamento (ha)	1.216.505	401.921	419.155	45.498
Desvio padrão (ha)	86.444	53.351	82.570	2.862

Fonte: PRODES. Elaborado pela autora.

Para uma melhor avaliação, os dados em hectares descritos na tabela 6 foram transformados em valores percentuais, onde se considerou o desflorestamento em relação à extensão territorial de cada área de estudo (tabela 6).

Tabela 6. Crescimento percentual das áreas desflorestadas entre os anos de 2005 a 2018.

PERCENTUAL DE ÁREAS DESFLORESTADAS (%)				
Ano	Áreas não protegidas		Áreas protegidas	
	São Félix do Xingu	Altamira	APA-TX	ESEC-TM
2005	45,69	11,67	16,54	1,20
2006	47,56	12,18	18,30	1,24
2007	49,65	12,74	20,85	1,31
2008	51,73	13,24	22,38	1,32
2009	52,76	13,75	23,58	1,33
2010	53,62	14,12	24,53	1,34
2011	53,98	14,62	25,03	1,34
2012	54,48	14,88	25,46	1,36
2013	55,14	15,32	25,96	1,36
2014	55,41	15,83	26,67	1,36
2015	56,73	16,68	28,35	1,42
2016	57,28	17,03	30,87	1,45
2017	57,75	17,31	32,10	1,48
2018	58,34	17,81	34,09	1,52
Média percentual do desflorestamento (%)	53,58	14,80	25,33	1,36
Desvio padrão	3,81	1,96	4,99	0,09

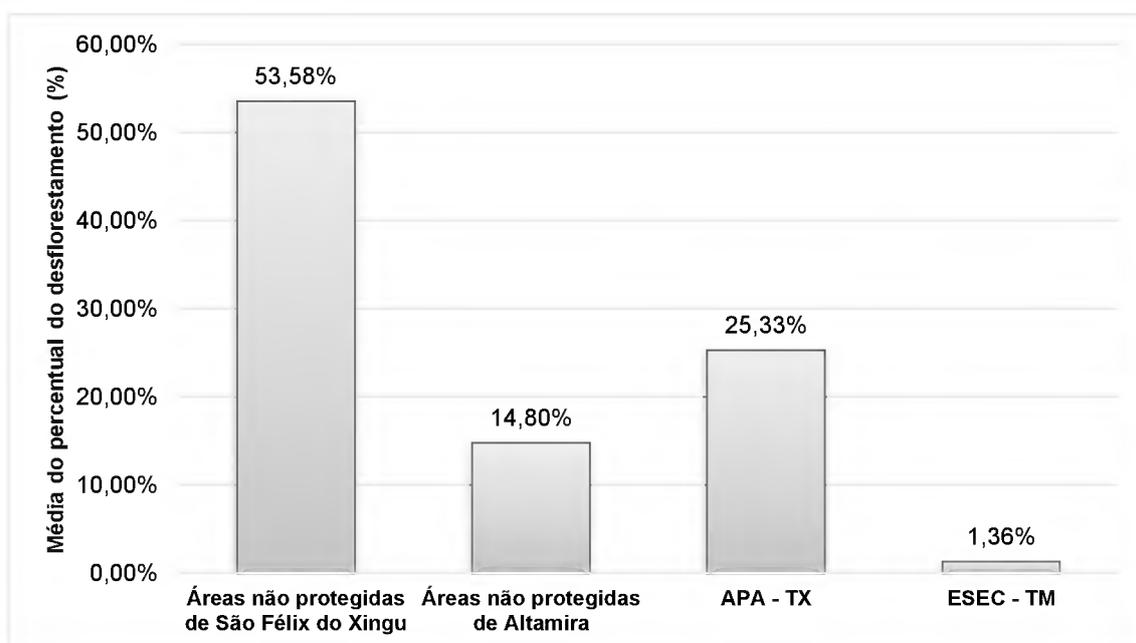
Fonte: PRODES. Elaborado pela autora.

Existe uma tendência de crescimento de desflorestamento em todas as áreas de estudo. O maior percentual de desflorestamento acumulado é nas áreas não protegidas de São Félix do Xingu, seguido pela área protegida da APA-TX, o qual se mostrou superior às áreas não protegidas localizadas em Altamira. Por último, o menor percentual de desflorestamento é da ESEC-TM, que apresenta um padrão de crescimento bem baixo em relação às demais áreas.

De modo geral, entre os anos de 2005 a 2018 as áreas não protegidas de São Félix do Xingu apresentaram o maior percentual de desflorestamento

médio, que cresceu 53,58% até 2018. Seguido pela área protegida da APA-TX com um desmatamento médio no período de 25,33% e as áreas não protegidas de Altamira com 14,80%. A ESEC-TM, área de proteção integral, foi a que apresentou o menor percentual de desflorestamento médio, de 1,36 (figura 6).

Figura 6. Média do percentual do desflorestamento acumulado entre os anos de 2005 e 2018 para as áreas de estudo (áreas protegidas e não protegidas).

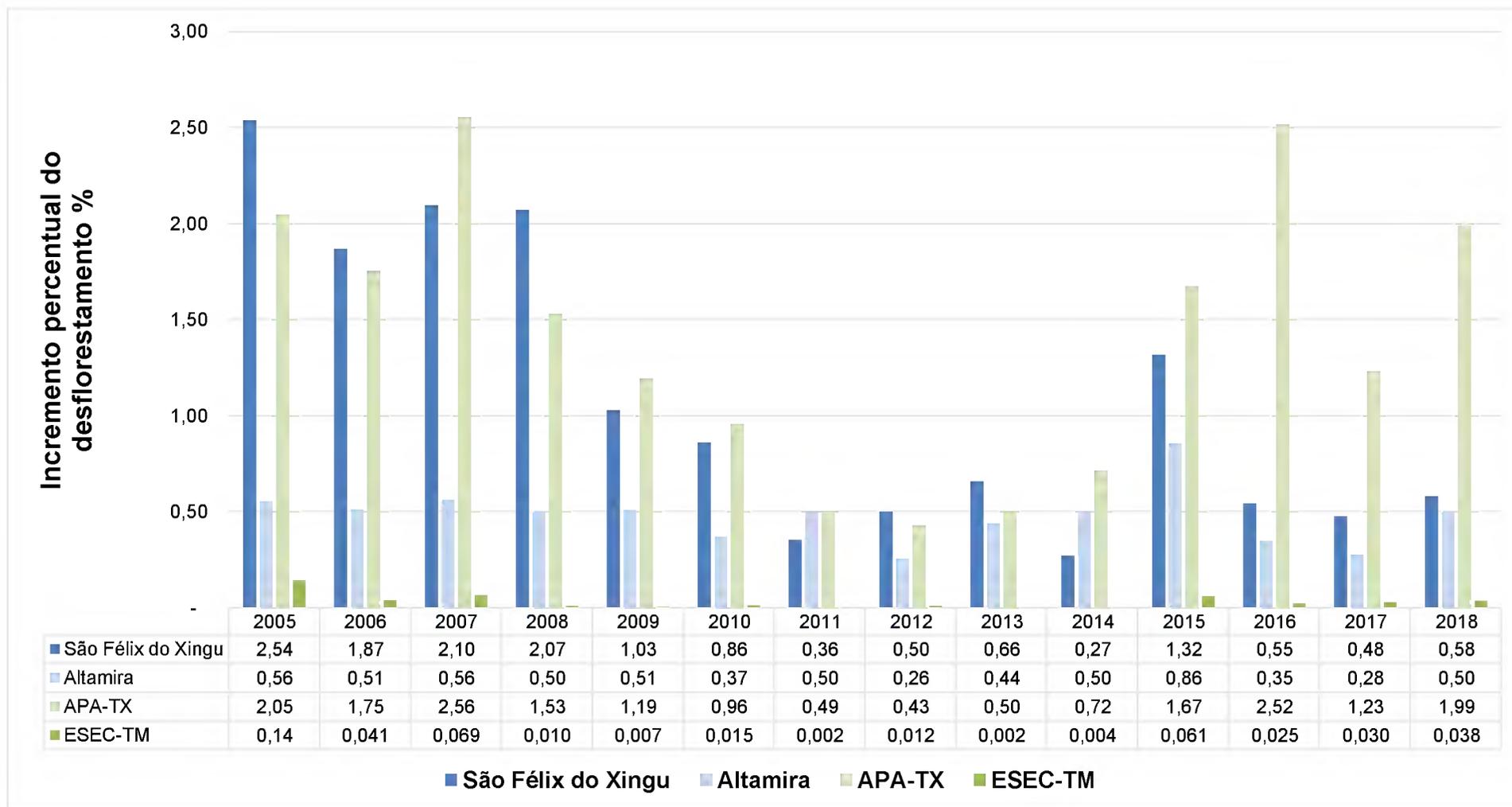


Fonte: Elaborado pela autora.

Os dados do incremento do desflorestamento para o período de 2005 a 2018 também foram abordados e desta forma foi possível observar de forma mais clara a dinâmica do desflorestamento nas áreas protegidas e não protegidas.

O maior incremento do desflorestamento na maior parte dos anos foi na área protegida da APA-TX (durante 9 anos), nos anos em que esta não estava em primeiro lugar, as áreas não protegidas de São Félix do Xingu apresentaram o maior incremento do desflorestamento (durante 5 anos). As áreas não protegidas de Altamira ficaram em terceiro lugar e a área protegida da ESEC-TM apresentou os menores valores de incremento de desflorestamento em todo o período (Figura 7).

Figura 7. Incremento percentual do desflorestamento entre os anos de 2005 e 2018 para as áreas de estudo (áreas protegidas e não protegidas).



Fonte: INPE. Elaborado pela autora.

De acordo com a legislação, o objetivo das áreas protegidas de proteção integral é o de preservar a natureza, sendo permitido apenas o uso indireto dos recursos naturais, e o das áreas protegidas de uso sustentável é o de equilibrar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais (SNUC, 2000). Ou seja, ambas são criadas como estratégia para proteger os habitats de florestas, fauna, preservar os recursos naturais de modo geral, bem como elementos de beleza cênica, etc., e conseqüentemente com isto conter o crescimento do desflorestamento.

Ainda segundo a legislação, nas áreas de proteção de uso sustentável (o caso da APA-TX) é permitido o uso dos recursos naturais de forma equilibrada, porém, nas áreas protegidas de proteção integral (caso da ESEC-TM), não é permitido o uso dos recursos naturais, uma vez que esta categoria é destinada somente para preservação dos recursos naturais e realização de pesquisas científicas (SNUC, 2000).

Os resultados encontrados no presente estudo vão de forma contrária ao que é estabelecido na legislação, uma vez que não se pode considerar que o uso dos recursos naturais da APA-TX está ocorrendo de uma forma equilibrada, uma vez que o incremento percentual do desflorestamento na maior parte do período de estudo foi maior do que nas áreas não protegidas de São Félix do Xingu e Altamira, além do desflorestamento médio de suas áreas no período de estudo (25,33%) superar o das áreas não protegidas do município de Altamira (14,80%).

O mesmo ocorre na ESEC-TM, que, apesar de apresentar os menores valores de desflorestamento médio entre 2005 a 2018 (1,36%), este não deveria ocorrer desta forma devido à restrição do uso dos recursos naturais imposta nesta categoria de área protegida.

Um resultado similar foi encontrado em um estudo realizado por Cabral (2018) sobre áreas protegidas localizadas na região do arco do desflorestamento. O autor afirmou que estas encontram-se em situação crítica devido ao alto nível de fragmentação ocasionada por padrões de desflorestamento lá presentes, ocasionado pela intensa pressão antrópica.

Segundo Amin (2019), áreas protegidas da categoria de proteção integral são mais eficientes para conter o desflorestamento, ao passo que as da categoria de uso sustentável não conseguem refrear este nem mesmo dentro

da sua própria delimitação territorial. E ainda, áreas protegidas localizadas próximas a estradas e complexos urbanos, tendem a sofrer maior impacto do desflorestamento (PFAFF, 2015).

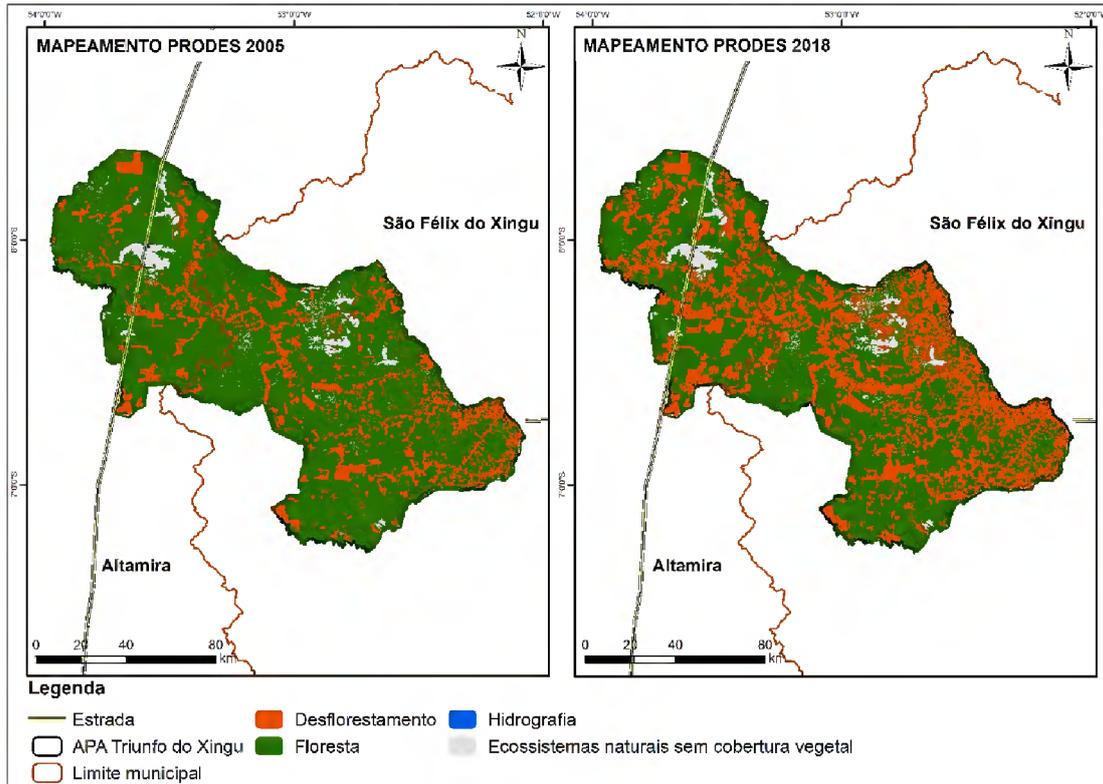
O que foi citado anteriormente explica o fato do desflorestamento acumulado médio da APA-TX ter sido muito maior (25,33 %) que o da ESEC-TM (1,36 %), uma vez que a APA-TX é uma área protegida de uso sustentável onde encontra-se atividades econômicas ocorrentes da região, como agropecuária e exploração madeireira.

No caso da ESEC-TM, seus valores podem ser menores devido ao fato desta ser uma área protegida de proteção integral e estar mais longe do complexo urbano de São Félix do Xingu e Altamira. Apesar disto, a ESEC-TM apresentou uma dinâmica do desflorestamento crescente. Mesmo que este valor seja baixo, ele não deveria ocorrer devido à restrição de uso desta categoria.

5.2. Avaliação da estrutura da paisagem da APA-TX e da ESEC-TM por meio de métricas de paisagem.

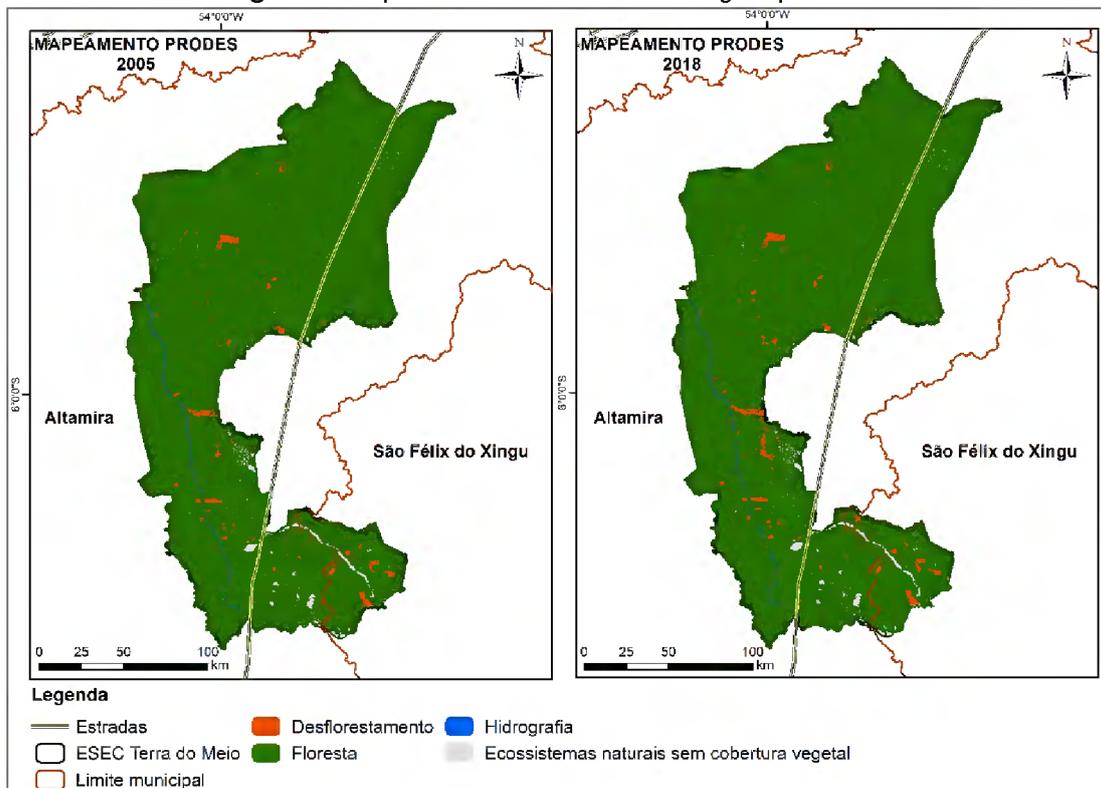
Após a validação das classes de mapeamento do PRODES com o uso das imagens LANDSAT 5 e 8 para os anos de 2005 e 2018, respectivamente, foram obtidos dados corrigidos do mapeamento da APA-TX (figura 8) e ESEC-TM para o ano de 2005 e 2018 (figura 9), para os quais foi possível aplicar as métricas de paisagem.

Figura 8. Mapeamento do PRODES corrigido para APA-TX.



Fonte. IBGE e PRODES. Elaborado pela autora.

Figura 9. Mapeamento do PRODES corrigido para ESEC-TM.



Fonte. IBGE e PRODES. Elaborado pela autora.

A avaliação das métricas de paisagem de tamanho, borda e forma gerou resultados da estrutura da paisagem da APA-TX e ESEC-TM para os períodos do ano de 2005 e 2018, por meio do cálculo das métricas de área total de cada classe (CA), número total de manchas por classe (NumP), tamanho médio das manchas por classe (MPS), densidade de borda (ED) e dimensão fractal média da mancha (MPFD). Nesta etapa desconsiderou-se a classe de hidrografia e avaliou-se somente a de desflorestamento, floresta e ecossistemas naturais sem cobertura vegetal.

Sobre as métricas de tamanho calculadas para a APA-TX no ano de 2005, a classe de floresta apresentou o maior valor quando comparada com as outras classes, a área desta classe foi de 1.325.574 ha, seguida pelo desflorestamento, com 278.583 ha e a classe de ecossistemas naturais sem cobertura vegetal por último, com 48.153 ha. O número de manchas de floresta foi de 1.924, de desflorestamento foi 1.172 e 442 de ecossistemas naturais sem cobertura vegetal. O tamanho médio dessas manchas foi de 688,97 ha para floresta, 237,70 ha para desflorestamento e 108,94 ha para ecossistemas naturais sem cobertura vegetal.

Na métrica de borda calculada, a densidade de borda foi de 8,61 m/ha para floresta; 6,94 m/ha para desflorestamento e 1,27 m/ha para ecossistemas naturais sem cobertura vegetal.

Para a métrica de forma calculada, a dimensão fractal média da mancha para a classe de floresta foi de 1,72; seguido por 1,32 para classe de ecossistemas naturais sem cobertura vegetal e 1,29 para o desflorestamento (tabela 7).

Tabela 7. Métricas de paisagem para a APA-TX no ano de 2005.

APA-TX 2005				
Métricas	Unidades	Desflorestamento	Floresta	Ecossistemas naturais sem cobertura vegetal
<i>Área total de cada classe</i>	Hectares	278.583	1.325.574	48.153
<i>Número total de manchas por classe</i>	Adimensional	1.172	1.924	442

<i>Tamanho médio das manchas por classe</i>	Hectares	237,70	688,97	108,94
<i>Densidade de borda</i>	Metros/hectares	6,94	8,61	1,27
<i>Dimensão fractal média da mancha</i>	Adimensional	1,29	1,72	1,32

Fonte: Elaborado pela autora.

Avaliando as métricas de paisagem da APA-TX no ano de 2018 foi possível perceber a grande diferença da paisagem quando comparada com o ano de 2005. Isto pode ser consequência da falta de uma clara descrição na legislação sobre a restrição de uso que deveria ocorrer em áreas protegidas de uso sustentável aliada com a localização desta área protegida, que está inserida em região de intensa pressão antrópica (CABRAL, 2018; IMAZON, 2017).

Nas métricas de tamanho da APA-TX em 2018, a área de classe da floresta foi de 1.038.453 ha, neste caso a floresta diminuiu em 21,66% quando comparada com 2005. O número de manchas de floresta em 2018 foi de 2.525, ou seja, o número de fragmentos aumentou em 131,24%, o que tornou a floresta mais fragmentada. O tamanho médio das manchas de floresta no ano de 2018 apresentou o valor de 411,27, menor que a classe de desflorestamento.

Na métrica de borda da APA-TX em 2018, a densidade de borda aumentou em 12,02 m/ha, o que não é um bom indicativo, uma vez que as métricas de borda indicam o quanto determinada área está exposta a fatores externos, podendo facilmente ser “convertida” para outra classe, como o desflorestamento.

Para a métrica de forma calculada, a dimensão fractal média da mancha diminuiu para 1,44 em 2018, o que mostra que sua forma está menos complexa que em 2005, ou seja, apresenta padrões mais geométricos, padrão comum do desflorestamento no entorno (tabela 8).

Tabela 8. Métricas de paisagem da APA-TX no ano de 2018.

APA-TX 2018				
Métricas	Unidades	Desflorestamento	Floresta	Ecosistemas naturais sem cobertura vegetal
<i>Área total de cada classe</i>	Hectares	565.781	1.038.453	48.065
<i>Número total de manchas por classe</i>	Adimensional	876	2.525	418
<i>Tamanho médio das manchas por classe</i>	Hectares	645,87	411,27	114,99
<i>Densidade de borda</i>	Metros/hectares	10,95	12,02	1,25
<i>Dimensão fractal média da mancha</i>	Adimensional	1,31	1,44	1,31

Fonte: Elaborado pela autora.

De modo geral, a partir da avaliação das métricas de paisagem para APA-TX para o ano de 2005 e 2018, percebe-se que esta perdeu um grande quantitativo de área de floresta. Isto influenciou os outros resultados encontrados. O número de fragmentos aumentou e o tamanho médio destes diminuiu, o que caracteriza uma floresta que se tornou mais fragmentada quando comparada com 2005. A densidade de borda aumentou, o que significa que a floresta está mais suscetível ao efeito de borda, que nada mais é que a área exposta da floresta a fatores externos que facilitam sua degradação. Estes fatores são refletidos na dimensão fractal média da mancha, que em 2018 passou a ser menos complexa, fator indicativo da ação do desflorestamento.

Sobre as métricas de tamanho calculadas para a ESEC-TM no ano de 2005, a classe de floresta apresentou a maior área com 3.272.280 ha, seguida do desflorestamento com 40.467 ha e por último a classe de ecossistemas naturais sem cobertura vegetal com 23.259 ha. O maior número de manchas foi da classe de não floresta, com 353 fragmentos, seguido por floresta com 323 e desflorestamento com 253. O maior tamanho médio das manchas foi de floresta com 10.130 ha, superior às classes de desflorestamento com 159,95 ha e ecossistemas naturais sem cobertura vegetal com 65,89 ha.

Nas métricas de borda para a ESEC-TM no ano de 2005, os maiores valores foram da classe de floresta, cuja densidade de borda para floresta foi de 1,55 m/ha, a do desflorestamento foi de 0,46 m/ha e para ecossistemas naturais sem cobertura vegetal o valor foi de 0,35 m/ha.

Para a métrica de forma calculada, a dimensão fractal média apresentou valores de 1,65 para floresta, 1,31 para ecossistemas naturais sem cobertura vegetal e 1,30 para desflorestamento (tabela 9).

Tabela 9. Métricas de paisagem para a ESEC-TM no ano de 2005.

ESEC-TM 2005				
Métricas	Unidades	Desflorestamento	Floresta	Ecossistemas naturais sem cobertura vegetal
<i>Área total de cada classe</i>	Hectares	40.467	3.272.280	23.259
<i>Número total de manchas por classe</i>	Adimensional	253	323	353
<i>Tamanho médio das manchas por classe</i>	Hectares	159,95	10.130	65,89
<i>Densidade de borda</i>	Metros/hectares	0,46	1,55	0,35
<i>Dimensão fractal média da mancha</i>	Adimensional	1,30	1,65	1,31

Fonte: Elaborado pela autora.

A paisagem encontrada na ESEC-TM no ano de 2018 não se diferenciou tanto quando comparada com o ano de 2005, porém ocorreram mudanças, o que não deveria estar ocorrendo uma vez que áreas protegidas de proteção integral são destinadas somente para preservação da natureza e realização de pesquisas científicas (SNUC, 2000).

A área total da classe de floresta em 2018 foi de 3.262.232 ha, uma perda de 0,31% quando comparado com o ano de 2005. Este valor de perda é realmente pequeno, mas não deveria estar ocorrendo, uma vez que em áreas de proteção integral somente é permitido o uso para pesquisas científicas. O número de fragmentos da ESEC-TM diminuiu para 275, o que significa que, apesar de a área de floresta ter diminuído, esta está menos fragmentada

quando comparada com o ano de 2005. O tamanho médio de manchas aumentou para todas as classes, sendo o valor para a classe de floresta de 11.862, ha, o que reafirma o fato de a paisagem estar menos fragmentada.

A densidade de borda subiu para 1,64, o que indica que, apesar de a floresta estar menos fragmentada, ela está mais exposta a fatores externos que podem facilitar a sua perda e incorporação nas áreas de desflorestamento. A dimensão fractal média diminuiu para 1,42, o que indica que os fragmentos de floresta presentes na ESEC-TM em 2018 apresentaram menor complexidade, que indicam que esta está mais exposta a fatores externos (tabela 10).

Tabela 10. Métricas de paisagem para a ESEC-TM no ano de 2018.

ESEC-TM 2018				
Métricas	Unidades	Desflorestamento	Floresta	Ecossistemas naturais sem cobertura vegetal
<i>Área total de cada classe</i>	Hectares	50.885	3.262.232	23.239
<i>Número total de manchas por classe</i>	Adimensional	315	275	347
<i>Tamanho médio das manchas por classe</i>	Hectares	161,54	11.862	66,97
<i>Densidade de borda</i>	Metros/hectares	0,59	1,64	0,34
<i>Dimensão fractal média da mancha</i>	Adimensional	1,32	1,42	1,31

Fonte: Elaborado pela autora.

De modo geral, com a avaliação das métricas de paisagem para a ESEC-TM para os anos de 2005 e 2018, percebe-se que não ocorreram mudanças tão significativas como as da APA-TX. A floresta da ESEC-TM diminuiu em apenas 0,31% durante o período avaliado. O número total de fragmentos de floresta diminuiu e o tamanho médio destes aumentou, isto significa que, apesar da diminuição da área da floresta, isto não impulsionou o processo de fragmentação desta, mas sim o contrário, a diminuição do número de fragmentos florestais indica que houve uma conexão de fragmentos. Apesar disso, a densidade de borda juntamente com a dimensão fractal média dos

fragmentos aumentaram, o que indica que a floresta está mais exposta a fatores externos e que apresenta forma menos complexa quando comparada com 2005, resultado da ação do desflorestamento nesta área protegida.

Considerando as métricas de densidade de borda e de dimensão fractal para a classe de floresta, no ano de 2018, somente das áreas protegidas é possível perceber que: a densidade de borda para a classe de floresta no ano de 2018 para a APA-TX e a ESEC-TM foi de 12,02 m e 1,64 m, respectivamente. A métrica de densidade de borda indica que a APA-TX está 86,36% mais exposta ao desflorestamento quando comparada com a ESEC-TM. A dimensão fractal para a classe de floresta no ano de 2018 foi de 1,44 para a APA-TX e de 1,42 para a ESEC-TM, o que indica que esta última apresenta padrões de forma mais complexos do que a APA-TX, ou seja, a APA-TX apresenta padrões menos complexos, está mais exposta ao desflorestamento.

Esta avaliação confirma em parte o que foi estabelecido na segunda hipótese de que o desflorestamento ilegal na Amazônia é bastante intenso bem como a falha na questão da fiscalização, logo, áreas protegidas acabam tornando-se expostas à pressão antrópica, comprometendo o uso sustentável e a preservação de seus recursos naturais. Porém, áreas de proteção integral são mais eficientes para conter o desflorestamento em suas delimitações.

6. CONCLUSÃO

A APA-TX, área protegida de uso sustentável, apresenta o segundo maior desflorestamento acumulado médio para o período estudado, logo, isto não pode ser considerado uma forma de uso sustentável, uma vez que este desflorestamento médio foi maior que o das áreas não protegidas inseridas no município de Altamira. No período estudado, a floresta desta APA diminuiu bastante, tornou-se mais fragmentada, mais exposta ao desflorestamento e seus fragmentos passaram a ter formas menos complexas, efeito claro da ação do desflorestamento.

A ESEC-TM, área protegida de proteção integral, é a área com menor desflorestamento cumulativo médio, porém, este não deveria estar ocorrendo, uma vez que em áreas de proteção integral somente é permitido o uso para preservação da natureza e realização de pesquisas científicas. No período

estudado a perda da floresta da ESEC-TM foi inferior quando comparada com a perda da floresta da APA-TX, e tornou-se menos fragmentada quando comparada com a da APA-TX, o que pode ser explicado por uma menor fragmentação da floresta. Porém, tornou-se mais exposta ao desflorestamento e também passou a ter formas menos complexas, o que confirma a ação do desflorestamento nesta área.

De modo geral, apesar de ter ocorrido um processo de perda de floresta na ESEC-TM, o crescimento do desflorestamento nesta área foi baixo e não houve grandes mudanças na estrutura da sua paisagem. Enquanto que na APA-TX desflorestamento acumulado médio foi acentuado e a estrutura da paisagem tornou-se bastante fragmentada quando comparada com o ano inicial de estudo. Logo, a área de proteção integral (ESEC-TM) foi mais eficiente em conter o desflorestamento quando comparada com a área de uso sustentável (APA-TX).

Os resultados sobre a dinâmica do desflorestamento e a estrutura da APA-TX e ESEC-TM confirmaram em parte as duas hipóteses que tratam sobre o desflorestamento ocorrer de forma crítica em áreas protegidas localizadas em região de intensa pressão antrópica e sobre áreas protegidas estarem expostas à pressão antrópica de modo a comprometer a preservação de seus recursos naturais, uma vez que a área de uso sustentável (APA-TX) apresentou um intenso desflorestamento médio acumulado, porém a área de proteção integral (ESEC-TM) apresentou bons resultados em relação à contenção do mesmo.

7. RECOMENDAÇÕES

Mediante os resultados obtidos, recomenda-se desenvolvimento de metodologia que estabeleça critérios especiais de utilização para áreas de uso sustentável e proteção integral localizadas em região de intensa pressão antrópica, bem como reformulação na legislação que reivindique uma maior restrição de uso na categoria APA, que é a área protegida que apresenta maior vulnerabilidade ao desflorestamento. É necessário ainda a intensificação na fiscalização destas áreas por parte dos órgãos competentes.

8. REFERÊNCIAS

AMIN, A.; CHOUMERT-NKOLO, J.; COMBES, J. L.; MOTEL, P. C.; KÉRÉ, E. N.; ONGONO-OLINGA, J. G.; SCHWARTZ, S. Neighborhood effects in the Brazilian Amazônia: Protected areas and deforestation. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 93, p. 272-288, 2019.

ALVES FILHO, E.; CAMPOS, W. W.; FURLAN, S. A. Ecologia da paisagem e a conservação de florestas tropicais. **OKARA: Geografia em debate**, v. 9, n. 2, p. 195-215. 2015.

AZEVEDO, T. S. D. **Análise espaço temporal da dimensão fractal de matas ciliares na alta bacia do rio Passa Cinco-centro Leste do Estado de São Paulo**. Dissertação (Dissertação em Geografia) – Unesp. São Paulo, p. 161, 2003

AZEVEDO-RAMOS, C., MOUTINHO, P. No man's land in the Brazilian Amazon: Could undesignated public forests slow Amazon deforestation?. **Land use policy**, v. 73, p. 125-127. 2018.

BRASIL. Política Nacional do Meio Ambiente. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981.

BRASIL. Decreto-lei s/n, de 17 de fevereiro de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Dnn/Dnn10450.htm> Acesso em: 26 de março de 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. **Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas**: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006. Brasília: MMA, 2011. 76 p.

BRASIL. Código Florestal. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

BONILLA-BEDOYA, S., ESTRELLA-BASTIDAS, A., MOLINA, J. R., HERRERA, M. Á. Socioecological system and potential deforestation in Western Amazon forest landscapes. **Science of The Total Environment**, v. 644, p. 1044-1055. 2018.

BROWN, D. S., BROWN, J. C., BROWN, C. Land occupations and deforestation in the Brazilian Amazon. **Land use policy**, v. 54, p. 331-338. 2016.

CABRAL, A. I., SAITO, C., PEREIRA, H., LAQUES, A. E. Deforestation pattern dynamics in protected areas of the Brazilian Legal Amazon using remote sensing data. **Applied geography**, v. 100, p. 101-115. 2018.

CALEGARI, L.; Martins, S. V.; Gleriani, J. M.; Silva, E.; Busato, L. C. Análise da dinâmica de fragmentos florestais no município de Carandaí, MG, para fins de restauração florestal. **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, 2010.

CARVALHO, T. S.; DOMINGUES, E. P.; HORRIDGE, J. M. Controlling deforestation in the Brazilian Amazon: Regional economic impacts and land-use change. **Land Use Policy**, v. 64, p. 327-341, 2017.

COUTO, P. Análise factorial aplicada a métricas da paisagem definidas em FRAGSTATS. **Revista Investigação Operacional**, v. 24, n. 1, p. 109-137, 2004.

DA COSTA, A. L. S.; REIS, L. R. A contribuição da APA Triunfo do Xingu para o ordenamento fundiário na região da Terra do Meio, estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 60, n. 1, p. 96-102. 2017.

DA ROCHA, N. A.; DE CASTRO BORGES, J. L.; MOURA, A. C. M. Conflitos das dinâmicas de transformação urbana e ambiental à luz da ecologia da paisagem. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 7, n. 1, p. 23-34. 2016.

DALLOZ, M. F.; CROUZEILLES, R.; ALMEIDA-GOMES, M.; PAPI, B.; PREVEDELLO, J. A. Incorporating landscape ecology metrics into environmental impact assessment in the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in ecology and conservation**, v. 15, n. 3, p. 216-220. 2017.

DEZHKAM, S.; AMIRI, B. J.; DARVISHSEFAT, A. A.; SAKIEH, Y. Performance evaluation of land change simulation models using landscape metrics. **Geocarto international**, v. 32, n. 6, p. 655-677, 2017.

DOS REIS, L. N. G.; NISHIYAMA, L. A estrutura espacial dos fragmentos de vegetação nativa da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari em Minas Gerais. **Geosul**, v. 32, n. 65, p. 30-48. 2017.

DOS SANTOS, A. R.; RIBEIRO, C. A. A. S.; DE OLIVEIRA PELUZIO, T. M.; PELUZIO, J. B. E.; DE QUEIROZ, V. T.; BRANCO, E. R. F.; TEIXEIRA, T. R. Geotechnology and landscape ecology applied to the selection of potential forest fragments for seed harvesting. **Journal of environmental management**, v. 183, p. 1050-1063. 2016.

FARIA, W. R.; ALMEIDA, A. N. Relationship between openness to trade and deforestation: Empirical evidence from the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 121, p. 85-97, 2016.

FEARNSIDE, P. M. Environment: Deforestation soars in the Amazon. **Nature**, v. 521, n. 7553, p. 423, 2015.

GAVRILOVIĆ, S.; VASILJEVIĆ, N.; RADIĆ, B.; PIHLER, V. Landscape metrics application in ecological and visual landscape assessment. **Glasnik Šumarskog fakulteta**, v. 116, p. 29-50, 2017.

HERMOSILLA, T.; WULDER, M. A.; WHITE, J. C.; COOPS, N. C.; PICKELL, P. D.; BOLTON, D. K. Impact of time on interpretations of forest fragmentation: Three-decades of fragmentation dynamics over Canada. **Remote Sensing of Environment**, v. 222, p. 65-77, 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Base cartográfica continua do Brasil, escala 1:250.000 - bc250: versão 2017. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas.html>>. Acesso em: 20/11/2018.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio. **Plano de Manejo da Estação Ecológica da Terra do Meio**. 2015. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/DCOM_plano_de_manejo_Esc_da_Terra_do_Meio.pdf>. Acesso em: 26 de março de 2019.

Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade do Estado do Pará – IDEFLOR-BIO. **APA Triunfo do Xingu**. 2019. Disponível em: < <https://ideflorbio.pa.gov.br/unidades-de-conservacao/regiao-administrativa-do-xingu/apa-triunfo-do-xingu/>>. Acesso em: 26 de março de 2019. Site

Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – Imazon. PINTO, A.; AMARAL, P.; SALOMÃO, R.; SOUZA JUNIOR, C.; HAYASHI, S. APA Triunfo do Xingu. **Boletim de transparência florestal**. Belém, 2007.

Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – Imazon; Instituto Socioambiental – ISA. **Áreas Protegidas na Amazônia brasileira: avanços e desafios** / Adalberto Veríssimo et al. Belém: Imazon; São Paulo: Instituto Socioambiental, 2011.

Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – Imazon. **Unidades de conservação mais desmatadas da Amazônia Legal 2012-2015** / Elis Araújo et al. Belém, PA: Imazon, 2017.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **Projeto TerraClass 2014**. 2014. Disponível em: <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2014.php>. Acesso em: 10 de julho de 2019.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. **Monitoramento da floresta amazônica brasileira por satélite. Projeto de estimativa de desflorestamento da Amazônia. PRODES Digital**. 2019. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodesdigital/metodologia.html>>. Acesso em: 21 de março de 2019.

JUNG, S., POLASKY, S. Partnerships to prevent deforestation in the Amazon. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 92, p. 498-516. 2018.

KERE, E. N.; CHOUMERT, J.; MOTEL, P. C.; COMBES, J. L.; SANTONI, O.; SCHWARTZ, S. Addressing contextual and location biases in the assessment of protected areas effectiveness on deforestation in the Brazilian Amazônia. **Ecological Economics**, v. 136, p. 148-158, 2017.

MAYER, A. L., BUMA, B., DAVIS, A., GAGNÉ, S. A., LOUDERMILK, E. L., SCHELLER, R. M., FRANKLIN, J. How landscape ecology informs global land-change science and policy. **Bioscience**, v. 66, n. 6, p. 458-469. 2016.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Nota técnica DEA 01/09 Análise socioambiental de alternativas para o atendimento ao Sudeste do Pará, Nordeste de Mato Grosso e Centro-Oeste do Tocantins (Relatório R1)**. Rio de Janeiro: MME, 2009.

M LLER-HANSEN, F.; HEITZIG, J.; DONGES, J. F.; CARDOSO, M. F.; DALLA-NORA, E. L.; ANDRADE, P.; KURTHS, J.; THONICKE, K. Can Intensification of Cattle Ranching Reduce Deforestation in the Amazon? Insights From an Agent-based Social-Ecological Model. **Ecological Economics**, v. 159, p. 198-211, 2019.

NUCCI, J. C. Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem. **Revista Geografar**, v. 2, n. 1. 2007.

PARÁ (Estado). Decreto nº 2612, de 4 de dezembro de 2006. Disponível em: <<https://ideflorbio.pa.gov.br/wp-content/uploads/2015/10/Decreto-Estadual-2612-2006-Cria-ATX-2.pdf>>. Acesso em: 26 de março de 2019.

PEREIRA, B. W.; MACIEL, M. N. M.; DE ASSIS OLIVEIRA, F.; SILVA, H. A. S.; BRAGA, T. G. M.; FIGUEIREDO, D. B. (2015). Estrutura da paisagem da bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi com base na fragmentação da vegetação. **Revista de Ciências Agrárias/Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 58 n.2, p.159-167, 2015.

PFUFF, A.; ROBALINO, J.; HERRERA, D.; SANDOVAL, C. Protected areas' impacts on Brazilian Amazon deforestation: examining conservation–development interactions to inform planning. **PloS one**, v. 10, n. 7, e0129460, 2015.

SAITO, N. S., MOREIRA, M. A., SANTOS, A. R. D., EUGENIO, F. C., FIGUEIREDO, A. C. Geotecnologia e ecologia da paisagem no monitoramento da fragmentação florestal. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 201-210. 2016.

SCHIELEIN, J.; BÖRNER, J. Recent transformations of land-use and land-cover dynamics across different deforestation frontiers in the Brazilian Amazon. **Land use policy**, v. 76, p. 81-94, 2018.

SNUC - SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000.

STOKSTAD, Erik. In controversial move, Brazil may outsource Amazon deforestation monitoring. **Science Magazine**, 2017.

TOLLEFSON, Jeff. Deforestation spikes in Brazilian Amazon. **Nature News**, v. 540, n. 7632, p. 182, 2016.

United States Geological Survey - USGS. **Landsat Missions**. 2019a. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat>>. Acesso em: 21 de março de 2019.

United States Geological Survey - USGS. **Landsat 5 – Landsat Missions**. 2019b. Disponível em: <<https://www.usgs.gov/land->

resources/nli/landsat/landsat-5?qt-science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con>. Acesso em: 21 de março de 2019).

United States Geological Survey – USGS. **Landsat 8 – Landsat Missions**. 2019c. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/landsat-8>>. Acesso em: 21 de março de 2019).

YU, M.; HUANG, Y.; CHENG, X.; TIAN, J. An ArcMap plug-in for calculating landscape metrics of vector data. **Ecological Informatics**, v. 50, p. 207-219, 2019.

ZENGIN, H.; DEĞERMENCI, A. S.; BETTINGER, P. Analysis of temporal changes in land cover and landscape metrics of a managed forest in the west Black Sea region of northern Turkey: 1970–2010. **Journal of forestry research**, v. 29, n.1, p. 139-150. 2017.