



**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

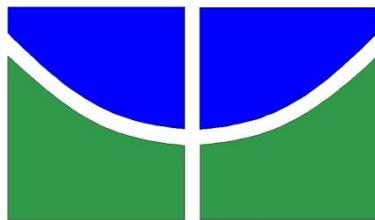
**FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM E CORREDORES ECOLÓGICOS  
NA REGIÃO DO MATOPIBA**

**Pricila do Prado Moraes**

**Brasília, 27 de Junho de 2019**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM E CORREDORES ECOLÓGICOS NA REGIÃO  
DO MATOPIBA**

**Pricila do Prado Moraes**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação  
apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal  
da Universidade de Brasília, como parte das exigências  
para obtenção do título de Bacharel em Engenharia  
Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli  
Matricardi

Brasília-DF, 27 de junho de 2019



**Universidade de Brasília - UnB**  
**Faculdade de Tecnologia - FT**  
**Departamento de Engenharia Florestal - EFL**

**FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM E CORREDORES ECOLÓGICOS NA  
REGIÃO DO MATOPIBA**

Estudante: Pricila do Prado Moraes

Matrícula: 13/0047961

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Menção: SS

---

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Universidade de Brasília – UnB

Departamento de Engenharia Florestal

Orientador (EFL)

---

Prof. Dr. Ricardo de Oliveira Gaspar

Universidade de Brasília – UnB

Membro da Banca

---

Me. Maria Tereza Ribeiro Alves

Universidade de Brasília – UnB

Membro da Banca

Brasília-DF, 27 de junho de 2019.

## FICHA CATALOGRÁFICA

DO PRADO MORAIS, PRICILA

FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM E CORREDORES ECOLÓGICOS NA REGIÃO

DO MATOPIBA [Distrito Federal] 2019. 56 p., 210 x 297mm (EFL/FT/UnB, Engenheira, Engenharia Florestal, 2019).

Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal

1. Geoprocessamento

2. MATOPIBA

3. Fragmentação

4. Corredores ecológicos

I. EFL/FT/UnB

II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MORAIS, P. P. (2019). FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM E CORREDORES ECOLÓGICOS NA REGIÃO DO MATOPIBA. Trabalho de conclusão de curso, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 56 p.

## CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Pricila do Prado Morais 1

TÍTULO: FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM E CORREDORES ECOLÓGICOS NA REGIÃO DO MATOPIBA.

GRAU: Engenheira em Engenharia Florestal ANO: 2019

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias deste Projeto Final de Graduação e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desse Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

---

Pricila do Prado Morais

Depto. de Engenharia Florestal (EFL)-FT

Universidade de Brasília (UnB)

Campus Darcy Ribeiro

CEP 70919-970 – Brasília – DF - Brasil

Dedico a minha avó Emília Prado,  
*In memoriam* (1940 - 2019).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, meu criador, por ser um bom pai e por me proporcionar as melhores experiências.

Aos meus pais pelas orações, os diálogos, e por assegurar a mim e aos meus irmãos os recursos necessários durante toda a vida escolar e universitária.

Aos meus irmãos, por caminharem comigo nesta jornada.

Ao melhor orientador que alguém pode ter Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi por ser paciente, pelos conselhos e incentivos, por ser um dos melhores professores do Departamento de Engenharia Florestal.

Aos demais professores da Graduação, vocês foram fundamentais neste processo.

Aos amigos que conquistei na UnB, pelas lágrimas, risos, conselhos, lanches, compartilhamento de conhecimento e materiais de estudos.

Aos demais amigos por todo o suporte emocional que ofereceram quando necessário.

A todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para que esta etapa fosse concluída.

*“Todas as coisas do universo têm seu próprio ritmo. Você pode não estar dançando agora, mas vai.”*

*(Autor desconhecido)*

## RESUMO

### FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM E CORREDORES ECOLÓGICOS NA REGIÃO DO MATOPIBA

A região do MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) está inserida no bioma Cerrado, considerado um dos hotspots mundiais de biodiversidade, esta região é considerada a última fronteira agrícola do Brasil, com o consequente aumento do desmatamento e da fragmentação da paisagem natural, principalmente em razão do aumento da área para a produção de grãos e outras *commodities* agrícolas. A crescente fragmentação da paisagem resulta em efeitos negativos à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos como a destruição de corredores ecológicos, a redução da dispersão de sementes, polinização e ciclagem de nutrientes. O presente estudo inclui uma análise temporal (1985 a 2017) do uso e cobertura do solo e da fragmentação da paisagem e a identificação potenciais corredores ecológicos numa área localizada dentro da região MATOPIBA. Foram usados dados de uso e cobertura da terra do projeto Mapbiomas para o diagnóstico de uso e cobertura da terra e fragmentação da paisagem em 1985, 1990, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2017. Os resultados indicam que houve redução expressiva da vegetação natural a partir de 2000 como resultado do aumento das áreas destinadas a agricultura. Por fim, foram modelados três potenciais corredores ecológicos na paisagem em 2017 entre a Área de Proteção Ambiental Cabeceira do Rio das Balsas, o Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, a Estação Ecológica Uruçuí-Una e o Parque Estadual de Mirador. Tais corredores, se implementados, poderão contribuir para diminuir o impacto da fragmentação florestal e auxiliar na conservação da biodiversidade na região de estudo.

**Palavras-Chave:** Geoprocessamento, MATOPIBA, fragmentação, corredores ecológicos.

## ABSTRACT

### LANDSCAPE FRAGMENTATION AND ECOLOGICAL CORRIDORS IN THE MATOPIBA REGION

The MATOPIBA region (Maranhão, Tocantins, Piauí, and Bahia) is spatially located within the Cerrado biome, which is considered one of the world hotspots of biodiversity. This region is considered the last agricultural frontier in Brazil in which deforestation and landscape fragmentation has been increasing in the last decades mostly due to the increase of cropping areas for production of agricultural commodities. The increase of landscape fragmentation cause impacts on biodiversity and ecosystem services such as the destruction of ecological corridors, the reduction of seed dispersion, pollination, and nutrient cycling. This study included an analysis (1985 to 2017) of the land use and land cover changes, landscape fragmentation, and the delineation of potential ecological corridors in a study area located within the MATOPIBA regions. Land use datasets provided by the Mapbiomas project were used in the land use and land cover change and fragmentation analyzes for 1985, 1990, 2000, 2005, 2010, 2015, and 2017. These study results indicate a substantial reduction of natural vegetation occurred after 2000 because of the increase of cropping areas in the study area. Finally, three potential ecological corridors were modeled for the 2017 landscape among the Cabeceiras do rio das Balsas Protected Area, the Nascentes do rio Parnaíba National Park, the Urucui-Una Ecological Station, and the Mirador State Park. Those corridors, if implemented, can contribute to reducing the impact of forest fragmentation and support conservation of biodiversity in the study region.

**Keywords:** Geoprocessing, MATOPIBA, fragmentation, ecological corridors.

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1.	O PROBLEMA E QUESTAO DE PESQUISA	14
2.	OBJETIVO	14
2.1.	Objetivo geral	14
2.2.	Objetivos específicos	15
3.	REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1.	Expansão agrícola no Cerrado na região do MATOPIBA	15
3.2.	Uso e cobertura do solo	16
3.3.	Fragmentação florestal	17
3.4.	Métricas da paisagem	18
3.5.	Unidades de Conservação	19
3.6.	Corredores ecológicos	20
4.	MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1.	Caracterização da área de estudo	21
4.2.	Base de dados	23
4.2.1.	TOPODATA	23
4.2.2.	MapBiomas	23
4.3.	Estudo espaço temporal do uso e cobertura do solo	24
4.4.	Estudo de fragmentação Florestal	25
4.5.	Métricas da paisagem	25
4.5.1.	Métricas de área, tamanho e densidade	26
4.5.2.	Métricas de forma	26
4.5.3.	Métricas de área central e borda	27
4.5.4.	Métricas de proximidade e isolamento	27
4.6.	Delineamento dos corredores ecológicos	27
4.7.	Integridade dos Corredores Ecológicos	31

5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1.	Dinâmica do uso e cobertura do solo	31
5.2.	Estudo da fragmentação da paisagem	36
5.2.1.	Métricas de área, tamanho e densidade	37
5.2.2.	Métricas de forma	40
5.2.3.	Métricas de área central e borda	41
5.2.4.	Métricas de proximidade e isolamento	43
5.3.	Integridade dos Corredores Ecológicos	47
5.4.	Áreas Prioritárias de Conservação	49
6.	CONCLUSÃO	50
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localização da área de estudo na região do MATOPIBA.	22
<b>Figura 2.</b> Mudança percentual do uso e cobertura do solo na área de estudo entre 1985 e 2017.	34
<b>Figura 3.</b> Uso e cobertura da terra na área de estudo entre os anos de 1985 e 2017.	35
<b>Figura 4.</b> Mudanças na fragmentação da paisagem na área de estudo.	36
<b>Figura 5.</b> Porcentagem de fragmentos de vegetação nativa entre 1985 e 2017.	37
<b>Figura 6.</b> Número de fragmentos divididos em classes de tamanho em 1985, 2000 e 2017.	38
<b>Figura 7.</b> Tamanho médio (ha) entre 2000 e 2016 para a classe de vegetação na área de estudo.	40
<b>Figura 8.</b> Percentual da área de interior dos fragmentos (TCAI) de vegetação nativa entre 1985 e 2017.	41
<b>Figura 9.</b> Valores de TCA da área no período de tempo estudado.	42
<b>Figura 10.</b> Valores do índice de total de bordas (m <sup>2</sup> ) referentes aos fragmentos de vegetação no período e área de estudo.	43
<b>Figura 11.</b> Valores do índice de proximidade (MNN) da vegetação nativa entre 1985 e 2017.	44
<b>Figura 12.</b> Mapa da dinâmica dos corredores ecológicos e uso e cobertura do solo na área de estudo do ano de 2017.	46
<b>Figura 13.</b> Mapa da integridade dos corredores ecológicos e uso e cobertura do solo na área de estudo no ano de 2017.	48
<b>Figura 14.</b> Áreas Prioritárias de Conservação na região de estudo.	49

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Métricas de paisagem utilizadas no estudo.	25
<b>Tabela 2.</b> Valores de fricção atribuídos às classes de uso da terra na área de estudo.	29
<b>Tabela 3.</b> Valores de fricção atribuídos à declividade na área de estudo.	30
<b>Tabela 4.</b> Classes de uso e cobertura do solo entre 1985 e 2017.	32
<b>Tabela 5.</b> Número de fragmentos para 1985, 2000, 2017 em classes de tamanho na área de estudo.	38
<b>Tabela 6.</b> Número de fragmentos em percentual divididos em classes de tamanho para 1985, 2000, 2017.	39
<b>Tabela 7.</b> Índices de forma (MSI e MPFD) entre 1985 e 2017.	41
<b>Tabela 8.</b> Índice de Densidade de Bordas da área de estudo entre 1985 e 2017.	43

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul, ocupa uma área de 2.036.448 km<sup>2</sup>, cerca de 22% do território nacional. Nesta região encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta em um alto potencial aquífero, e assim, favorece sua biodiversidade. Considerado como um *hotspots* mundiais de biodiversidade, ostenta abundância de espécies endêmicas e sofre uma grande fragmentação de habitat. Do ponto de vista da diversidade biológica, é reconhecido como a savana mais rica do mundo, abriga 11.627 espécies de plantas nativas catalogadas (MMA, 2019).

As técnicas de geoprocessamento são importantes para uma melhor compreensão dos processos ecológicos e antrópicos na superfície terrestre. Estes procedimentos contribuem para a velocidade, eficiência e credibilidade das análises que envolvem os processos de fragmentação da vegetação (FRANCIANE et al., 2012).

A fragmentação florestal se constitui como uma redução da vegetação original, e resulta em uma paisagem composta por manchas de tamanhos, formas e graus de isolamento diferentes. Ela acontece com maior intensidade e extensão em função da dinâmica de ocupação e uso do solo pelo homem (HADDAD et al., 2015).

O processo de desflorestamento leva a formação de fragmentos isolados que funcionam como “ilhas” de mata cercadas por habitats não florestados. Em algumas situações esse processo é natural e a zona de transição entre os fragmentos e os habitats não florestados é menos abrupta. Este é o caso dos Campos em Cima da Serra, no Rio Grande do Sul, onde ocorre a formação de fragmentos de florestas separados por grandes extensões de campos nativos, ou quando ocorre interferência humana, por pastagens (PÉRICO et al., 2005).

O principal referencial teórico sobre biodiversidade de fragmentos é fornecido pela Teoria da Biogeografia de Ilhas de MacArthur e Wilson (1967). A teoria foi elaborada para prever o número de espécies que uma ilha poderá suportar, com base no balanço entre a extinção e imigração. Como os fragmentos de florestas assemelham-se a ilhas, a teoria foi adaptada como uma base que poderá permitir a biólogos conservacionistas prever o número de espécies que um determinado fragmento de floresta pode manter (GASCON *et. al.*, 2001).

Os corredores ecológicos são definidos como estruturas lineares que ligam pelo menos dois fragmentos que eram conectados originalmente. O aumento da conectividade, por meio dos corredores ecológicos, constitui uma técnica utilizada para reverter a fragmentação e isolamento de populações (SOULÉ et al, 1991).

No presente estudo foram feitas análises das mudanças do uso e cobertura da terra e da fragmentação da paisagem natural numa área de estudo localizada no sul do Maranhão, Sudoeste do Piauí e oeste do Tocantins. Adicionalmente, foram modeladas áreas que formam corredores ecológicos em unidades de conservação na região de estudo. Os resultados desta pesquisa podem contribuir com a definição de estratégias de proteção de áreas estratégicas para a conservação da biodiversidade e de serviços ecossistêmicos na região do MATOPIBA.

### **1.1. O PROBLEMA E QUESTÃO DE PESQUISA**

O processo sistemático de desmatamento da vegetação do Cerrado observado nas últimas décadas levou à fragmentação da paisagem, com consequências severas à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos. A vegetação do Cerrado é caracterizada por árvores esparsas, áreas com o relevo mais plano em relação a outros biomas, solos profundos, entre outros fatores, demonstram ter potencial de uso para a agricultura, pecuária e outras atividades, que levou à perda de aproximadamente 50% da vegetação natural do território do bioma Cerrado. As Unidades de Conservação são o principal mecanismo e estratégia utilizados pelas políticas públicas para preservação da fauna e flora do Cerrado e demais biomas brasileiros. Porém, o fluxo gênico entre as populações não ocorre em fragmentos isolados de vegetação, o que diminui a biodiversidade e transforma a vegetação em verdadeiras “ilhas”. A região do MATOPIBA é considerada a nova fronteira agrícola brasileira e, por isso, tem sido uma região de alto interesse econômico. A partir desta problemática, o presente estudo foi norteado pelas seguintes questões de pesquisa: Qual a dinâmica temporal da fragmentação da paisagem na área de estudo? Qual é a tendência observada nas últimas décadas? Onde estão as áreas com maior potencial para formar corredores ecológicos entre as áreas protegidas na região de estudo?

## **2. OBJETIVO**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar as alterações no uso e cobertura da terra e os efeitos na fragmentação da paisagem, identificando áreas para formação de corredor ecológico entre as áreas protegidas na área de estudo situada no sul do estado do Maranhão, sudoeste do Piauí e oeste do Tocantins nas últimas décadas.

## 2.2. Objetivos específicos

- Analisar a fragmentação da paisagem na área de estudo utilizando dados derivados de imagens de satélite;
- Verificar a dinâmica do processo de fragmentação no período estudado;
- Identificar áreas de maior potencial para a criação de corredores ecológicos entre a Área de Proteção Ambiental Cabeceira do Rio das Balsas, o Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba, a Estação Ecológica Uruçuí-Uma e o Parque Estadual de Mirador.
- Analisar a integridade dos corredores ecológicos delineados neste estudo.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

### 3.1. Expansão agrícola no Cerrado na região do MATOPIBA

O Cerrado é classificado como um *hotspots* para a conservação mundial da biodiversidade. Em 35 anos mais da metade do seu território original foi cultivado com culturas anuais e pastagem. O Bioma possui a mais rica flora dentre as savanas (>7.000 espécies), apresenta alto nível de endemismo. A riqueza de espécies de aves, peixes, répteis, anfíbios e insetos é alta, embora a riqueza de mamíferos seja pequena. As taxas de desmatamento do Cerrado são superiores às da floresta Amazônica e o esforço de conservação do bioma é inferior ao da Amazônia: apenas 2,2% da área do Cerrado se encontra protegida legalmente. Diversas espécies estão ameaçadas de extinção, estima-se que 20% das espécies ameaçadas/endêmicas não ocorram nas áreas protegidas (KLINK; MACHADO, 2005).

O MATOPIBA (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) é composto por 336 municípios de quatro estados fronteiriços, sendo 143 do Maranhão, 130 do Tocantins, 33 do Piauí e 30 da Bahia. A expressão MATOPIBA, criada a partir das iniciais dos respectivos estados, serve para designar parte do território desses estados pertencentes ao bioma Cerrado e onde se desenvolve agricultura com uso intensivo de insumos modernos. Essa região passa por transformações econômicas e sociais, como consequência da expansão da agricultura, produção de grãos, com ênfase para a produção de soja, milho e algodão (PEREIRA; PORCIONATO; CASTRO, 2018).

Foi institucionalizada como uma região de desenvolvimento do país mediante decreto presidencial 8.447 de 6 de maio de 2015, é considerada a última fronteira agrícola, a cada ano amplia a área plantada, a produtividade e, conseqüentemente, a produção de grãos,

principalmente de soja. No entanto, grande parte da população da região está à margem da riqueza gerada, vive em condições de pobreza e extrema pobreza (SÁ; et al., 2015).

O decreto presidencial 8.447, de 6 de maio de 2015, Art. 1º:

*“dispõe sobre o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba – PDA - Matopiba, que tem por finalidade promover e coordenar políticas públicas voltadas ao desenvolvimento econômico sustentável fundado nas atividades agrícolas e pecuárias que resultem na melhoria da qualidade de vida da população. “*

O Art. 1º, § 2º, da lei prediz que o decreto:

*“orientará programas, projetos e ações federais relativos a atividades agrícolas e pecuárias a serem implementados na sua área de abrangência e promoverá a harmonização daqueles já existentes. “*

A região é composta por cenários de grande diversidade e complexidade, abrangendo desde questões sociais como a convivência, no mesmo território, de grandes proprietários fundiários, agricultura familiar, áreas de preservação, terras indígenas e quilombolas e questões relacionadas à caracterização do solo e clima da região (MINGOTI et al., 2014).

O crescimento do agronegócio da soja na região do MATOPIBA está sob o domínio dos grupos multinacionais do agronegócio e dos grandes proprietários fundiários. Este processo apesar de contar com a participação direta do Estado em infraestrutura, recursos financeiros e pesquisa, não implica em desenvolvimento, pois não produz impactos positivos na qualidade de vida da maioria da população (SÁ; et al., 2015).

MINGOTI et al (2014), observou em seu estudo que nas grandes áreas de produção de soja, milho e algodão há predominância do Bioma Cerrado; Período sem chuva de 4 a 5 meses; Unidades geomorfológicas caracterizada por Chapadas e Depressões; e Solos Latossolos e Neossolos. A presença das regiões de grande produção em áreas de Cerrado e com períodos sem chuva de até 5 meses indica que o MATOPIBA não abrange o Semiárido, onde o período sem chuva é maior, o que dificultaria a produção.

### **3.2. Uso e cobertura do solo**

A expressão uso e cobertura do solo é um conceito híbrido, formado por três conceitos: uso, cobertura e solo. O primeiro termo diz respeito a paisagem antrópica na superfície terrestre ou como o homem maneja o solo na agricultura, pastagens, cidades, entre

outros, enquanto o segundo se refere aos atributos naturais da superfície terrestre como florestas, campos, desertos, etc. (MCCONNEL & MORAN, 2000).

O crescimento vertiginoso da população em áreas urbanas gera diversas demandas por água, alimentos e terras agrícolas. Esta pressão antrópica sobre o espaço exige políticas que garantam a sustentabilidade socioeconômica e ambiental. Para propor medidas que garantam a conservação e manutenção do meio ambiente, é essencial conhecer o uso e cobertura da terra para que as medidas e a gestão do espaço sejam pertinentes ao que é observado na realidade (SCHLINDWEIN et al., 2007).

Para que o planejamento do uso da terra em paisagens fragmentadas represente uma importante técnica de conservação, primeiro deve-se obter o conhecimento das condições do ambiente e prever sua dinâmica. O planejamento deve primar pela adoção de procedimentos que assegurem a conservação das áreas mais frágeis, a estabilidade e a manutenção das funcionalidades de cada meio, bem como o aumento da conectividade, visando minimizar os efeitos da fragmentação (MUCHAILH et al., 2010).

### **3.3. Fragmentação florestal**

Uma das consequências do desmatamento é o desenvolvimento de uma paisagem fragmentada, assim, as ilhas de florestas remanescentes ficam isoladas por extensas pastagens, agricultura entre outros ambientes alterados. A perda da vegetação natural, associada à fragmentação, é uma grave ameaça à biodiversidade (DELAMÔNICA; LAURANCE; LAURANCE, 2001).

A integridade da paisagem pode ser avaliada pelo seu nível de fragmentação, que possibilita evidenciar não somente o tamanho das áreas desflorestadas como também sua estrutura a partir de indicadores como o tamanho, forma e a conectividade entre os fragmentos (IRGANG; MICOL; SANTOS, 2007).

O conhecimento da fragmentação florestal é essencial para conhecer seus efeitos na fauna e flora, bem como para diminuir suas consequências nos ecossistemas. Conhecer os impactos do processo possibilita planejar de uma melhor forma a ocupação humana e a distribuição dos resíduos de floresta, para manter parte da biodiversidade de espécies (DELAMÔNICA; LAURANCE; LAURANCE, 2001).

O primeiro esforço para construir uma teoria sobre como os indivíduos lidam com manchas desconectadas da paisagem foi o conceito da Biogeografia de Ilhas, proposto por

MacArthur & Wilson (1963,1967), que formularam um modelo elementar para explicar o número de espécies de uma região, sendo que o número de espécies é resultado do equilíbrio entre extinção e imigração. O modelo se encaixa de forma razoável nos dados observados de números de espécies em ilhas originais e ilhas virtuais (manchas de vegetação natural) e prediz que fragmentos maiores terão mais biodiversidade que fragmentos menores. O modelo de MacArthur & Wilson supõe que fragmentos florestais pequenos suportarão populações menores e menos espécies que fragmentos maiores, a riqueza diminui com o grau de isolamento da ilha (SEOANE, 2010).

Áreas com vegetação natural são regularmente interrompidas por ações antrópicas como pastagens, estradas, áreas urbanas e agricultura. Tais explorações propiciam a redução do deslocamento de animais, polinização e dispersão de sementes. As principais consequências da fragmentação são a perda da biodiversidade microbiológica do solo, da flora e da fauna. Também ocorre a perda da diversidade genética, redução da abundância e alteração da estrutura da vegetação. Um dos principais fatores responsáveis pela extinção de espécies é a fragmentação de ecossistemas (BUGONI, 2012).

### **3.4. Métricas da paisagem**

A definição mais comum de paisagem é a subsequente, uma área de terra heterogênea composta de um agrupamento de ecossistemas interativos que se repete pela região. A paisagem não é definida pelo seu tamanho, é definida por um mosaico de manchas significativos ao fenômeno em questão (em alguma escala) (PEREIRA et al., 2001).

A ecologia de paisagens trabalha com a relação entre padrões espaciais e processos ecológicos, desenvolvendo para isso uma série de métricas de paisagem. Que permitem a comparação entre paisagens, identificam as principais diferenças e a as relações entre os processos funcionais e seus padrões (VALENTE & VETTORAZZI, 2002).

O *software FRAGSTATS* calcula várias estatísticas para cada mancha e classe existentes na paisagem e para toda a paisagem. No nível de classe e paisagem, algumas das métricas quantificam a composição e outras, a configuração da paisagem. (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Segundo os autores, a paisagem é considerada uma população de manchas, assim, cada mancha é contada na análise das métricas.

### 3.5. Unidades de Conservação

Segundo o Sistema Nacional de Unidade de Conservação – SNUC (que estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação), Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, Art. 2º, inciso I, as Unidades de Conservação (UC's) são definidas como:

*“espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”*

As Unidades de Conservação são subdivididas em duas categorias: Unidades de Uso Sustentável e Unidades de Proteção Integral. O Art. 2º, inciso VI, define os objetivos das Unidades de Proteção Integral:

*“manutenção dos ecossistemas livres de alterações causadas por interferência humana, admitido apenas o uso indireto dos seus atributos naturais”*

O Art. 2º, inciso XI, define os objetivos das Unidades de Uso Sustentável:

*“exploração do ambiente de maneira a garantir a perenidade dos recursos ambientais renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável;”*

A área do presente estudo contém Unidades de Conservação pertencentes as duas categorias sendo as de Proteção Integral:

- Estação Ecológica de Uruçuí-Una com 135.122,29 ha, criada pelo Decreto s/nº de 02 de junho de 1981.
- Parque Estadual do Mirador com 500.000,00 ha, criado pelo Decreto nº 7.641 de 04 de junho de 1980.
- Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba com 729.774,18 ha, criado pelo Decreto s/nº de 16 de julho de 2002 / Lei 13.090, de 12 de janeiro de 2015.

E as de Uso Sustentável:

- Área de Proteção Ambiental Cabeceira do Rio das Balsas com 82.680,80 ha, criada pelo Decreto nº 88.940 de 7 de novembro de 1983.

- Área de Proteção Ambiental Rio Preto com 1.146.161,00 ha, criada pelo Decreto nº 10.019 de 05 de junho de 2006.
- Área de Proteção Ambiental do Jalapão com 461.730,00 há, criada pela Lei nº 1.172 de 31 de julho de 2000.

Uma das atrações da Estação Ecológica de Uruçuí-Una é o Morro D'água, uma caverna com cerca de 40 m de profundidade, na qual brota uma água cristalina que forma um lago e segue construindo seu caminho por veredas fechadas, buritizais até desaguar no Uruçuí-Preto. O Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba possui cinco quedas d'água, as cachoeiras do Murici, Pintado, Sussuapara, Urubu e Várzea Grande que são originadas de vários rios (WIKIPARQUES, 2019).

### 3.6. Corredores ecológicos

Os Corredores Ecológicos visam amenizar os efeitos da fragmentação dos ecossistemas, promovem a conexão entre diferentes áreas, proporcionam o deslocamento de animais, dispersão de sementes e aumentam a cobertura vegetal. São formados com base em informações sobre o deslocamento de espécies, área utilizada para suprir necessidades vitais/reprodutivas e distribuição das populações. A partir destas informações são estabelecidas as regras de utilização destas áreas para possibilitar o fluxo de espécies entre fragmentos de vegetação natural e, com isso, a conservação dos recursos naturais e da biodiversidade. São, portanto, uma estratégia para amenizar os impactos das atividades antrópicas sob o meio natural, ordenar a ocupação humana e assim manter as funções ecológicas (MMA, 2019).

De acordo com o Sistema Nacional de Unidade de Conservação - SNUC, Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, Art. 2º, inciso XIX, corredores ecológicos são:

*“porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais.”*

A utilização e ocupação dos corredores ecológicos são determinados no plano de manejo das respectivas unidades de conservação. São regulamentados pela Lei 9985/2000 e seu Decreto 4340/2002. Os corredores reconhecidos via Ministério do Meio Ambiente são

Corredor Capivara-Confusões, Corredor Ecológico da Caatinga e Corredor Ecológico Santa Maria. Via Estados são Corredor Ecológico Chapecó, Corredor Ecológico Timbó e Corredor Ecológico da Quarta Colônia. (MMA, 2019)

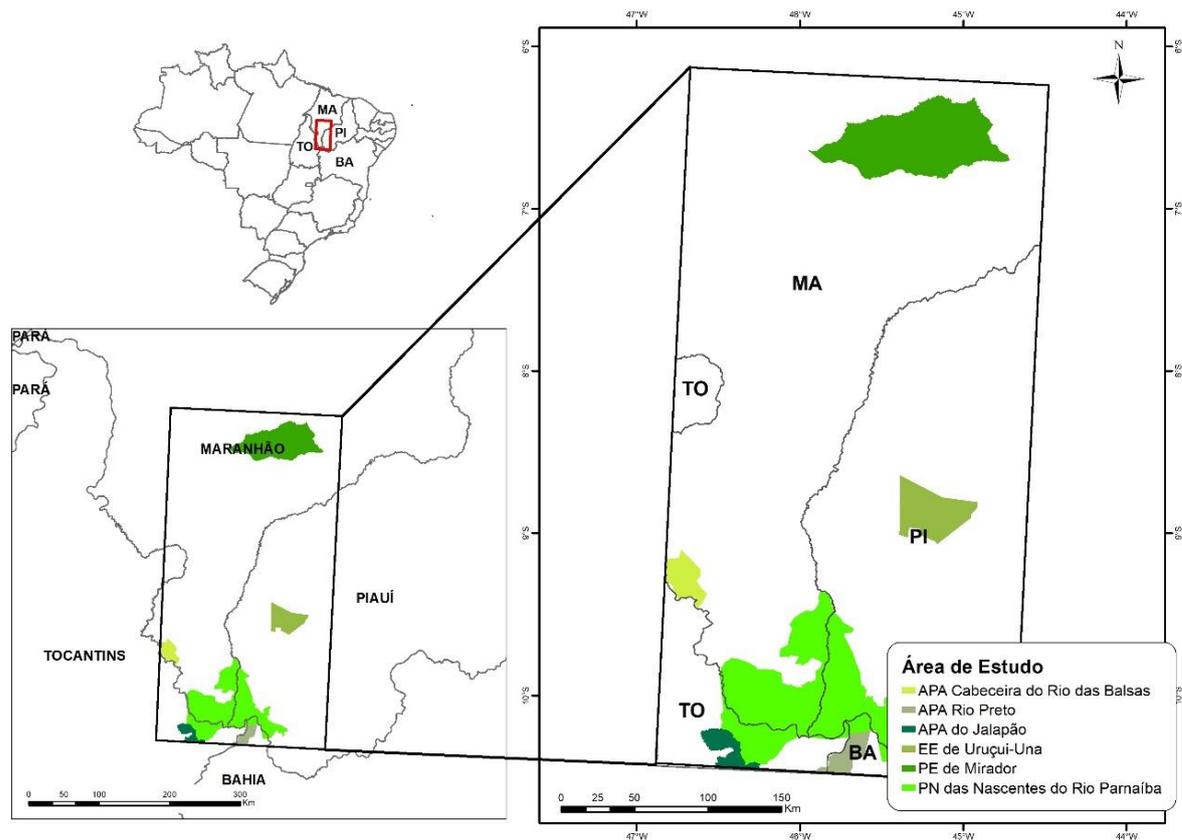
A criação de unidades de conservação não é suficiente para manter populações de fauna e flora geneticamente viáveis. Elas sofrem impactos do efeito de borda, e muitas espécies viáveis estavam fadadas à extinção. É necessário que, no entorno das unidades, existissem paisagens capazes de contribuir para a manutenção dos processos naturais que dessem sustentabilidade ecológica às espécies da fauna silvestre e desempenhassem o seu papel de manter a integridade biológica dos diferentes ecossistemas e biomas. A alternativa viável para mitigar os efeitos do isolamento das espécies dentro dos espaços das UCs é o estabelecimento de corredores ecológicos para permitir o trânsito de animais silvestres entre esses fragmentos e as áreas naturais (BRITO, 2012).

Desta forma, os corredores ecológicos proporcionam a conservação e restauração, reconectando fragmentos de vegetação, minimiza o isolamento gerado pela fragmentação, aumenta a cobertura vegetal e garante a conservação dos recursos naturais e a biodiversidade de ecossistemas considerados prioritários. (FRANCIANE et al., 2012)

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Caracterização da área de estudo**

A área de estudo possui 115.129,28 Km<sup>2</sup> e está inserida dentro dos limites da região MATOPIBA, no sul do estado do Maranhão, oeste do Tocantins, sudoeste do Piauí e oeste da Bahia (Figura 1). Esta região ganhou destaque tanto pelo desmatamento e conseqüentemente fragmentação do bioma, quanto pela importância econômica atribuída a ela, essencialmente em razão do aumento da produção de grãos.



**Figura 1.** Localização da área de estudo na região do MATOPIBA.

A área de estudo apresenta características similares às observadas na região do MATOPIBA, composta por extensas áreas agricultáveis, que em grande parte apresentam topografia levemente ondulada ou plana, deste modo, facilita o emprego de máquinas agrícolas. Os solos predominantes são do tipo Latossolos Amarelos, que em geral são caracterizados por baixa fertilidade natural e acidez alta, porém, com o manejo adequado, é possível contornar essa limitação sem dificuldade técnica (SILVA; MENEGHELLO, 2016).

O clima tropical, varia de quente úmido a quente seco. Ocorrem altas temperaturas durante todo ano. A altitude varia de 68 m no Maranhão até 720 m na Bahia (SILVA; MENEGHELLO, 2016).

A economia expandiu nos últimos anos, principalmente por causa da produção de grãos, com crescimento de 239% entre 2000 e 2014 na quantidade produzida. Porém o crescimento é desigual, com uso intenso de máquinas agrícolas, insumos e tecnologias, como consequência menor uso do trabalho manual diminuindo a renda dos trabalhadores locais. Assim sendo, o produto interno bruto (PIB) da região cresceu, porém a distribuição de renda não expressou ampliação proporcional (PEREIRA; PORCIONATO; CASTRO, 2018).

## 4.2. Base de dados

Para os dados do mapeamento do uso e cobertura do solo da área de estudo foram utilizadas imagens do Projeto MapBiomias, com resolução espacial de 30 metros, para os anos de 1985, 1990, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2017. As imagens foram obtidas por meio da plataforma do *Google Earth Engine*.

### 4.2.1. TOPODATA

Para o cálculo da declividade na área de estudo, foram utilizadas cartas obtidas do projeto TOPODATA. O TOPODATA é um projeto que disponibiliza o Modelo Digital de Elevação (MDE) e suas derivações em cobertura nacional, elaborados por meio dos dados SRTM disponíveis na rede mundial de computadores. Foi lançada em agosto de 2008, porém, o processamento dos dados foi inspecionado e revisado para que fossem feitos aprimoramentos e correções. Os dados atuais estão disponíveis desde novembro de 2011 (TOPODATA, 2008).

Foi realizado o *download* das 24 cartas de declividade da área de estudo do site do projeto TOPODATA, que se encontra entre a 47° e 44° de longitude e 6° e 11° de latitude, as cartas foram abertas no *software* ArcGis, após utilizou se a ferramenta *Mosaic To New Raster* para formar um único *Raster* de declividade, em seguida classificado de 0° a 62,7°. Após, a declividade e o uso do solo foram utilizados para produzir os mapas de corredores ecológicos.

### 4.2.2. MapBiomias

O Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomias) envolve uma rede de especialistas em biomas, usos do solo, sensoriamento remoto, Sistema de Informação Geográfica - SIG e ciência da computação. Utiliza processamento em nuvem e classificadores automatizados desenvolvidos e operados a partir da plataforma *Google Earth Engine* para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso do solo no Brasil (PROJETO MAPBIOMAS, 2019).

Surgiu em São Paulo, no ano de 2015, durante um Seminário sobre Mapeamento de Vegetação e Sensoriamento Remoto. Seu objetivo é produzir mapas anuais para todo o território brasileiro de uso e cobertura do solo, de forma rápida, com baixo custo e atualizada, além disso, que possibilite ver o histórico de décadas anteriores, de 1985 aos dias atuais. Para tanto, era necessário utilizar um processamento muito rápido e automatização de alto grau, além da participação de especialistas de todos os biomas brasileiros. Foi indispensável o

estabelecimento de parceria com a Google para que fosse utilizado o *Google Earth Engine* como plataforma e assim ser possível utilizar os dados na nuvem (PROJETO MAPBIOMAS, 2019).

O MapBiomias, a partir de 2016 começou a divulgar mapas anuais de cobertura do solo para todo o território brasileiro, de forma econômica, ágil e atualizada, com a possibilidade de comparar dados históricos desde 1985. A principal inovação é o processamento de imagens de satélite tendo como base a plataforma *Google Earth Engine*. A tecnologia disponibiliza dados em nuvem para facilitar acesso de pesquisadores e estudantes de diferentes regiões, eliminando barreiras que antes tornavam o trabalho inviável. O projeto une tecnologia e experiência de campo para retratar a dinâmica da cobertura do solo no País (ODEODATO, 2016).

A principal forma de avaliação da qualidade do mapeamento é a análise de acurácia, que indica qual a taxa de acerto geral, além de estimativas das taxas de acerto e erro para cada classe de uso mapeada. A acurácia geral para o bioma Cerrado é de 88,3%, esta indica a acurácia geral para o território e o nível de legenda selecionado. A discordância de alocação representa 7,2% para o Cerrado e indica quanto do erro se deve a discordância de alocação. A discordância de área indica quanto do erro se deve a discordância de área e representa 4,5% para o bioma (PROJETO MAPBIOMAS, 2019).

#### **4.3. Estudo espaço temporal do uso e cobertura do solo**

A análise temporal foi feita a partir da quantificação do uso e cobertura do solo nos seguintes anos de 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2017, por meio da classificação do projeto MapBiomias. Inicialmente, foram analisadas as 10 classes (formação florestal, formação savânica, floresta plantada, formação campestre, outra formação não florestal, pastagem, cultura anual e perene, mosaico de agricultura e pastagem, infraestrutura urbana, rio e lago). Após, realizou-se uma reclassificação do uso e cobertura da terra que foram reagrupadas em duas classes: vegetação natural (formação florestal, formação savânica, formação campestre, outra formação não florestal, rio / lago) e desmatamento (floresta plantada, pastagem, cultura anual e perene, mosaico de agricultura e pastagem, infraestrutura urbana), estes dados foram utilizados para analisar a fragmentação da paisagem na região do presente estudo.

#### 4.4. Estudo de fragmentação Florestal

A avaliação da fragmentação foi guiada pelos mapas de uso e cobertura do solo produzidos para os 8 anos: 1985, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 e 2017. Ou seja, a partir de 1985, de 5 em 5 anos e 2017 o último ano que possui dados disponíveis do projeto MapBiomias. A resolução das imagens para o estudo da fragmentação foram reamostradas de 30 m para 150 m por meio da ferramenta *Resample* do *software* ArcGis, pois com a resolução de 30 m a extensão *Patch Analyst* não conseguiu rodar os dados para gerar as estatísticas. As classes originais do uso e cobertura do solo foram agrupadas em duas classes: vegetação natural e desmatamento, a paisagem natural foi o foco do estudo.

Para a descrição do nível de fragmentação da paisagem foi utilizado o *software* ArcGis versão 10.2®, as estatísticas foram geradas pela extensão *Patch Analyst 2.0* (Analisador de Manchas) que utiliza o modelo *Fragstat* para descrever a paisagem, porém perde algumas propriedades por ser uma extensão do ArcGis. O *Patch Analyst* é uma extensão que facilita a análise espacial da paisagem e a modelagem de atributos associados. É frequentemente utilizado para análise de padrões espaciais em apoio a modelagem de habitats, conservação e manejo florestal. Inclui recursos para avaliar o padrão de manchas e atribui valores com base em uma combinação de atributos. É disponibilizado em duas versões *patch* e *patch grid* no primeiro são utilizadas camadas de polígonos, no segundo camadas de *raster* (REMPEL; CARR; ELKIE, 2008).

#### 4.5. Métricas da paisagem

O modelo *Fragstats* pode mensurar a fragmentação de uma paisagem, ele fornece valores quantitativos de extensão de área e de distribuição espacial dos fragmentos na paisagem. Calcula a estrutura da paisagem usando mais de 50 métricas. Foi desenvolvido por Kevin McGarigal e Barabara J. Marks, na Universidade *Oregon State University*. As diversas métricas podem ser classificadas em oito grupos: métricas de área, de fragmentos, de bordas, de forma, de área central (“core”), de vizinho mais próximo, de contágio e mistura e de diversidade (VOLOTÃO, 1998). A Tabela 3 apresenta as métricas utilizadas neste estudo.

Foram avaliadas as seguintes métricas da paisagem: métricas de área, métricas de densidade e tamanho, métricas de forma, métricas de área central e bordas e métricas de proximidade (Tabela 3).

**Tabela 1.** Métricas de paisagem utilizadas no estudo.

<b>Categoria</b>	<b>Métrica</b>	<b>Sigla</b>	<b>Unidade</b>
<b>Área</b>	Área da classe	CA	Hectares (ha)
<b>Densidade e tamanho</b>	Número de fragmentos	Nump	Adimensional
	Porcentagem de fragmentos	ZLAND	%
	Tamanho médio dos fragmentos	MPS	Hectares (ha)
<b>Forma</b>	Índice médio de forma	MSI	Adimensional
	Dimensão fractal média	MPFD	Adimensional
<b>Área central e de borda</b>	Total de áreas de interior	TCA	Adimensional
	Porcentagem de áreas de interior	TCAI	%
	Total de bordas	TE	Metros (m)
	Densidade de bordas	ED	Metros/hectare (m/ha)
<b>Proximidade e isolamento</b>	Distância média do vizinho mais próximo	MNN	Adimensional

#### 4.5.1. Métricas de área, tamanho e densidade

A vegetação natural foi a classe de uso da terra com destaque no presente estudo, portanto estimou-se o índice de área total da classe (CA), a porcentagem de fragmentos de mesma classe na paisagem (ZLAND) e o tamanho médio dos fragmentos (MPS). A área de cada fragmento tem uma grande utilidade ecológica. A Teoria da Biogeografia de ilhas sustenta que quanto maior a área maior será a riqueza de espécies associadas a ela.

#### 4.5.2. Métricas de forma

O tamanho e forma dos fragmentos podem influenciar processos ecológicos importantes. Sua forma pode influenciar processos entre manchas, como a migração de mamíferos e a colonização de plantas de médio e grande porte, e pode influenciar a fuga de certos animais (VOLOTÃO, 1998).

Duas métricas foram utilizadas para definir a forma dos fragmentos, o índice médio de forma (MSI), este índice expressa quanto o fragmento se assemelha a forma de um círculo, quanto mais próximo de 1, mais circular é a mancha, e em melhor estado ela se encontra, pois diminui o efeito de borda atuante sobre ela. Segundo Volotão, o principal aspecto da forma é sua relação com o efeito de borda. O outro índice utilizado foi a dimensão fractal média da mancha (MPFD) varia de 1 (fragmentos com formas mais simples e regulares) a 2 (fragmentos com formas mais complexas).

Os efeitos de borda envolvem alterações na abundância e na distribuição de espécies, provocadas pelos fatores abióticos nas proximidades das bordas, como por exemplo, o

aumento da densidade de plantas devido a maior disponibilidade de radiação solar (MURCIA, 1995).

#### 4.5.3. Métricas de área central e borda

Na análise da área central foram considerados 150 metros de borda, para tanto foi utilizado o índice de área de interior (TCAI) que estima a área de interior dos fragmentos em percentual e o total de áreas de interior (TCA), este representa a soma de todas as áreas do interior da mancha. Subsequente, estimou-se a borda dos fragmentos por meio de dois índices, sendo eles: total de bordas (TE) soma os perímetros das bordas de todos os fragmentos; e densidade de bordas (ED) o perímetro total das bordas em relação a área total da paisagem.

#### 4.5.4. Métricas de proximidade e isolamento

A proximidade entre os fragmentos é importante para os processos ecológicos, e têm implícito em seus resultados o grau de isolamento dos fragmentos (VOLOTÃO, 1998). Estas métricas quantificam a configuração da paisagem, ela define um raio de procura para encontrar fragmentos de vegetação nativa próximos ao fragmento fonte, utilizou-se 5.000 m como raio de procura. Assim, estimou-se o índice distância média do vizinho mais próximo (MNN), este varia de zero a infinito, e quantifica a distância borda a borda entre manchas com base no vizinho mais próximo no mesmo tipo de vegetação.

### **4.6. Delineamento dos corredores ecológicos**

Para o delineamento dos corredores foi utilizado o mapa de uso e cobertura do solo do ano de 2017 e a declividade. O mapeamento do uso da terra foi feito por meio das imagens obtidas do Projeto MapBiomias e sua classificação automática. Para aprimorar a função de um corredor ecológico, este deve interligar fragmentos importantes no contexto paisagístico e ecológico da região (ALTOÉ; OLIVEIRA; RIBEIRO, 2005).

Deste modo, a opção mais viável foi interligar as quatro Unidades de Conservação da área do estudo: Área de Proteção Ambiental Cabeceira do Rio das Balsas; Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba; Estação Ecológica Uruçuí-Una e Parque Estadual de Mirador. A identificação dos corredores ecológicos ocorreu por meio da técnica do caminho de menor custo (CMC) que identifica o melhor caminho com base em atritos pré-definidos tomando como referência uma origem e um destino.

Inicialmente, através dos mapas de uso e cobertura da terra de 2017 foram atribuídos valores de *scores* para cada classe de uso, com o auxílio da ferramenta *Reclassify* do ArcGIS 10.2, os valores variaram de 1 a 100. Os *scores* foram incorporados a uma imagem matricial para representar a fricção, ou seja, o custo que cada classe de uso representaria na formação de corredor. A fricção representa algum fator ou combinação de fatores que poderiam afetar o funcionamento do corredor, ou seja, representa as áreas aptas para a formação do corredores (CERQUEIRA, 2016) . O procedimento foi realizado para o mapa de declividade da área de estudo. Quanto menor o valor atribuído para a área maior o seu potencial para a formação de corredores ecológicos, quanto maior o valor menor potencial. Buscou-se com isso gerar uma superfície de custo na qual as classes com maiores custos teriam maiores gastos para o caso de conservá-las ou recuperá-las (CERQUEIRA, 2016). No caso das áreas serem incorporadas aos corredores ecológicos.

As classes de uso vegetação natural e corpos d'água receberam os menores *scores* pois são mais aptas para o deslocamento da fauna, sendo locais mais eficientes para a formação de corredores ecológicos. Floresta Plantada e Pastagem receberam valores médios, pois são propriedades privadas que necessitariam de regularização fundiária no caso de serem incorporadas a um corredor ecológico, além da demanda financeira necessária para a recuperação de tais áreas. Áreas antrópicas receberam valores altos por possuir solo exposto, cultura anual e perene, mosaico de agricultura e pastagem. As classes de uso, os valores de *score* atribuídos e suas respectivas justificativas encontram-se descritas na Tabela 2.

**Tabela 2.** Valores de fricção atribuídos às classes de uso da terra na área de estudo.

<b>Classes de uso da terra</b>	<b>Valores de Fricção</b>	<b>Justificativas</b>
<b>Vegetação Natural</b>	1	Áreas propicias para formar os Corredores Ecológicos.
<b>Corpos d'água</b>	1	Áreas propicias para formar os Corredores Ecológicos, por ser um lugar de dessedentação para a fauna, além de construir em seu entorno Áreas de Preservação Permanente - APP.
<b>Floresta Plantada</b>	50	Áreas plantadas com objetivo econômico, portanto são suprimidas após alguns anos, assim resta uma área desflorestada, possui custo elevado para regenerar, são propriedades privadas.
<b>Pastagem</b>	50	Pastos utilizados para criação de bovinos com o objetivo econômico, são propriedades privadas.
<b>Antropizado</b>	100	Áreas com solo exposto, cultura anual e perene, mosaico de agricultura e pastagem não são adequadas para a passagem dos Corredores Ecológicos.

Fonte: Adaptado de Louzada et al. (2010).

Para o delineamento dos corredores ecológicos utilizou-se além dos valores atribuídos as classes de uso do solo, mencionados acima, valores atribuídos para a declividade da área de estudo, que foram classificadas conforme ilustrado na Tabela 3. Sendo divididos em 3 classes: Agricultável < 21°; Uso Restrito entre 21° e 34° e Área de Preservação Permanente – APP > 34°. Valores maiores de custo foram atribuídos para regiões mais planas propícias para a agricultura. Valores menores para regiões mais propensas para a formação dos corredores como APP's e terrenos mais ondulados.

**Tabela 3.** Valores de fricção atribuídos à declividade na área de estudo.

<b>Declividade</b>	<b>Scores</b>	<b>Justificativas</b>
< 21	100	Agricultável - Barreiras para a passagem dos Corredores Ecológicos.
21 a 34	50	Uso Restrito – Caracterizada por possuir o relevo fortemente ondulado, são áreas restritas para formar os Corredores Ecológicos.
>34	1	Área de Preservação Permanente - São áreas apropriadas para formar os Corredores Ecológicos.

Fonte: Adaptado de Louzada et al. (2010).

A declividade recebeu peso de 10% e o uso 90%, pois considerou-se que o uso é mais relevante para a passagem de animais e dispersão de sementes, e conseqüentemente para a conectividade entre fragmentos e formação de corredores ecológicos, que a declividade. A soma do score e peso geraram a fricção, esta representa o custo final utilizado para o cálculo dos corredores. Os dois mapas foram unificados para obter o mapa de custo total. Posteriormente, foram gerados pontos de partida e pontos de chegada, de uma UC para outra, no total 6 *shapes* de pontos. Por meio da ferramenta *Cost Distance* do ArcGis 10.2, construiu-se uma matriz de custo acumulado em duas direções, foi calculada uma superfície de custo para cada ponto de partida e cada ponto de chegada.

Subseqüentemente, o corredor foi definido pela ferramenta *Corridor* do sistema ArcGIS 10.2 a partir da matriz de custo acumulado, que ligou os fragmentos e traçou os corredores. Deve-se observar que não houve usos considerados como barreiras intransponíveis, assim sendo, não foram definidos critérios de exclusão e existe a possibilidade de os corredores cruzarem áreas não apropriadas como solo exposto e estradas (ALTOÉ; OLIVEIRA; RIBEIRO, 2005).

#### **4.7. Integridade dos Corredores Ecológicos**

Realizou-se a avaliação da integridade dos três corredores ecológicos gerados para o ano de 2017 (último ano da análise), os dados do uso e cobertura do solo foram cruzados com os corredores finais por meio da ferramenta *intersect* disponível no ArcGIS 10.2, para avaliar quão integro os possíveis corredores estão em relação a presença de vegetação nativa, e assim verificar se é passível a recuperação da vegetação na área ou o quanto a presença das atividades humanas tem afetado a região. Para observar a integridade dos corredores foram utilizados hexágonos de 250 ha em toda a área dos potenciais corredores.

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **5.1. Dinâmica do uso e cobertura do solo**

A partir dos resultados deste estudo, observou-se aumento da área antropizada entre 1985 e 2017. Em 1985, o desmatamento correspondia a 1,53% da área de estudo, um total de 1.764,08 Km<sup>2</sup> desmatados. Em 2017, as taxas aumentaram para 15,63%, um total de 17.997,57 Km<sup>2</sup>. A estimativa do desmatamento foi feita a partir da adição dos percentuais e áreas de floresta plantada, pastagem, cultura anual e perene, mosaico de agricultura e pastagem e infraestrutura urbana, calculados usando o *software* Excel com base nos resultados apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4.** Classes de uso e cobertura do solo entre 1985 e 2017.

Uso/Cobertura do solo	1985		1990		1995		2000		2005		2010		2015		2017	
	Área (Km <sup>2</sup> )	%														
Formação Florestal	17502,30	15,20	17168,67	14,91	16610,62	14,43	16389,00	14,24	15790,63	13,72	15229,74	13,23	14876,35	12,92	15541,31	13,50
Formação Savânica	61701,21	53,59	60154,13	52,25	59286,92	51,50	58060,18	50,43	54407,91	47,26	52584,30	45,67	50377,22	43,76	48828,29	42,41
Floresta Plantada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,12	0,00
Formação Campestre (Campo)	34092,98	29,61	35847,09	31,14	35514,23	30,85	34785,10	30,21	35255,93	30,62	35145,17	30,53	32215,59	27,98	32697,98	28,40
Outra Formação não Florestal	0,20	0,00	0,13	0,00	0,21	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pastagem	180,24	0,16	408,66	0,35	719,89	0,63	1146,55	1,00	1583,07	1,38	1797,37	1,56	2026,13	1,76	2253,11	1,96
Cultura Anual e Perene	0,00	0,00	31,84	0,03	670,20	0,58	2312,00	2,01	6118,59	5,31	7491,67	6,51	13661,46	11,87	13835,95	12,02
Mosaico de Agricultura e Pastagem	1557,22	1,35	1422,22	1,24	2244,14	1,95	2344,06	2,04	1879,11	1,63	2775,25	2,41	1865,97	1,62	1866,18	1,62
Infraestrutura Urbana	26,62	0,02	25,87	0,02	27,41	0,02	29,41	0,03	29,89	0,03	36,79	0,03	39,26	0,03	42,21	0,04
Rio, Lago	68,51	0,06	70,67	0,06	55,65	0,05	62,97	0,05	64,15	0,06	68,97	0,06	67,18	0,06	64,13	0,06
<b>Total</b>	115.129,3	100	115.129,3	100	115.129,3	100	115.129,3	100	115.129,3	100	115.129,3	100	115.129,3	100	115.129,3	100

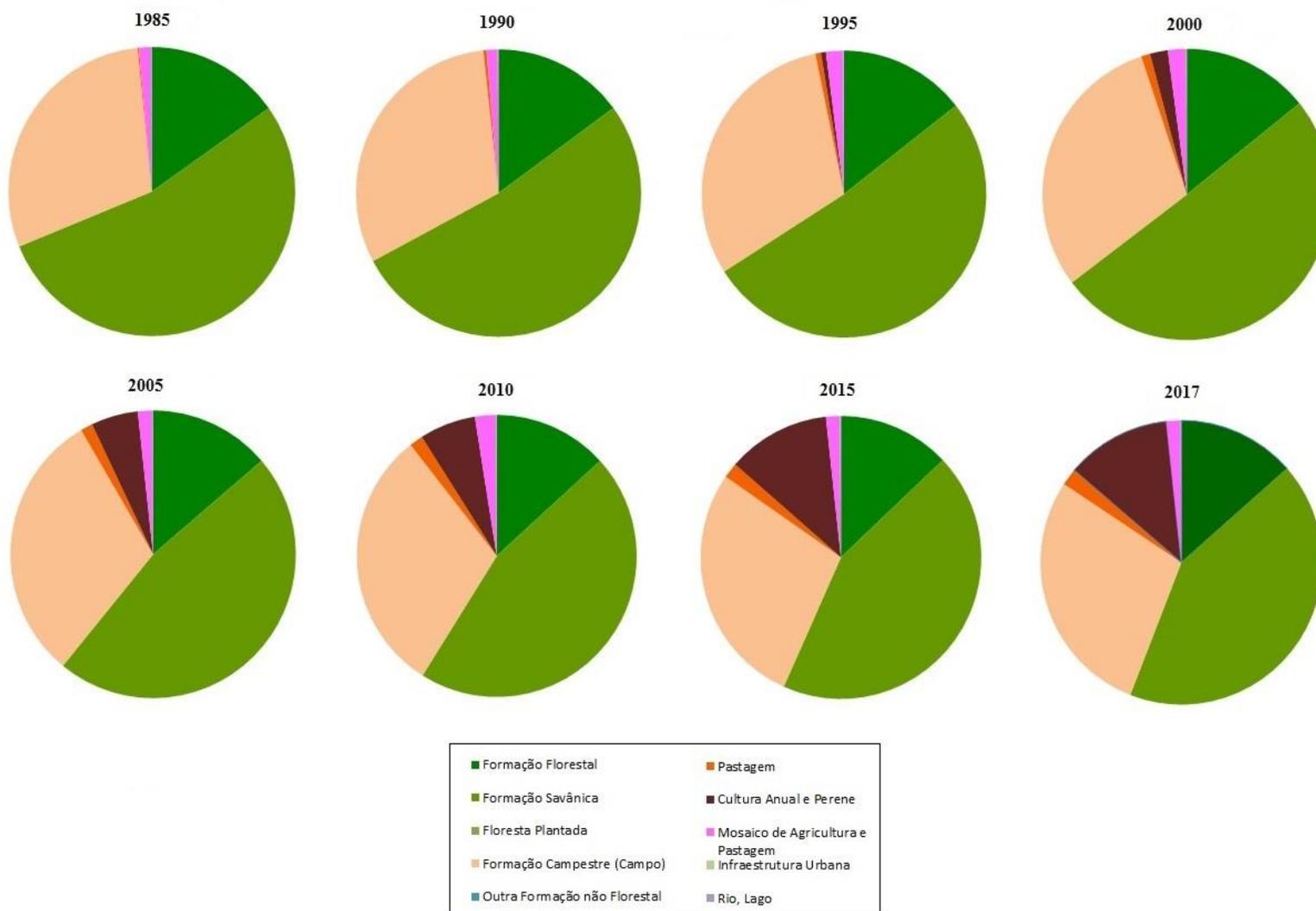
No Nordeste brasileiro, a região chamada de MATOPIBA tem sido alvo da especulação imobiliária agrícola e consequente expansão do agronegócio, que conta com incentivos fiscais e créditos do Estado, para financiar a produção de soja, milho, eucalipto, algodão e cana-de-açúcar. A escalada do preço da terra transformou a região em zona de interesse. A possibilidade da compra de terras a preço baixo ocorre no processo de formação das fazendas, muitas vezes por meio da grilagem, e causa o desmatamento do Cerrado. Depois de formada a fazenda para a produção de *commodities*, o preço da terra aumenta (PITTA; MENDONÇA, 2017).

Em 1985 praticamente não existiam áreas de cultura anual e perene, em 2017 a classe de uso do solo possuía 13835,95 Km<sup>2</sup>. Em 2017 as pastagens representavam 180,24 Km<sup>2</sup> em 1985 representavam 2253,11 Km<sup>2</sup>.

Segundo MARTINS & RODRIGUES (2018), o Cerrado tem recebido atenção nos últimos anos devido ao processo acelerado de desmatamento. A principal causa da retirada de vegetação nativa é a expansão da pecuária e agricultura. O desflorestamento desse bioma favorece a emissão de gases de efeito estufa, responsáveis pelo aquecimento global. Ainda segundo os autores, a fiscalização ambiental é uma das formas de coibir esse tipo de crime ambiental. A atuação da Polícia Militar Ambiental (PMA) juntamente com outros órgãos compostos pelo SISNAMA se faz de extrema relevância para redução dessa prática danosa a esse bioma.

Nos últimos dez anos, a produção de soja na região dobrou – 4,3 milhões de toneladas em 2004 e 8,6 milhões de toneladas em 2014. E o crescimento da produção de milho foi mais expressivo, mais de 215%, passando de 1,7 milhões de toneladas para 5,3 milhões de toneladas no mesmo período (IBGE, 2016).

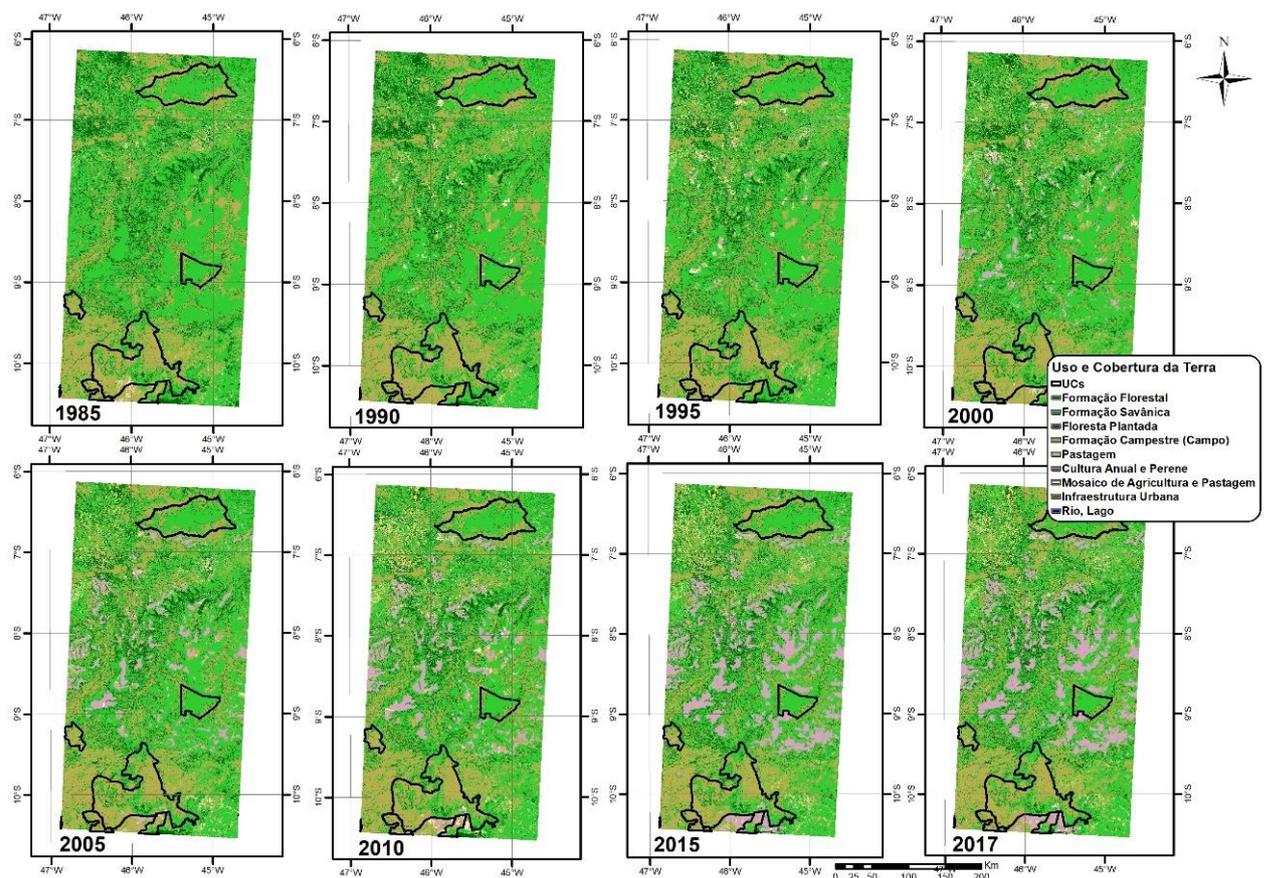
A realidade agrária da região MATOPIBA é complexa. As áreas legalmente atribuídas – quilombolas, terras indígenas, assentamentos rurais e unidades de conservação federais e estaduais – agregam 22% do território. Dados de aptidão agrícola indica que um terço das terras do MATOPIBA possuem elevado potencial para o desenvolvimento de agricultura. Dados comprovam que a maioria dos desmatamentos de 1990 ocorreu em áreas de aptidão regular para lavouras; nos desmatamentos mais recentes, foi maior o percentual de áreas de boa aptidão para lavouras (BOLFE et al., 2016).



**Figura 2.** Mudança percentual do uso e cobertura do solo na área de estudo entre 1985 e 2017.

Os resultados indicam que a partir de 2000 houve mudanças substanciais no uso e cobertura da terra na área de estudo. As áreas de formação savânica foram reduzidas de 50,4% (58.060.18 Km<sup>2</sup>) para 42,4% (48.828.29 Km<sup>2</sup>). Em 2000 foi observado um total de 2312.00 Km<sup>2</sup> de culturas anuais e perenes, correspondentes a 2,01% da área de estudo. Em 2017, os cultivos perenes e anuais ocupavam 13.835,95 Km<sup>2</sup>, correspondentes 12,02% da área de estudo.

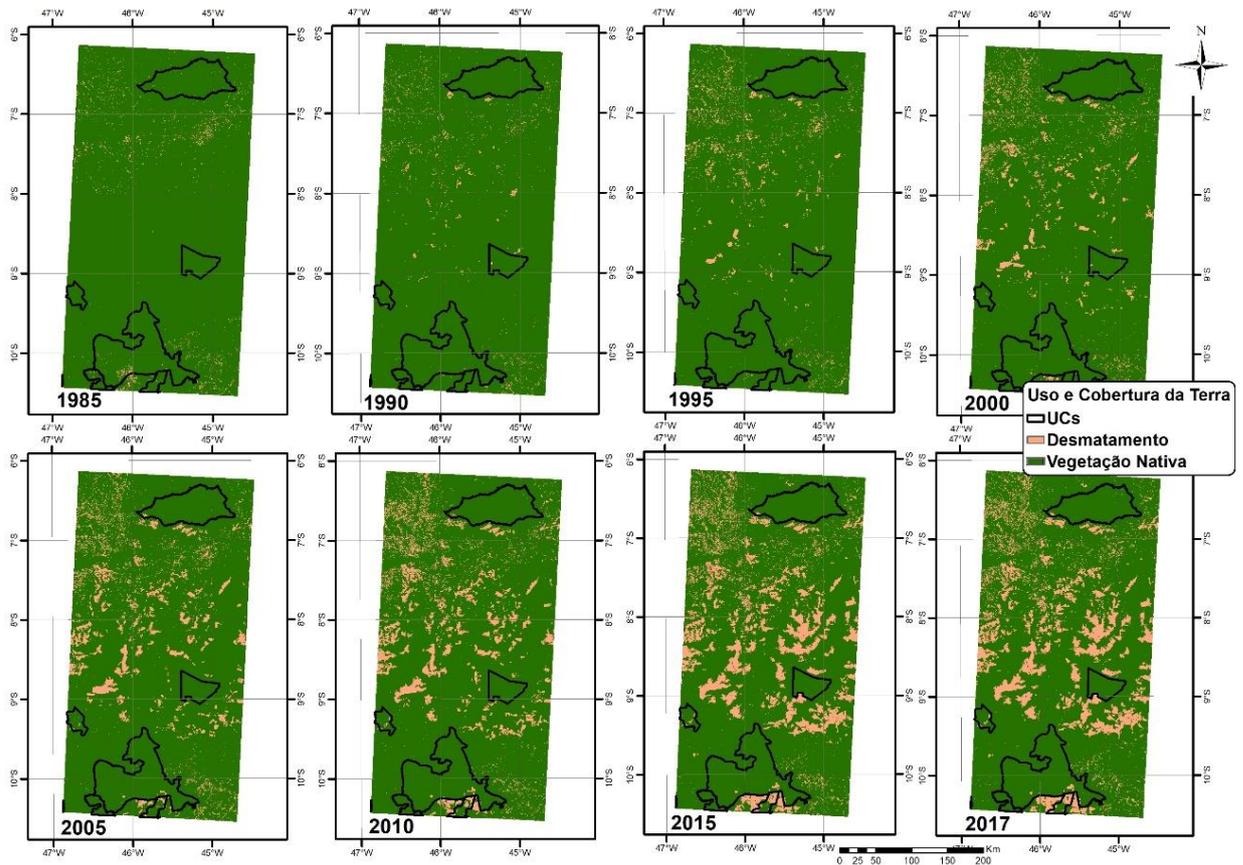
A partir da Figura 2, observou-se que as áreas de formação savânica e as de formação florestal diminuíram entre 1985 e 2017. As áreas de formação savânica foram mais reduzidas em relação às demais formações vegetais. As áreas de cultivos anuais e perenes aumentaram de 2,01% para 12,02% da área de estudo, correspondentes a 1.146,55 km<sup>2</sup> e 13.835,95 km<sup>2</sup>, respectivamente. As áreas de pastagens ocupavam 1% (1.146,55 km<sup>2</sup>) e 1,96% (2.253,11 km<sup>2</sup>) em 2000 e 2017, respectivamente.



**Figura 3.** Uso e cobertura da terra na área de estudo entre os anos de 1985 e 2017.

## 5.2. Estudo da fragmentação da paisagem

As classes originais de uso e cobertura do solo foram reclassificadas em novas classes (vegetação natural e desmatamento) por meio da ferramenta *Reclassify* do *software* ArcGIS para gerar a série temporal da fragmentação da paisagem entre 1985 e 2017 na área de estudo conforme ilustrado na Figura 4.

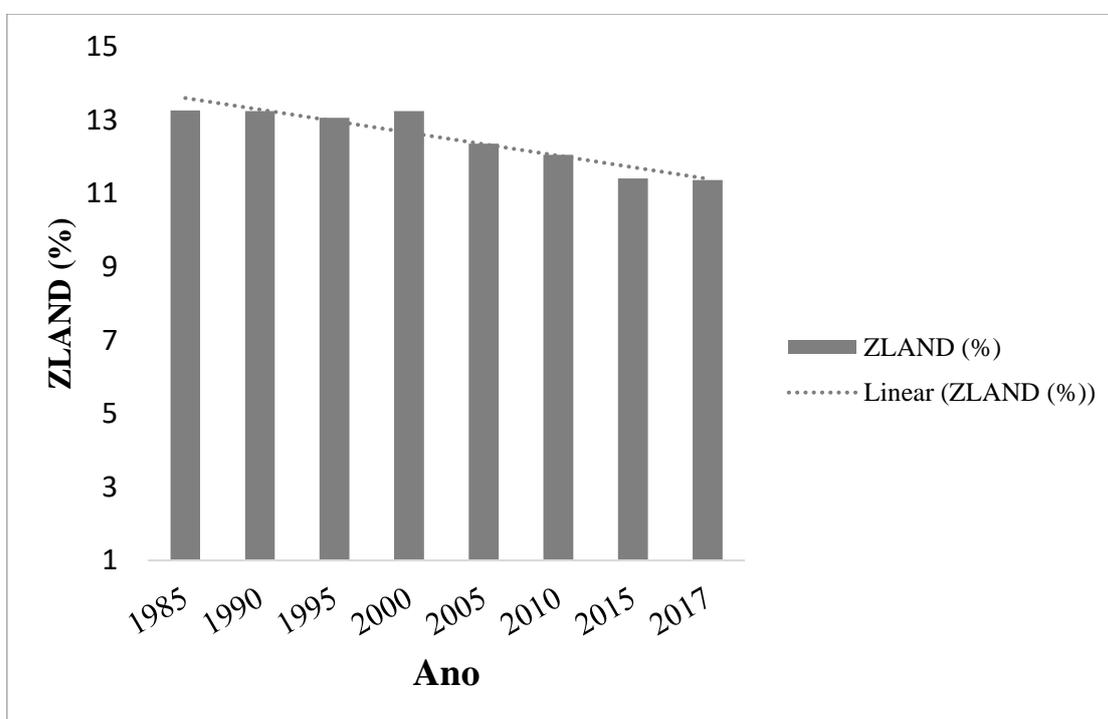


**Figura 4.** Mudanças na fragmentação da paisagem na área de estudo.

É possível observar na Figura 4 o aumento do desflorestamento no período estudado. Na paisagem antrópica, as culturas anuais e perenes foram responsáveis pela maior parte da expansão em área. Houve aumento da pressão antrópica no entorno das Unidades de Conservação e, em alguns casos, como o do Parque Nacional Nascentes do Rio Parnaíba, áreas antrópicas dentro dos limites da Unidade de Conservação. Observou-se um aumento na dinâmica de fragmentação da vegetação natural no período estudado.

### 5.2.1. Métricas de área, tamanho e densidade

Os resultados das métricas de área, tamanho e densidade indicam a redução do percentual de fragmentos de vegetação nativa (ZLAND) da região de estudo (Figura 5), que reduziu de 13% para 11% entre 1985 e 2017. Quando é observado diminuição da vegetação natural como consequência ocorre diminuição da biodiversidade, pois fragmentos maiores comportam mais espécies, sendo assim, maior biodiversidade e fragmentos menores, menos espécies consequentemente menor biodiversidade. O índice de área total da classe (CA) corresponde a soma de manchas das classes de vegetação natural. O CA diminuiu de 113.364 ha para 97118 ha entre 1985 e 2015. Estes resultados indicam que houve redução substancial de vegetação nativa na região de estudo.



**Figura 5.** Porcentagem de fragmentos de vegetação nativa entre 1985 e 2017.

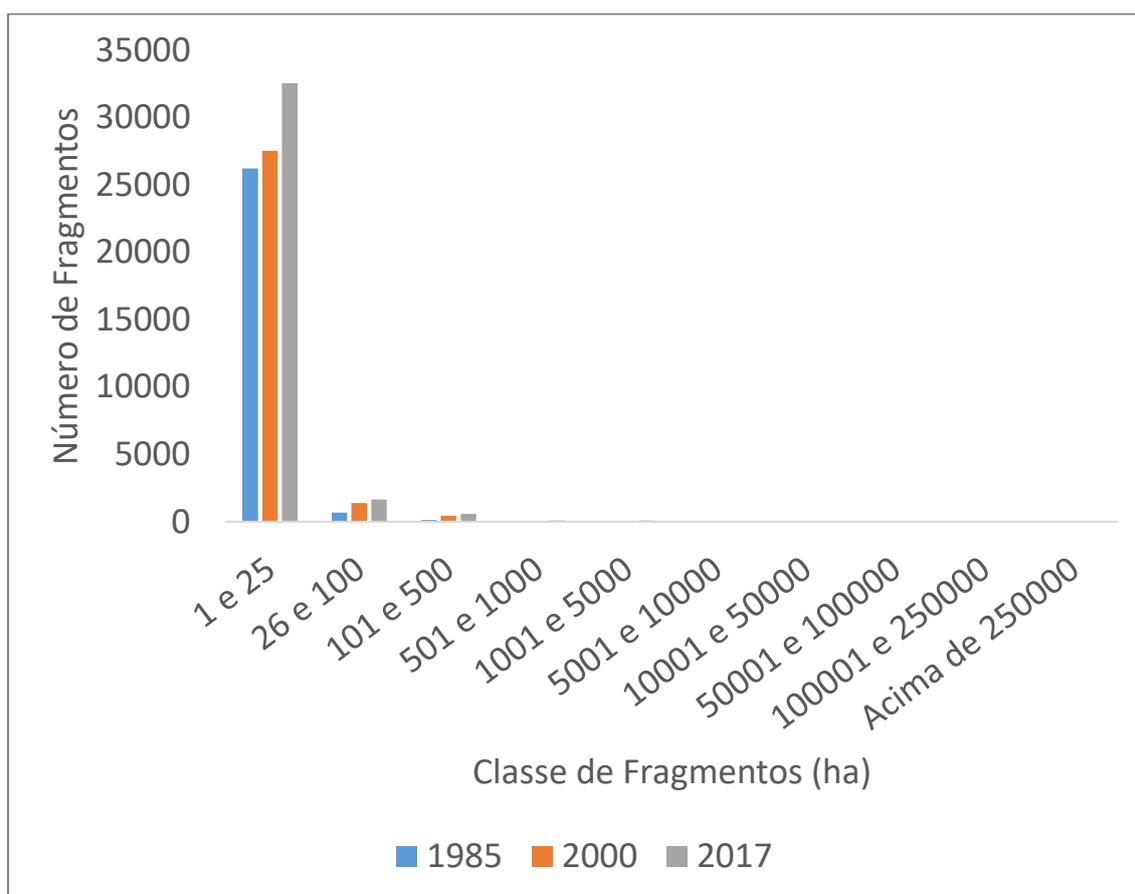
De acordo com BATISTA (2014), a abundância relativa de cada classe (ZLAND) é uma das métricas mais simples e úteis que permite retirar informação sobre a proporção relativa de cada classe da paisagem. No estudo estimou-se a análise da métrica ZLAND para a vegetação nativa.

Os números de fragmentos de vegetação nativa em diferentes classes de tamanho estão apresentados na Tabela 5, que indica o grau de fragmentação da área de estudo para efeito de comparação foram escolhidos os anos de 1985, 2000 e 2017.

**Tabela 5.** Número de fragmentos para 1985, 2000, 2017 em classes de tamanho na área de estudo.

Número de fragmentos (NP) Ano/há						
Classes de Tamanho	1985	Média há	2000	Média há	2017	Média há
Entre 1 e 25	26217	3,28	27520	3,67	32541	3,83
Entre 26 e 100	673	44,36	1377	47,64	1638	47,67
Entre 101 e 500	119	179,92	438	207,81	568	209,10
Entre 501 e 1000	4	755,26	61	683,18	84	683,29
Entre 1001 e 5000	4	1988,16	64	2116,45	86	2260,29
Entre 5001 e 10000	0	0,00	10	6331,21	23	61650,27
Entre 10001 e 50000	0	0,00	4	13746,50	30	17316,46
Entre 50001 e 100000	0	0,00	0	0,00	3	61650,27
Entre 100001 e 250000	0	0,00	0	0,00	3	11111,33
Acima de 250000	0	0,00	0	0,00	0	0,00
<b>Total de Fragmentos</b>	<b>28446</b>	<b>2970,98</b>	<b>33956</b>	<b>23136,46</b>	<b>41920</b>	<b>154932,52</b>

Verificou-se que houve aumento no número de fragmentos de tamanho variando entre 1 e 25 ha, ou seja, aumento do número de fragmentos menores e diminuição do número de fragmentos maiores (Figura 6).



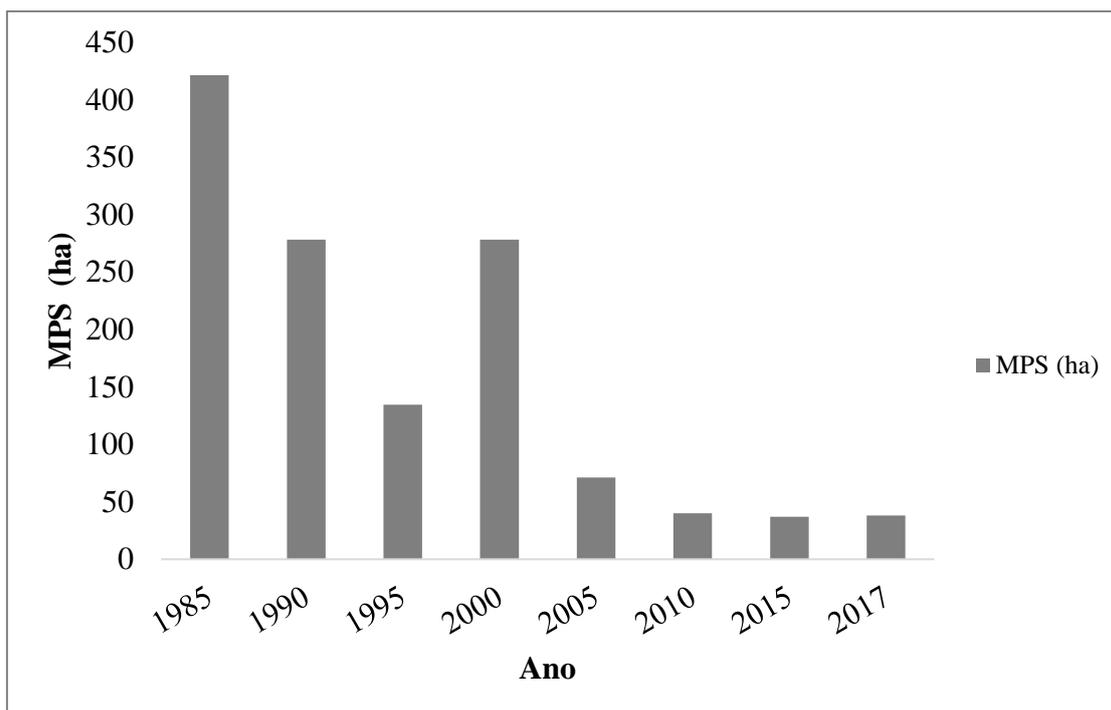
**Figura 6.** Número de fragmentos divididos em classes de tamanho em 1985, 2000 e 2017.

A área de estudo é ocupada em sua maioria por fragmentos pequenos (Tabela 6). Isto indica impactos negativos na paisagem, pois os mesmos são afetados pelo efeito de borda e a menor diversidade biológica comparados com os fragmentos maiores. Por outro lado, observou-se que houve redução do percentual de fragmentos menores no período estudado, que provavelmente foram desmatados.

**Tabela 6.** Número de fragmentos em percentual divididos em classes de tamanho para 1985, 2000, 2017.

<b>Número de fragmentos (NP) %</b>			
<b>Classes de Tamanho</b>	<b>1985</b>	<b>2000</b>	<b>2017</b>
Entre 1 e 25	92,16	81,05	77,63
Entre 26 e 100	2,37	4,06	3,91
Entre 101 e 500	0,42	1,29	1,35
Entre 501 e 1000	0,01	0,18	0,20
Entre 1001 e 5000	0,01	0,19	0,21
Entre 5001 e 10000	0,00	0,03	0,05
Entre 10001 e 50000	0,00	0,01	0,07
Entre 50001 e 100000	0,00	0,00	0,01
Entre 100001 e 250000	0,00	0,00	0,01
Acima de 250000	0,00	0,00	0,00
<b>Total de Fragmentos</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

O tamanho médio dos fragmentos – MPS diminuiu em 1995, aumentou em 2000 e voltou a diminuir em 2005, passando de 421 ha em 1985 para 38 ha em 2017 e se manteve constante na faixa dos 40 ha de 2005 a 2017 (Figura 7). O número de fragmentos – NUMP aumentou e o tamanho médio dos fragmentos diminuiu, o que era esperado pois a área de vegetação natural diminuiu, os fragmentos se tornaram menores entre 1985 e 2017. A métrica MPS é a soma do tamanho das manchas dividido pelo número de manchas. NUMP representa o número total de manchas na paisagem por classe (JUVANHOL et al., 2011).



**Figura 7.** Tamanho médio (ha) entre 2000 e 2016 para a classe de vegetação na área de estudo.

### 5.2.2. Métricas de forma

Para o índice de forma médio (MSI), quanto mais próximo a 1 mais circular a mancha, em melhor estado se encontra, pois, diminui o efeito de borda atuante sobre ela. A faixa de contato entre um habitat natural e outro antropizado gera o efeito de borda. Segundo VIANA et al. (1992), o efeito de borda é marcado por mudanças na luminosidade, temperatura, umidade e velocidade do vento o que pode significar impactos diretos ou indiretos na biodiversidade.

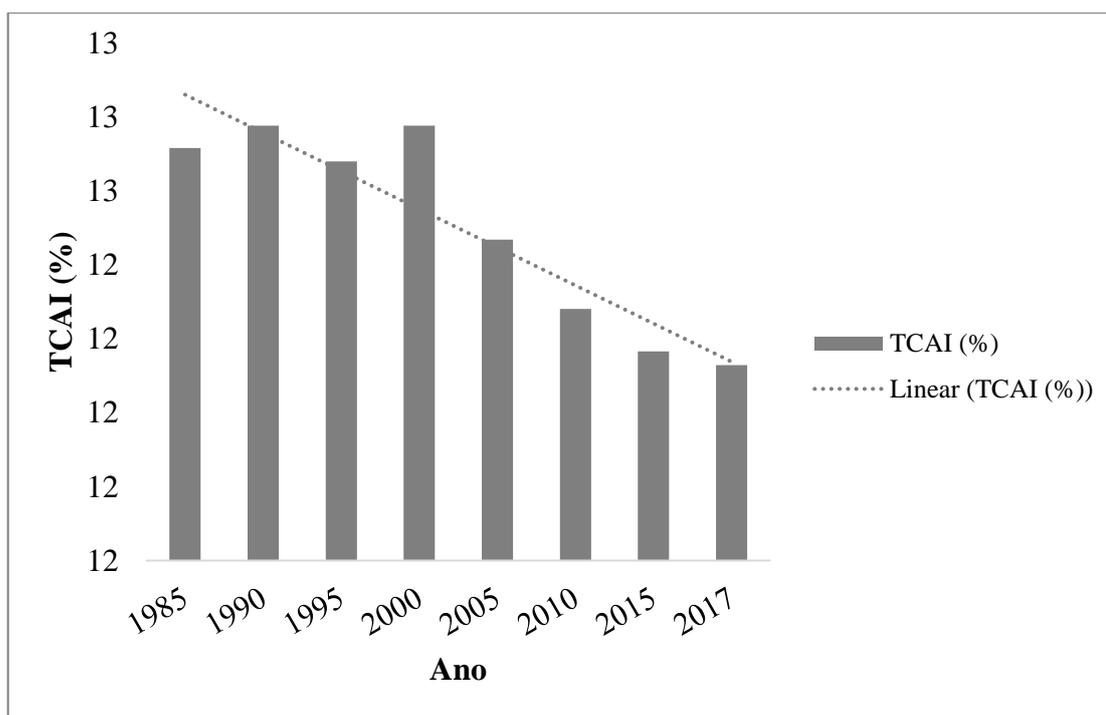
Os resultados do MSI deste estudo indicam que os valores não alteraram substancialmente ao longo do período estudado (variaram entre 1,17 e 1,18). Os fragmentos da área de estudo são considerados, portanto, com a forma mais próxima a de um círculo, com maior integridade ambiental. Os valores da dimensão fractal média – MPFD permaneceram iguais entre 1985 e 2017. Valores próximos a 1 indicam que os fragmentos possuem formas simples e regulares. (Tabela 7) A complexidade da forma relaciona-se com a geometria das manchas, se tendem a ser simples e compactas, ou irregulares e convolutas (COUTO, 2004). Sendo assim, os fragmentos do presente estudo possuem a forma mais circular, simples e regular conforme as estatísticas calculadas.

**Tabela 7.** Índices de forma (MSI e MPFD) entre 1985 e 2017.

Índice de Forma	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2017
MSI	1,18	1,16	1,15	1,16	1,17	1,17	1,17	1,18
MPFD	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02

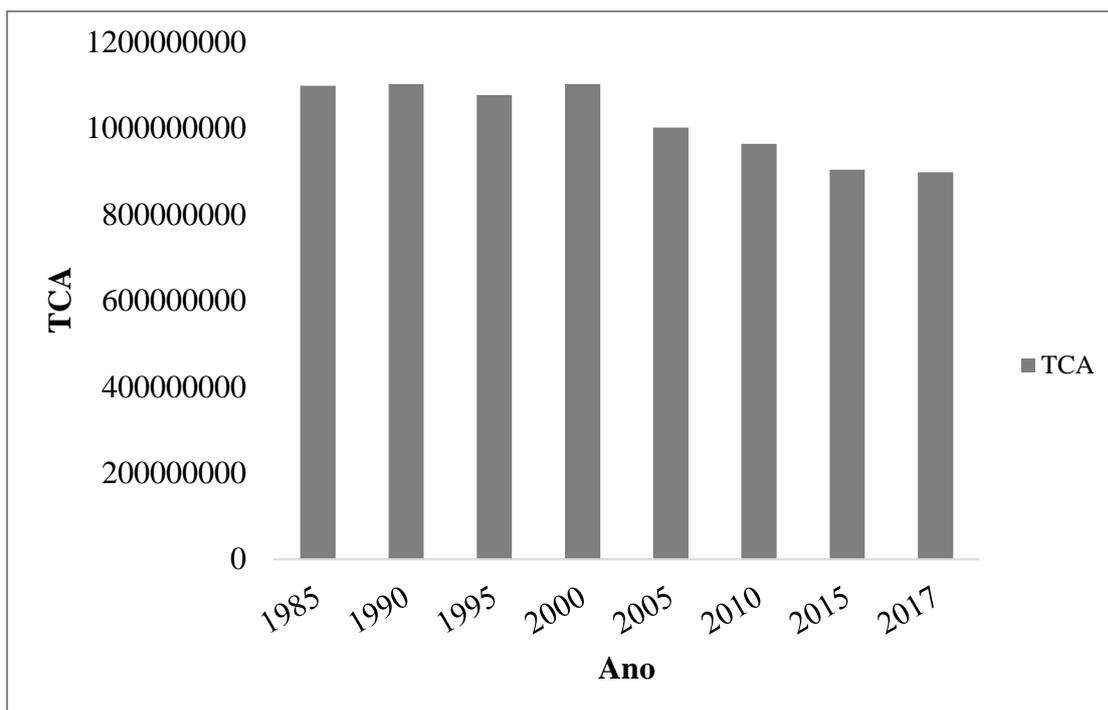
### 5.2.3. Métricas de área central e borda

As métricas da área central estão apresentadas na Figura 8 objetivando investigar qual faixa de borda exerce maior influência na área central dos fragmentos (JUVANHOL et al., 2011). Para borda de 150 m, o percentual de área central (TCAI) reduziu de 13 % para 12% entre 1985 e 2017. Este resultado indica que da área total dos fragmentos apenas esse percentual corresponde a área de interior. De acordo com VOLOTÃO (1998), TCAI é o percentual da classe que é área central, baseado na largura de borda especificada.



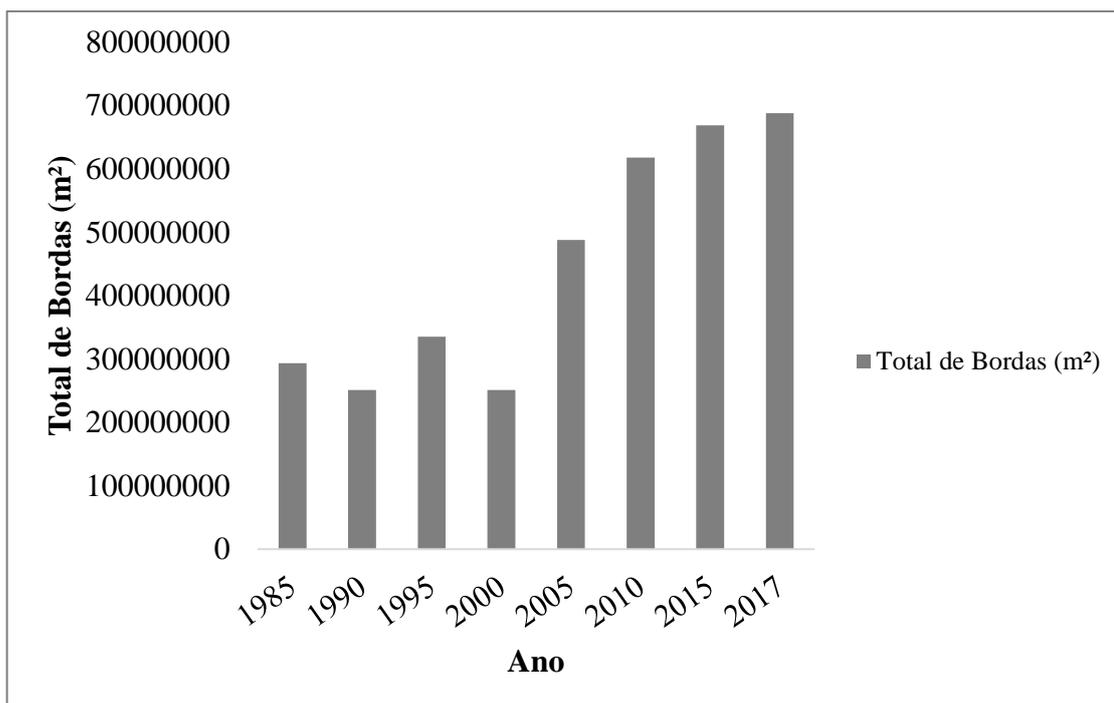
**Figura 8.** Percentual da área de interior dos fragmentos (TCAI) de vegetação nativa entre 1985 e 2017.

O total de áreas de interior – TCA que soma as áreas dos núcleos dos fragmentos diminuiu entre 1985 e 2017. Isto indica uma redução da fragmentação, porém, ocorreu devido ao desmatamento de fragmentos menores na área de estudo durante o período estudado, os resultados estão ilustrados a partir da Figura 9. O TCA é a soma das áreas centrais de toda a classe em hectares (VOLOTÃO, 1998).



**Figura 9.** Valores de TCA da área no período de tempo estudado.

O total de bordas aumentou substancialmente a partir de 2005, atingindo o valor máximo em 2017 (Figura 10). O total de bordas representa a extremidade total de todas as manchas, sendo a soma do perímetro das mesmas (JUVANHOL et al., 2011) e representam a configuração da paisagem, ainda que não explicitamente. Vários fenômenos ecológicos se caracterizam pela quantidade total de bordas, a informação sobre as bordas (que pode caracterizar pelo padrão espacial o efeito de borda) é, um importante aspecto estudado pelos pesquisadores (VOLOTÃO, 1998).



**Figura 10.** Valores do índice de total de bordas (m<sup>2</sup>) referentes aos fragmentos de vegetação no período e área de estudo.

**Tabela 8.** Índice de Densidade de Bordas da área de estudo entre 1985 e 2017.

Ano	ED (m/ha)
<b>1985</b>	0.0255
<b>1990</b>	0.0218
<b>1995</b>	0.0292
<b>2000</b>	0.0218
<b>2005</b>	0.0425
<b>2010</b>	0.0537
<b>2015</b>	0.0581
<b>2017</b>	0.0598

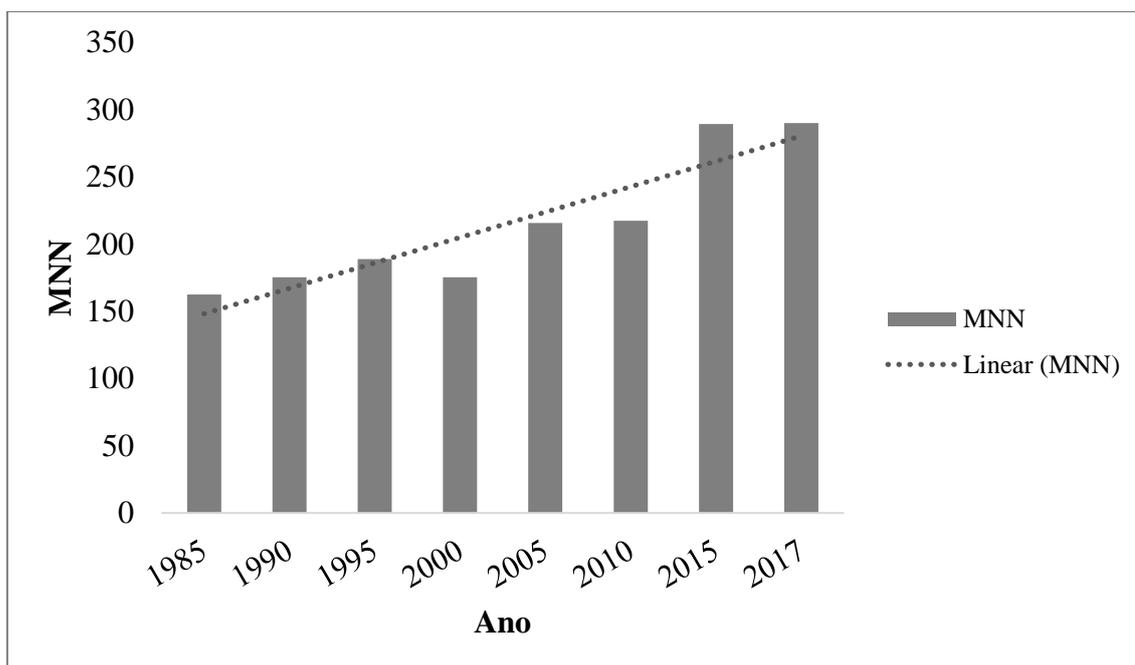
A densidade de bordas da área de estudo – ED aumentou entre 1985 e 2017, pois a quantidade de fragmentos pequenos aumentou no período como apresentado anteriormente (Tabela 8). Ao calcular métricas da paisagem no *Patch Analyst*, obteve - se aumento nos valores da métrica densidade de bordas, em decorrência do aumento gradativo das atividades produtivas, que é representado pela formação de novos polígonos na paisagem (PIROVANI, 2005).

#### 5.2.4. Métricas de proximidade e isolamento

O índice de proximidade foi formulado para considerar apenas manchas da mesma classe em uma vizinhança específica (COUTO, 2004). A métrica de proximidade e

isolamento analisada no estudo foi a distância do vizinho mais próximo - MNN que utiliza um raio de 5.000 metros, os resultados apontam que os fragmentos de vegetação nativa na análise temporal, em todos os anos possuíam vizinhos com as mesmas características, pois não foram obtidos valores nulos na região de estudo. Observou-se uma tendência de aumento da distância entre os fragmentos no período de estudo, que indica fragmentos menos contínuos e mais isolados na área e causa um impacto negativo na conectividade entre fragmentos (Figura 11).

Métricas de isolamento e proximidade referem-se à tendência dos fragmentos estarem isolados no espaço em relação a outros fragmentos pertencentes a mesma classe. Porém, a noção de isolamento é vaga, existem muitas medidas possíveis dependendo de como a distância é definida entre manchas da mesma classe. Se  $d_{ij}$  é a distância de menor vizinhança da mancha  $i$  à outra mancha  $j$  da mesma classe, então o isolamento médio das manchas pode ser sumarizado simplesmente como a distância de menor vizinhança média para todas os fragmentos (COUTO, 2004).



**Figura 11.** Valores do índice de proximidade (MNN) da vegetação nativa entre 1985 e 2017.

## 5.2. Dinâmica dos Corredores Ecológicos

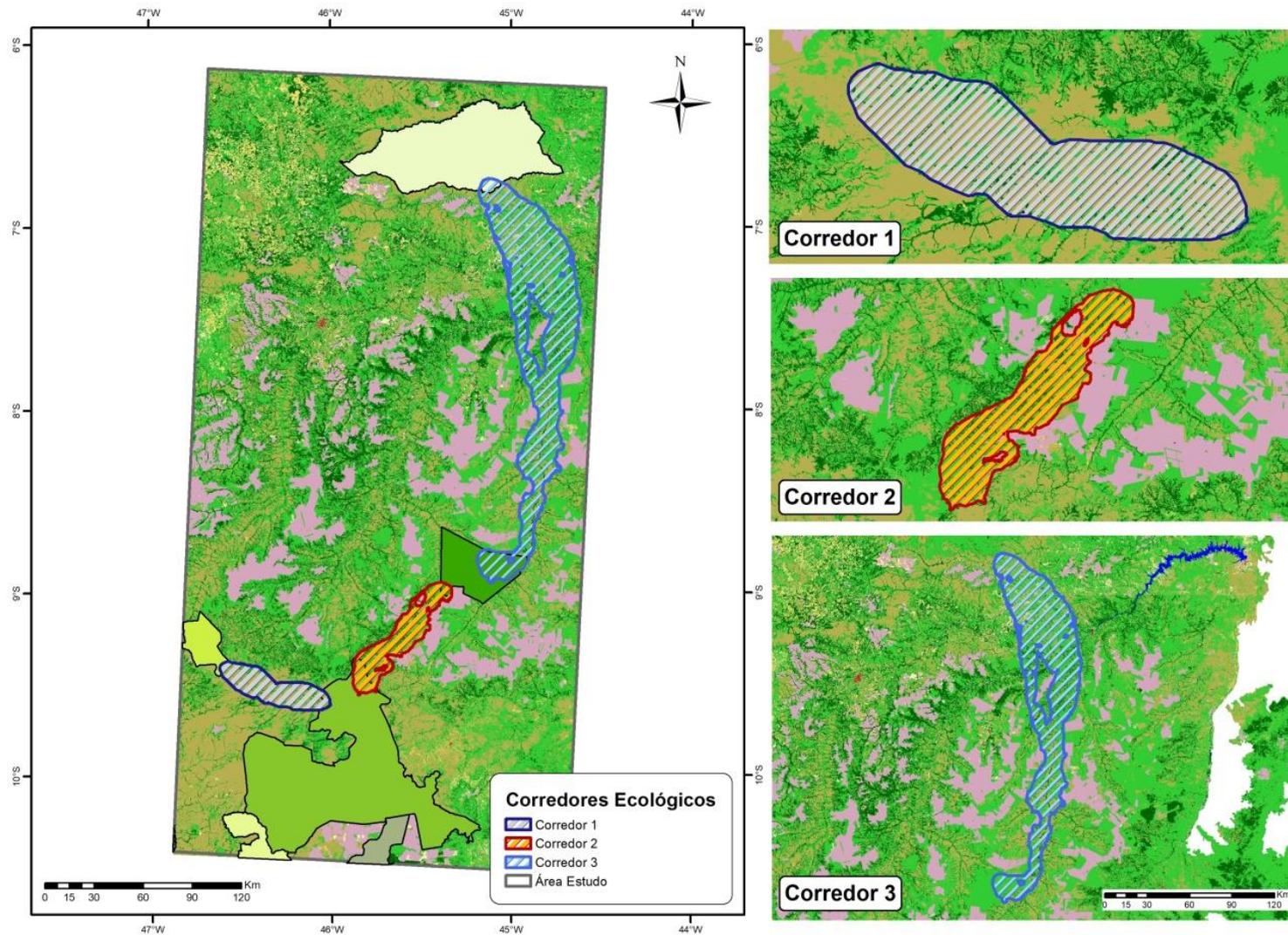
O corredor 1 foi o menos afetado pela fragmentação da paisagem quando comparado com os corredores 2 e 3 (Figura 12). Os corredores 2 e 3 foram afetados por manchas de culturas anuais/perenes e pastagens dentro do espaço delimitado para o corredor e ao seu

redor, com predominância de culturas anuais e perenes. O corredor 3 foi o mais impactado pelo aumento das áreas antropizadas. A análise temporal da fragmentação demonstrou que houve aumento das áreas agrícolas e diminuição da vegetação nativa na região do estudo a partir do ano 2000 (Figuras 2, 3, 4 e Tabela 4).

Os corredores são a melhor forma de facilitar o fluxo gênico entre populações de fragmentos isolados, porém a sua determinação por meios computacionais automáticos, como o realizado neste trabalho, é utilizada apenas para análises prévias de viabilidade. O estabelecimento de um corredor ecológico envolve diversas outras variáveis mais complexas, como a desapropriação de propriedades particulares, a promoção de mudança de comportamento dos indivíduos envolvidos, dentre outras questões socioeconômicas (ALTOÉ; OLIVEIRA; RIBEIRO, 2005). É necessário após o delineamento e implantação dos corredores ecológicos que sejam monitorados para averiguar se de fato cumprem o papel ecológico associado a eles.

No caso de paisagens fragmentadas, a análise para a implantação dos corredores deve estar pautada na percepção da complexidade das formas provenientes, principalmente, dos diferentes usos da terra, oriundos da dinâmica de ocupação, alteração e exploração humana na matriz da paisagem preexistente. Além disso, é importante conciliar o uso dos recursos naturais e os objetivos de conservação da diversidade biológica (PEREIRA & CESTARO, 2016).

Os resultados encontrados no estudo confirmam o fato da região do MATOPIBA ser considerada a última fronteira agrícola do país e que houve um aumento da área desmatada na área do estudo provenientes em sua maioria da agricultura com ênfase para a produção de grãos representadas no mapa (Figura 4) por culturas anuais e perenes, reforça ainda a necessidade do delineamento e implantação de corredores ecológicos na região como uma alternativa para reverter a fragmentação da paisagem.



**Figura 12.** Mapa da dinâmica dos corredores ecológicos e uso e cobertura do solo na área de estudo do ano de 2017.

### 5.3. Integridade dos Corredores Ecológicos

Verificou-se a integridade dos três corredores gerados para 2017. Os hexágonos com tons de azul escuro representam áreas mais integras, ou seja, áreas em que a vegetação nativa ainda não foi muito afetada por ações antrópicas, por isto são regiões menos fragmentadas. Os hexágonos de outras cores representam áreas mais fragmentadas da vegetação que já sofreram algum tipo de desmatamento, sendo que a cor marrom representa áreas com alto grau de desflorestamento (Figura 13). São áreas que requerem algum tipo de intervenção para recuperar a vegetação nativa. Quanto mais trechos críticos, menor sua potencialidade de conectividade e corredor ecológico (CERQUEIRA, 2016).

A análise da integridade da vegetação natural foi feita utilizando a sobreposição de mapas dos corredores de 2017 com o mapa de uso do solo do mesmo ano. Desta forma, foi quantificado os usos nos corredores. O corredor que se encontra mais íntegro é o 1, enquanto os corredores 2 e 3 estão menos íntegros devido à pressão das atividades humanas na região. As atividades humanas exercem impacto sobre os recursos naturais, mudam a qualidade e a integridade dos recursos da natureza, como o desmatamento de extensas áreas de vegetação florestal, como resultado reduz a riqueza de espécies existentes (BRITO, 2012).

Quando a integridade da cobertura vegetal diminui, a fauna da região sofre impacto negativo, pois afeta de forma direta a percolação dos animais, o solo exposto é erodido mais rápido que o solo que possui vegetação, a água infiltra mais facilmente com a presença de raízes no solo o que reduz a lixiviação de nutrientes. Todos estes fatos demonstram o quanto as atividades ecossistêmicas são integradas e interdependentes. Aumentar a conectividade entre os fragmentos possibilita aumento do fluxo gênico, dispersão de sementes, deslocamento da fauna, entre outros serviços ecossistêmicos que beneficiam as populações humanas e suas futuras gerações.

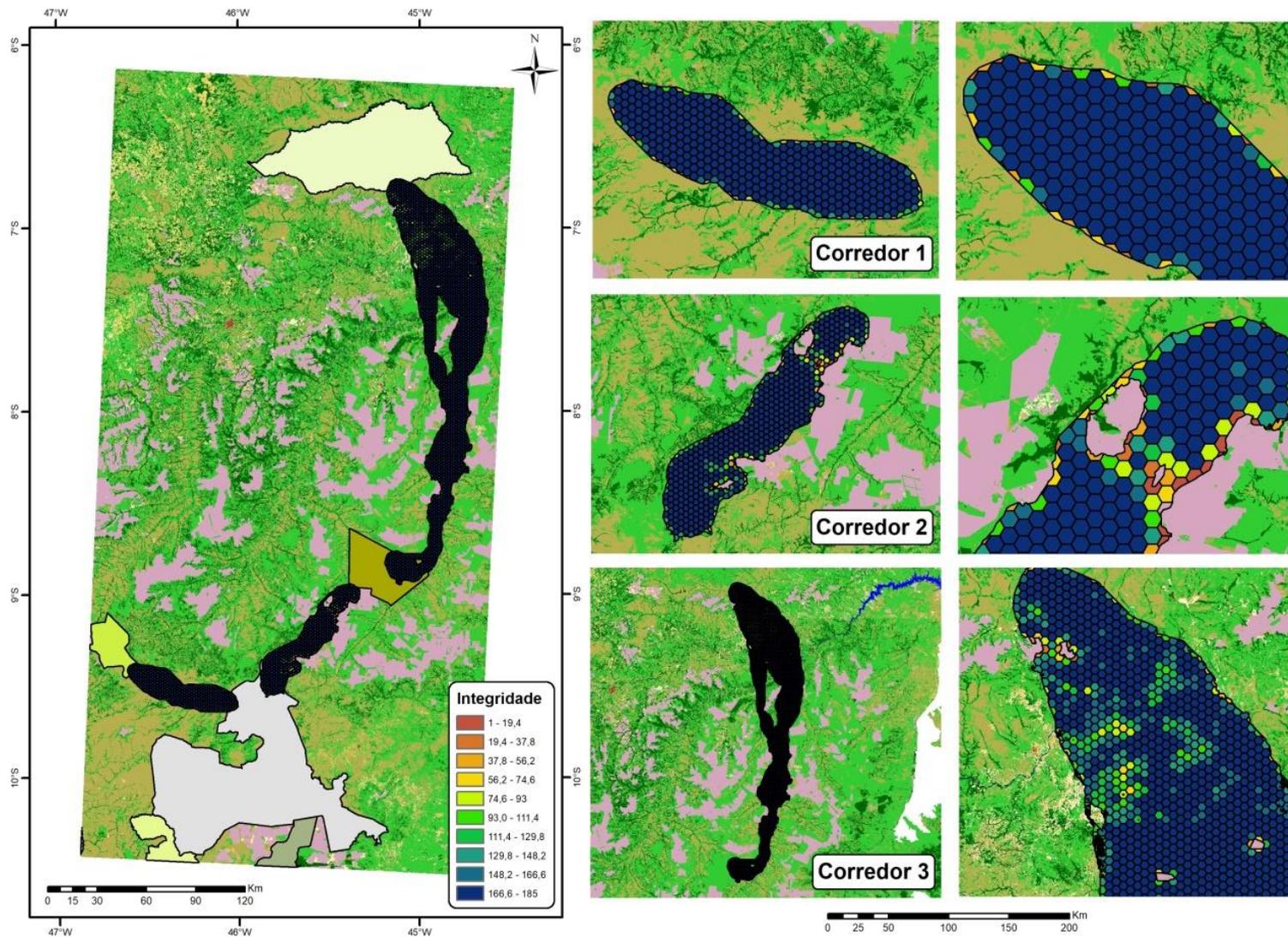
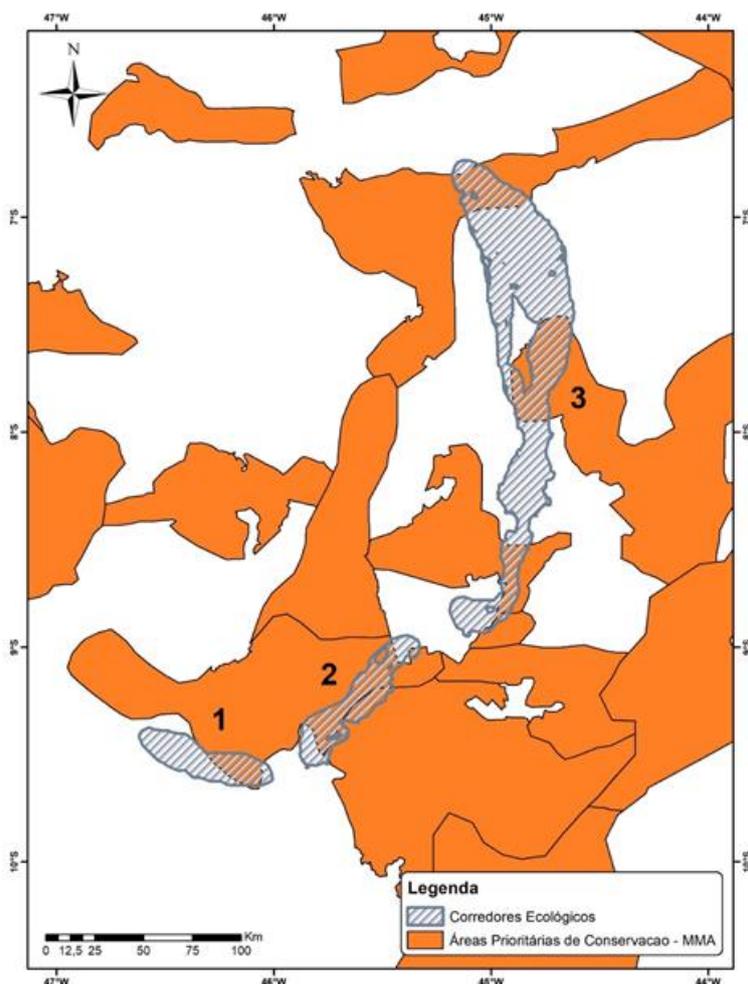


Figura 13. Mapa da integridade dos corredores ecológicos e uso e cobertura do solo na área de estudo no ano de 2017.

#### 5.4. Áreas Prioritárias de Conservação

O aumento da fragmentação da vegetação nativa ocorreu em decorrência, essencialmente, da expansão das áreas para produção de *commodities* agrícolas na área de estudo. O bioma é caracterizado predominantemente por solos profundos, relevos mais planos e boa disponibilidade de recursos hídricos subterrâneos e superficiais, o que favorece a lavoura e, conseqüente, desmatamento na região.



**Figura 14.** Áreas Prioritárias de Conservação na região de estudo.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente - MMA, as Áreas Prioritárias para a Conservação são um instrumento de política pública para apoiar a tomada de decisão, no planejamento e implementação de ações como criação de unidades de conservação, licenciamento, fiscalização e uso sustentável da terra. Foi instituída pelo Decreto nº 5092 de 21 de maio de 2004.

Os corredores ecológicos delineados neste estudo estão inseridos em áreas prioritárias de conservação, sendo que o corredor 2 está quase totalmente dentro das áreas prioritárias, o

corredor 3 interliga áreas prioritárias e o corredor 1 está parcialmente inserido nas mesmas (Figura 14). Isto implica na demanda por ações que busquem intensificar o controle do desmatamento e a recuperação de áreas para comporem os corredores ecológicos entre as Unidades de Conservação, de forma a garantir a biodiversidade e sustentabilidade dos serviços ecossistêmicos na região de estudo. Os resultados obtidos demonstram a importância das áreas dos corredores delineados no presente trabalho, principalmente em relação a áreas prioritárias de conservação estabelecidas pelo MMA.

## **6. CONCLUSÃO**

A tendência é aumentar a fragmentação da paisagem a cada ano na região. A área de estudo ocupada majoritariamente por vegetação nativa até 2000. A partir deste ano, houve o aumento substancial das áreas antrópicas. O estudo do uso e ocupação do solo evidencia a remoção da vegetação nativa para produção de grãos, especialmente as culturas anuais e perenes entre 2000 e 2017.

Do mesmo modo, as métricas da paisagem indicam um alto nível de fragmentação da vegetação natural na região de estudo na análise temporal. A expansão de terras agricultáveis a partir de 2000 contribuiu para o desmatamento e consequente fragmentação, resultando no aumento de fragmentos, a redução do tamanho dos fragmentos com vegetação nativa e o aumento da distância e conectividade entre os fragmentos. De modo geral, as manchas apresentam forma circular e regular, assim são menos afetadas pelo efeito de borda que é um fator negativo para a vegetação.

Conclui-se também que o número de fragmentos pequenos foi superior aos demais em todo o período estudado. A Teoria da Biogeografia de ilhas aponta que fragmentos maiores são mais benéficos para a conservação de espécies por possuir mais biodiversidade. Desta forma, uma alternativa seria conservar os fragmentos pequenos e uni-los para formar fragmentos maiores e assim manter processos ecológicos e serviços ecossistêmicos.

Por fim, o delineamento dos corredores ecológicos mostrou-se eficiente para manter a conectividade das Unidades de Conservação do estudo, foram gerados três corredores ecológicos. O corredor 1 foi considerado o mais íntegro e menos afetado pelas atividades antrópicas em relação aos demais, embora todos os corredores estejam localizados em áreas prioritárias de conservação do MMA. De maneira geral, os corredores ecológicos interligam áreas prioritárias de conservação e são uma alternativa eficaz para manter a biodiversidade, fluxo gênico, dispersão de sementes e polinização.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTOÉ, R. T.; OLIVEIRA, J. C. DE; RIBEIRO, C. A. Á. S. **Sistema de informações geográficas na definição de corredores ecológicos para o município de Conceição da Barra - ES.** (INPE, Ed.) XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais...**Goiânia: 2005

ALVES, H.P.F. **Análise dos fatores associados às mudanças na cobertura da terra no Vale do Ribeira através da integração de dados censitários e de sensoriamento remoto.** 2004. 293 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Sociologia do Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

BATISTA, M. T. F. **MODELAÇÃO GEOGRÁFICA EM PROCESSOS DE CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA PAISAGEM NUMA PERSPETIVA TRANSFRONTEIRIÇA.** **Tese de Doutorado. IFA, Universidade de Évora., 2014.**

BOLFE, É. L. et al. Matopiba em crescimento agrícola Aspectos territoriais e socioeconômicos. **Revista de Política Agrícola**, v. 25 n. 4, p. 38–62, 2016.

BUGONI, A. A importância dos fragmentos florestais na conservação da biodiversidade: O caso dos Besouros Escarabeíneos em um fragmento de Mata Atlântica próximo de áreas agrícolas. p. 31, 2012.

BRITO, F. **Corredores ecológicos: uma estratégia integradora na gestão de ecossistemas.** Editora da UFSC, 2012.

CERQUEIRA, M. C. DE. **ESTUDO DO USO DA TERRA E FRAGMENTAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATURAL NA RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NASCENTES GERAIZEIRAS NO NORTE DE MINAS GERAIS, BRASIL.** **Departamento De Engenharia Florestal**, p. 88, 2016.

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

DELAMÔNICA, P.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G. **Florestas do Rio Negro - A Fragmentação da Paisagem**. São Paulo: Companhia das Letras - UNIP, 2001.

FRANCIANE, L. et al. Proposta de corredores ecológicos para interligação de parques estaduais utilizando geotecnologia, Espírito Santo (ES)-Brasil. **Revista Geografica Venezuelana**, v. 53, n. 2, p. 239–254, 2012.

GASCON, C.; LAURENCE, W. F. & LOVEJOY, T.E. 2001. Fragmentação florestal e biodiversidade na Amazônia Central. In: **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**. Garay, I & Dias, B. (eds.), Editora Vozes, p: 174-18.

HADDAD , N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., ... & Cook, W. M. **Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems**. Sci. Adv. v.1, n.2, p.1-9, 20.

HILTY, J, A.; LIDICKER, W. Z.; MERENLENDER, A. M. Corridor Ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation. Island Press, 2006. 325 p.

**IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produto Interno Bruto dos municípios. Rio de Janeiro. Disponível em:<<https://ibge.gov.br/>>. Acesso em: 15 maio. 2019.

**ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade**. Disponível em:<<http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado/unidades-de-conservacao-cerrado/2066-esec-de-urucui-una>>. Acesso em: 04 junho. 2019.

IRGANG, G. V.; MICOL, L.; SANTOS, R. R. DOS. ANÁLISE DA FRAGMENTAÇÃO DA PAISAGEM E MAPEAMENTO DO VALOR PARA A CONSERVAÇÃO Exemplo de Aplicação na Amazônia Mato-Grossense. **Instituto Centro de Vida**, 2007.

JUVANHOL, R. S. et al. Análise Espacial de Fragmentos Florestais : Caso dos Parques Estaduais de Forno Grande e Pedra Azul , Estado do Espírito Santo Spatial Analysis of Forest

Fragments : Case of the State Parks of Forno Grande and Pedra Azul , State of Espírito Santo. v. 18, n. 4, p. 253–264, 2011.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, p. 147–155, 2005.

MCCONNELL, W. & MORAN, E. Meeting in the middle: the challenge of mesolevel integration. Lucc Report Series, n. 4. 2000.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. Portland: Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995. v. 351

MINGOTI, R. et al. **Matopiba: caracterização das áreas com grande produção de culturas anuais**. [s.l: s.n.].

**MMA - Ministério do Meio Ambiente**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/instrumentos-de-gestao/corredores-ecologicos>>. Acesso em: 16 maio. 2019.

MUCHAILH, M. C. et al. METODOLOGIA DE PLANEJAMENTO DE PAISAGENS FRAGMENTADAS VISANDO A FORMAÇÃO DE CORREDORES ECOLÓGICOS. v. 40, n. 1, p. 147–162, 2010.

MURCIA, C. 1995. **Edge effects in fragmented forests: implications for conservation**. Trends in Ecology and Evolution 10: 58-62.

ODEODATO, S. Economia verde & Desenvolvimento: A arte de redesenhar a paisagem perdida. v. 101, p. 22, 2016.

PEREIRA, C. N.; PORCIONATO, G. L.; CASTRO, C. N. DE. Aspectos Socioeconômicos Da Região Do Matopiba. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental (IPEA)**, 2018.

PEREIRA, J. L. G. et al. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da

Amazônia. **Geografia**, v. 26, n. February 2015, p. 59–90, 2001.

PEREIRA, V. H. C.; CESTARO, L. A. Corredores ecológicos no Brasil: avaliação sobre os principais critérios utilizados para definição de áreas potenciais. **Caminhos de Geografia**, v. 17, n. 58, p. 16-33, 2016.

PÉRICO, E. et al. **Efeitos da fragmentação de habitats sobre comunidades animais: utilização de sistemas de informação geográfica e de métricas de paisagem para seleção de áreas adequadas a testes**. In XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto. **Anais...2005**

PITTA, F. T.; MENDONÇA, M. L. Especulação com terras agrícolas na região do Matopiba. **DIREITOS HUMANOS NO BRASIL 2017 Relatório da Rede Social de Justiça e Direitos Humanos**, p. 53, 2017.

PIROVANI, D. B., GOMES DA SILVA, A., & ROSA DOS SANTOS, A. Análise da paisagem e mudanças no uso da terra no entorno da RPPN Cafundó, ES. **Cerne**, v. 21, n. 1, 2015.

**PROJETO MAPBIOMAS – Coleção v.3.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <<http://mapbiomas.org/>>Acessado em: 01 de dezembro de 2018

REMPEL, R. S.; CARR, A; ELKIE, P. Patch Analyst for ArcGIS. **Centre for Northern Forest Ecosystem Research, Ontario Ministry of Natural Resources. Lakehead University**, 2008.

SÁ;, H. A. et al. **Que desenvolvimento é esse? Análise da expansão do agronegócio da soja na área do MATOPIBA a partir de uma perspectiva furtadiana**. **Hellen**. Anais do XXI Congresso Brasileiro de Economia., 2015.

SCHLINDWEIN, J. R. et al. **Mapeamento do uso e cobertura do solo do município de Caxias do Sul (RS) através de imagens do satélite CBERS**. XIII Simpósio Brasileiro de

Sensorem Remoto. **Anais...**Florianópolis: 2007.

SEOANE, C. E. S., DIAZ, V. S., SANTOS, T. L., & FROUFE, L. C. M. Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 207, 2010.

SILVA, R. N. O. DA; MENEGHELLO, G. E. O CULTIVO DA SOJA NA REGIÃO MATOPIBA: GRANDEZA, DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A PRODUÇÃO. **Revista SEEDnews**, p. v. 20, n. 4, 2016.

SOULÉ, M. E.; GILPIN, M. E. The theory of wildlife corridor capability. In: SAUNDERS, D. A.; HOBBS, R. J. (Eds.). **Nature Conservation 2: the role of corridors**. Chipping Norton: Surrey Beatty & Sons, 1991. p. 3-8.

**TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>. Acesso em: 18 maio. 2019.

**Unidades de Conservação do Brasil**. Disponível em: <<https://uc.socioambiental.org/arp/2958>>. Acesso em: 30 abril. 2019.

VALENTE, R. O. A. & VETTORAZZI, C. A. 2002. **Análise da estrutura da paisagem na Bacia do Rio Corumbataí**, SP. *Scientia Florestalis* 62: 114-129.

VIANA, V. M.; TABANEZ, A. J. A.; MARTINEZ, J. L.A. Restauração e Manejo de Fragmentos Florestais. **Revista do Instituto Florestal de São Paulo**, São Paulo, v. 4, p- 86-94, 1992.

VOLOTÃO, C. F. S. TRABALHO DE ANÁLISE ESPACIAL MÉTRICAS DO FRAGSTATS. **INPE**, p. 48, 1998.

**Wikiparques**. Disponível em: <<https://www.wikiparques.org/wiki/Esta%27%20Ecol%C3%B3gica%20de%20Uru%C3%A7u%C3%AD-Una>>. Acesso em: 04 julho. 2019.

