



Universidade de Brasília – UNB
Instituto de Ciências Humanas - IH
Departamento de Geografia – GEA
Programa de Pós-Graduação em Geografia

**CORREDORES ECOLÓGICOS E A CONSERVAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS
NO BIOMA AMAZÔNICO DO MARANHÃO: uma proposta para o Bico do Papagaio**

Elza Ribeiro dos Santos Neta

Tese de Doutorado

Brasília-DF: Maio / 2025



Universidade de Brasília – UNB
Instituto de Ciências Humanas - IH
Departamento de Geografia – GEA
Programa de Pós-Graduação em Geografia

**CORREDORES ECOLÓGICOS E A CONSERVAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS
NO BIOMA AMAZÔNICO DO MARANHÃO: uma proposta para o Bico do Papagaio**

Elza Ribeiro dos Santos Neta

Orientadora: Dra. Ruth Elias de Paula Laranja
Co-orientador: Dr. Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias

Brasília-DF: Maio / 2025



CORREDORES ECOLÓGICOS E A CONSERVAÇÃO DE ÁREAS PRIORITÁRIAS NO BIOMA AMAZÔNICO DO MARANHÃO: uma proposta para o Bico do Papagaio

Elza Ribeiro dos Santos Neta

Tese de Doutorado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutora em Geografia, Área de Concentração: Gestão Ambiental e Territorial.

Aprovado por:

Prof^a. Dra. Ruth Elias de Paula Laranja – UNB (Orientadora)

Prof^o. Dra. Potira Meirelles Hermuche – UNB (Examinadora interna)

Prof^o. Dr. Luis Carlos Araujo dos Santos – UEMA (Examinador externo)

Prof^o. Dra. Liriane Gonçalves Barbosa – UEMASUL (Examinadora externa)

Prof^o. Dra. Ercilia Torres Steinke – UNB (Examinadora interna - Suplente)

Brasília – DF, 12 de Maio de 2025



Universidade de Brasília – UNB
Instituto de Ciências Humanas - IH
Departamento de Geografia – GEA
Programa de Pós-Graduação em Geografia

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos pelo (a) autor (a)

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

Elza Ribeiro dos Santos Neta

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus toda honra e glória, sem a força vinda Dele nada conseguiria.

A minha orientadora professora Dra. Ruth Elias de Paula Laranja que tive o privilégio de conhecer nessa trajetória, uma pessoa inteligente, amiga, compreensiva, te admiro e tenho orgulho de ser sua orientanda, nunca vi você colocar empecilho em nada pra me ajudar.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Luiz Jorge da Silva Dias, como te admiro meu amigo, um exemplo de ser humano e profissional, em todas as minhas conquistas acadêmicas, desde a graduação até aqui, tenho orgulho de dizer que você faz parte, que tenhamos muitas outras conquistas profissionais para alcançar.

Ao meu esposo Selenivaldo Duarte, companheiro, amigo e fiel escudeiro, que tanto me ajudou neste sonho.

Às minhas filhas, Delaia Ribeiro Duarte e Lídia Ribeiro Duarte, vocês foram o motivo da renovação das minhas forças, sempre que desanimava na jornada.

Aos familiares que moram em Brasília e que me acolheram quando ia para as aulas do doutorado, minha prima, que o Senhor retribua sem medidas toda sua bondade, conte sempre comigo.

Obrigada Irani e Nicolle, que me acolheram bem, ao tio Lucas e tia Raimunda, desejo vida longa e próspera aos nonagenários mais bem cuidados que conheço. Agradeço também ao Renato, pela recepção e generosidade, sempre disposto a ajudar, obrigada família querida.

Aos meus tios Marcia Ramos e Raimundo Ribeiro pelo apoio quando precisava me deslocar, ajudando no cuidado comigo e minhas filhas, obrigada!

Aos amigos do curso de Geografia Licenciatura da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, alguns antigos, outros mais recentes, mas sempre a mesma empolgação pra eu ser doutora, obrigada pela parceria profissional.

Ao Nicollas Silva Mendes, Ana Katarina Diniz Santos e Gabriel Costa da Costa pelas contribuições na elaboração desta pesquisa, vocês são excelentes.

Aos alunos do curso de Geografia Licenciatura da UEMASUL e do Programa de Formação de Professores Caminhos do Sertão, obrigada pelo apoio e torcida.

E por fim, obrigada a todos que contribuíram de alguma forma para esta conquista.

RESUMO

O crescimento demográfico e o avanço de atividades agrícolas (pecuária, agronegócio, silvicultura, dentre outras), são fatores que potencializam a fragmentação de florestas e habitats naturais. A Região do Bico do Papagaio faz parte da região biogeográfica denominada de Centro de Endemismo Belém na Amazônia Oriental no Estado do Maranhão corresponde a uma área total de 4.652,89 km². A presente tese tem por objetivo analisar a fragmentação florestal no bioma amazônico do Maranhão, colaborando com o manejo de paisagem através da proposição de criação de corredores ecológicos na área prioritária da Região do Bico do Papagaio. Através de revisão bibliográfica especializada, compilação de bases de dados e aplicação de técnicas de geoprocessamento, foi possível elaborar um banco de dados capaz de agregar dados de padrões de uso e cobertura da terra; de diversidade biogeográfica e riqueza de espécies do filo *Chordata* (reino *Animalia*) através dos repositórios GBIF e Salve (ICMBIO); e, identificação de fragmentos de cobertura vegetal entre os anos de 1985, 2005 e 2023 com uso de métricas de paisagem para viabilidade de corredores ecológicos. Como resultados, observou-se que a unidade geoecológica natural corresponde a 1.427,45 km² e a antropogênica a 3.225,44 km². Sobre a diversidade e riqueza de espécies do filo *Chordata* foram identificadas 512 espécies, destaca-se que a quantidade total de espécies deste filo corresponde a 37,98% de toda a biodiversidade presente na Amazônia Maranhense (1.348), demonstrando o potencial de biodiversidade regional na área pesquisada. O processo de alterações na cobertura nativa das terras foi advindo das pressões humanas pelo uso, responsáveis pela perda de 66,96% do total de florestas em apenas 38 anos. Foram identificadas duas áreas críticas para conservação, levando em consideração o déficit de conectividade e a autocorrelação entre a localização das espécies do filo *Chordata* e as distâncias dos fragmentos. O uso de métricas de paisagem para a proposição de corredores ecológicos apresenta-se como uma possibilidade a depender das questões geopolíticas e econômicas para a configuração de cenas desta área prioritária para conservação que não é mais natural.

Palavras-chave: Conservação. Fragmentos florestais. Manejo de paisagem.

ABSTRACT

Population growth and the advancement of agricultural activities (livestock, agribusiness, forestry, among others) are factors that increase the fragmentation of forests and natural habitats. The Bico do Papagaio Region is part of the biogeographic region called the Belém Center of Endemism in the Eastern Amazon in the State of Maranhão, corresponding to a total area of 4,652.89 km². This thesis aims to analyze forest fragmentation in the Amazon biome of Maranhão, collaborating with landscape management through the proposal of creating ecological corridors in the priority area of the Bico do Papagaio Region. Through specialized bibliographic review, compilation of databases and application of geoprocessing techniques, it was possible to develop a database capable of aggregating data on land use and land cover patterns; biogeographic diversity and species richness of the phylum Chordata (kingdom Animalia) through the GBIF and Salve (ICMBIO) repositories; and identification of fragments of vegetation cover between the years 1985, 2005 and 2023 using landscape metrics for the viability of ecological corridors. As a result, it was observed that the natural geoecological unit corresponds to 1.427.45 km² and the anthropogenic unit to 3.225.44 km². Regarding the diversity and richness of species of the Chordata phylum, 512 species were identified, it is noteworthy that the total number of species of this phylum corresponds to 37.98% of all biodiversity present in the Maranhão Amazon (1.348), demonstrating the potential for regional biodiversity in the researched area. The process of changes in the native land cover came from human pressures for use, responsible for the loss of 66.96% of the total forests in just 38 years. Two critical areas for conservation were identified, taking into account the connectivity deficit and the autocorrelation between the location of the species of the Chordata phylum and the distances of the fragments. The use of landscape metrics to propose ecological corridors is presented as a possibility depending on geopolitical and economic issues for the configuration of scenes in this priority area for conservation that is no longer natural.

Keywords: Conservation. Forest fragments. Landscape management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização da Região do Bico do Papagaio, Maranhão.....	15
Figura 2 - Fluxograma da tese	20
Figura 3 - Principais articulações epistemológicas, metodológicas e procedimentais adotadas na Pesquisa	29
Figura 4 - Ocupações ribeirinhas em área de preservação permanente (APP) do Rio Tocantins, onde hoje está assentado o bairro Beira-Rio, Centro de Imperatriz (MA), porção Sul da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão	33
Figura 5 - Situação do Centro de Imperatriz (MA), início da década de 1970, e sua proximidade com o Rio Tocantins.....	33
Figura 6 - Mosaicos de usos em planícies de inundação do Rio Tocantins, entre os municípios de Imperatriz e Cidelândia, palco de instabilidades geoecológicas e de perda substantiva de potenciais paisagísticos naturais	38
Figura 7 - Canal de drenagem de ordem 1 em franco processo de assoreamento devido às pressões antropogênicas de supressão de cobertura vegetal de áreas de cabeceiras de drenagem e de retirada de vegetação ciliar no município de Vila Nova dos Martírios (MA). 38	
Figura 8 - Situação atual das Unidades Geoecológicas da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil	40
Figura 9 - Áreas de antigas pastagens transformadas em espaços de plantio de grãos na zona rural de São Pedro da Água Branca, extremo Oeste da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão	41
Figura 10 - Articulações epistemológicas, metodológicas e procedimentais adotadas na Pesquisa	49
Figura 11 - Mapa de Densidade do filo <i>Chordata</i> na Região do Bico do Papagaio, Maranhão	56
Figura 12 - Mapa de Riqueza por município do filo <i>Chordata</i> na Região do Bico do Papagaio, Maranhão	57
Figura 13 - Distribuição dos Fragmentos Florestais no Bico do Papagaio/MA	80
Figura 14 - Distância Euclidiana (Métrica de Conectividade) Entre as Formações Florestais	80
Figura 15 - Distribuição Espacial da Maior Mancha de Formação Florestal	82
Figura 16 - Distribuição dos Fragmentos Florestais no Bico do Papagaio/MA	84

Figura 17 - Correlação espacial entre Distância Euclidiana entre Fragmentos e Distribuição de Ocorrências da classe Aves	86
Figura 18 - Correlação espacial entre Distância Euclidiana entre Fragmentos e Distribuição de Ocorrências da classe Mamíferos	88
Figura 19 - Correlação espacial entre Distância Euclidiana entre Fragmentos e Distribuição de Ocorrências de Herpetofauna.....	90
Figura 20 - Correlação espacial entre Distância Euclidiana entre Fragmentos e Distribuição de Ocorrências da classe Peixes	91

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Riqueza Observada e Riqueza Estimada por Área para <i>Mammalia</i>	58
Gráfico 2 – Riqueza Observada e Riqueza Estimada por Área para <i>Reptilia</i>	59
Gráfico 3 – Riqueza Observada e Riqueza Estimada por Área para <i>Amphibia</i>	60
Gráfico 4 – Riqueza Observada e Riqueza Estimada por Área para <i>Aves</i>	61
Gráfico 5 – Riqueza Observada e Riqueza Estimada por Área para <i>Pisces</i>	61
Gráfico 6 - Total e Área (em km ²) das formações florestais no Bico do Papagaio/MA	77

LISTA DE ABREVIATURAS

APP	Área de proteção permanente
CEB	Centro de Endemismo Belém
CIB	Conservation International Do Brasil
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Biodiversidade
IMESC	Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
GBIF	Sistema Global de Informação sobre Biodiversidade
GEE	Google Earth Engine
GVF	Goodness of Variance Fit
KDE	estimativa de densidade de Kernel
LISA	Local Indicators of Spatial Association
ONU	Organização das Nações Unidas
PAE	Parcimônia de Áreas de Endemismo
PAST	Paleontological Statistics
SDAM	Somatório do desvio quadrático em relação à média amostral
SDCM	Somatório do desvio quadrático dentro de cada classe
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIRGAS	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TSG	Teoria Geral dos Sistemas
ZEE-MA	Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 PAISAGEM E A GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS.....	21
1.1 A fragmentação da paisagem e os corredores ecológicos	22
ARTIGO 1: TRAJETÓRIAS GEOECOLÓGICAS DAS PAISAGENS NA REGIÃO DO BICO DO PAPAGAIO NO ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL.....	26
1 INTRODUÇÃO.....	27
2 METODOLOGIA.....	28
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
3.1 História Ambiental da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão	30
3.2 Principais Mudanças Antropogênicas no Espaço Total da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão: consequências geoecológicas da falta de planejamento e ordenamento urbano	35
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	42
REFERÊNCIAS.....	42
ARTIGO 2: DIVERSIDADE BIOGEOGRÁFICA DO FILO <i>CHORDATA</i> (REINO <i>ANIMALIA</i>) NA REGIÃO DO BICO DO PAPAGAIO, MARANHÃO, BRASIL.....	45
INTRODUÇÃO.....	46
2 METODOLOGIA.....	48
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
3.1 A taxonomia e a classificação biológica dos seres vivos.....	51
3.2 A biogeografia e o estudo da distribuição de espécies	52
3.3 Potencialidades biogeográficas na Amazônia.....	53
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
ARTIGO 3: A ADOÇÃO DE MÉTRICAS DE PAISAGEM COMO ESTRATÉGIA PARA A COMPREENSÃO DA VIABILIDADE DE CORREDORES ECOLÓGICOS NA REGIÃO DO BICO DO PAPAGAIO, MARANHÃO, BRASIL	68
INTRODUÇÃO.....	69
2 METODOLOGIA.....	70
3 A BIOGEOGRAFIA A PARTIR DA ANÁLISE DA FAUNA	73
3.1 A contribuição biogeográfica de corredores ecológicos.....	75

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	76
4.1 Análise dos fragmentos de coberturas naturais da Região do Bico do Papagaio/MA..	76
4.2 Análise da distribuição de ocorrências e padrões de autocorrelação com a distância euclidiana entre os fragmentos florestais	85
5 CONCLUSÃO	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	93
CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

INTRODUÇÃO

A Amazônia é a região que congrega a floresta tropical com maior biodiversidade do planeta, entretanto vem sendo ameaçada desde a década de 50 com enorme crescimento urbano, expansão de atividades agrícolas e ausência de estratégias de conservação, onde somente cerca de 7,2% dessa vegetação é protegida (Fagan, 2005). A Amazônia brasileira abrange em torno de 40% da floresta tropical remanescente no mundo e tem a taxa absoluta de desmatamento mais alta: em média, cerca de 1,8 milhão de hectares por ano desde 1988 (INPE, 2004), levando a fragmentação de habitat e perda de biodiversidade.

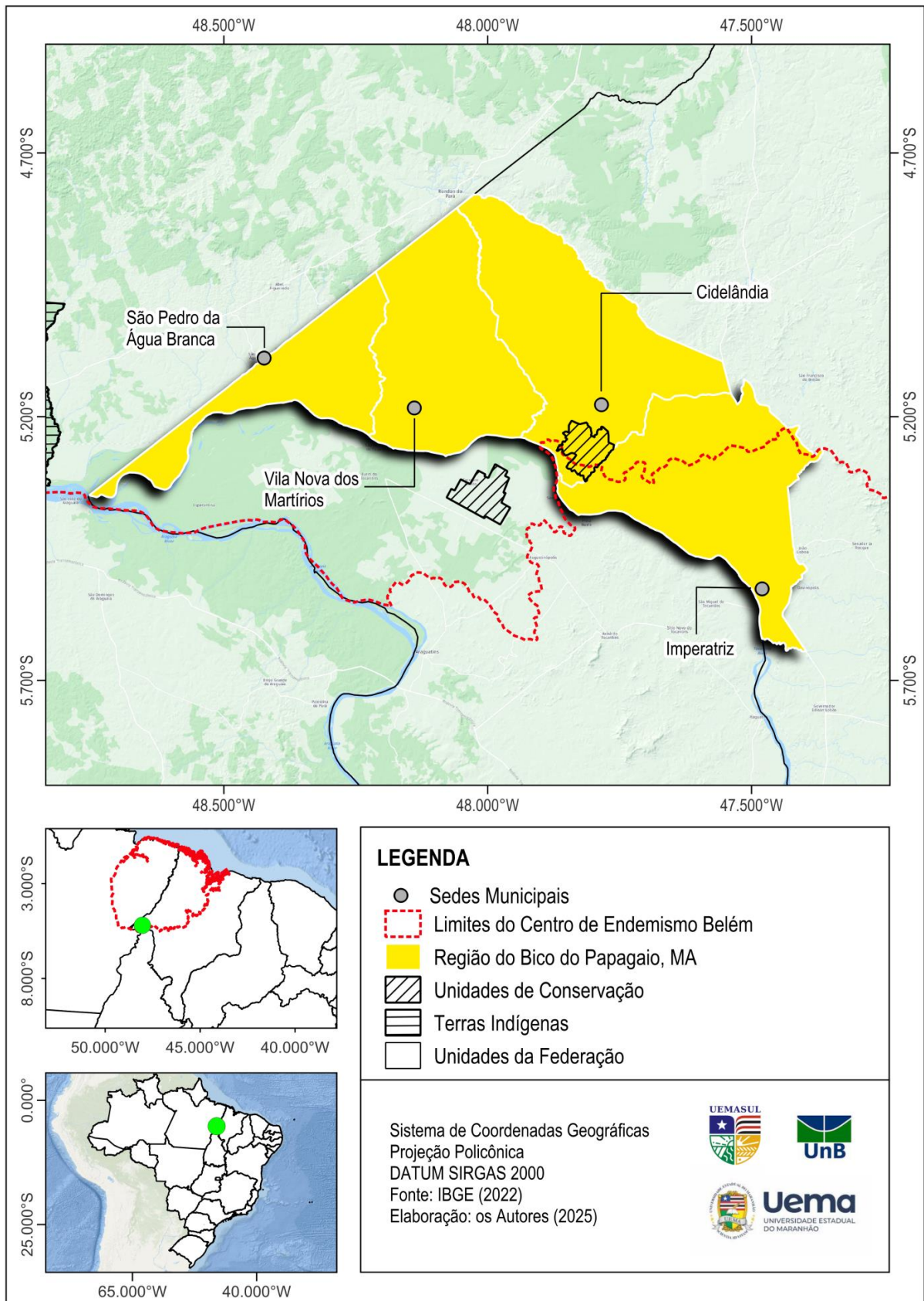
O Bioma Amazônico maranhense, não muito diferente do restante dessa grande região biogeográfica, sofreu nas últimas décadas relevante influência antrópica, ocasionando alteração da paisagem natural e ecossistemas nativos. Essa realidade se consolidou apresentando desequilíbrio entre os usos e explorações em detrimento do que é permissível, onde muitas vezes não foi levada em consideração as características ambientais e manutenção da expressiva biodiversidade deste bioma.

Reflexo disso é a construção de ambientes fragilizados, sem prospecção de conservação e com alteração total da paisagem. Este cenário influencia nos aspectos econômicos e sociais dos municípios que tem este bioma, com concentração de renda e serviços em alguns espaços em detrimento de escassez em outros (Metzger, 2001).

Esta realidade levou a mudanças no planejamento estratégico do território que envolve o bioma amazônico maranhense, com a proposição da elaboração do Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), que permitisse a gestão pública partir do viés de desenvolvimento econômico associado à conservação ambiental, traçando estratégias de aproveitamento dos bens e recursos naturais e determinação das áreas sujeitas a usos, com suas indicações e metas.

Este documento que foi concluído em 2020 apontou quatro áreas consideradas prioritárias para restauração de paisagens em função da fragmentação: Baixada Maranhense, Mosaico Gurupi, Mosaico Araribóia e Bico do Papagaio, este último considera dentre outros municípios: Imperatriz, Cidelândia, Vila Nova dos Martírios e São Pedro da Água Branca, todos eles no Sudoeste Maranhense, figura 1 (IMESC, 2019).

Figura 1: Mapa de localização da Região do Bico do Papagaio, Maranhão.



Fonte: IBGE, 2015. Org. Santos, 2025.

Segundo o ZEE-MA essas são as áreas mais fragmentadas de toda a Amazônia Oriental, sendo considerada estratégica porque não tem nenhuma unidade de conservação expressiva em seu território, porém apresenta relevante presença de fauna silvestre como grandes mamíferos, abelhas e várias espécies de aves, além de ser área de transição dos biomas Amazônia e dos Cerrados (IMESC, 2019).

A Amazônia Oriental aqui citada se refere ao Centro de Endemismo Belém (CEB), e faz parte de uma das oito regiões biogeográficas em que se divide a Amazônia Internacional (Silva *et al.*, 2005). Os autores Almeida *et al.*, (2014) destacam que esta é uma área altamente antropizada, com impactos diretos na perda de cobertura vegetal nativa e expansão de atividades econômicas invasivas e predatórias.

A perda de biodiversidade de fauna e flora em áreas de limites regionais como a Região do Bico do Papagaio (Estado do Maranhão) ocasiona uma redistribuição de espécies, ainda mais que os fragmentos de vegetação isola esses remanescentes. Os efeitos contribui para a diminuição na distribuição zoogeográfica e fitogeográfica, com áreas cada vez mais suprimidas pelas pressões econômicas, culturais e sociais.

Assim, nesse período em que o crescimento das cidades e a supressão de espaços naturais ocorrem de forma acelerada, pensar em conservação a nível regional surge como uma possibilidade em meio às discussões sobre manejo de paisagem, em virtude disso é cada vez mais imperioso o desenvolvimento de propostas de pesquisas que visem o gerenciamento e integração do espaço natural e social sob a ótica da dinâmica das paisagens com base geoecológica.

A Região do Bico do Papagaio já passou por inúmeros ciclos econômicos, sendo eles: ciclo do gado, ciclo da borracha, ciclo da castanha, ciclo do arroz e o ciclo da madeira, isso entre as décadas de 1940 a 1980 (Santos Neta *et al.*, 2024). Há destaque ainda para o Ciclo da Silvicultura, que vem se estendendo nesta área com ênfase maior a partir do início do século XXI (Dias *et al.*, 2023).

Atualmente, está-se no Ciclo da Biodiversidade, onde o contexto espacial do ecossistema da Amazônia Oriental pode ser considerado como espaço para a “descoberta” de produtos que atendam às preferências ou necessidades do mercado (Dias, 2023). Assim, a floresta vem suprimindo as necessidades dos seres humanos, e adquirindo características cada vez mais antrópicas.

Desta forma, estudos pautados na Geoecologia das Paisagens e na Biogeografia norteiam o entendimento sobre os conflitos ambientais e sociais resultantes da ocupação e

apropriação indevida da Região do Bico do Papagaio (Santos Neta *et al.*, 2024). É nesse contexto que esta pesquisa se insere, ao apresentar o cenário evolutivo de uso e ocupação do solo nesta região, a indicação como área prioritária para conservação, e o auxílio de geotecnologias que colaborem com o levantamento de dados e informações que possam subsidiar políticas públicas para o manejo de paisagem que vise a conservação.

É relevante ressaltar, que esta região em específico, não tem nenhum estudo aprofundado com proposições para manejo de paisagem e conservação, tendo em vista que a menção desta área é feita apenas após levantamento dos dados do ZEE sobre o bioma amazônico maranhense em 2019, sendo precários os estudos analíticos que verse sobre as diversas composições da paisagem.

Desta forma, levantou-se a hipótese de que o processo histórico de perda substancial de áreas de florestas nativas contínuas, acelerada pelos diversos usos e ocupação do solo tem levado a fragmentação de vegetação em tal nível, que em curto espaço de tempo seja impossível a conectividade entre elas, sendo urgente estudos de proposição de corredores ecológicos a fim de conservar espécies consideradas bioindicadores de biodiversidade na Região do Bico do Papagaio.

Esta pesquisa teve por objetivo geral analisar a fragmentação florestal no bioma amazônico do Maranhão, colaborando com o manejo de paisagem através da proposição de criação de corredores ecológicos na área prioritária da Região do Bico do Papagaio. Como objetivos específicos, são elencados os seguintes:

- a) avaliar as mudanças da paisagem no Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, com a tradução cartográfica de suas dinâmicas;
- b) analisar os dados disponíveis sobre biodiversidade animal para o filo *Chordata* e suas inter-relações com os padrões de uso e cobertura na Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão;
- c) apontar cenários de conectividade entre os fragmentos florestais remanescentes com vistas ao manejo de paisagem através de aplicação de métricas de Geoecologia das Paisagens com indicação de corredores ecológicos regionais, no contexto da área prioritária da Região do Bico do Papagaio, no Bioma Amazônico no Maranhão.

Para atingir esses objetivos, esta tese apresenta pesquisas desenvolvidas em formato de artigos, neste caso, sendo três (Figura 2), compostos por introdução e exposição dos materiais

e métodos e de suas descrições procedimentais, restante da composição se apresenta da seguinte forma:

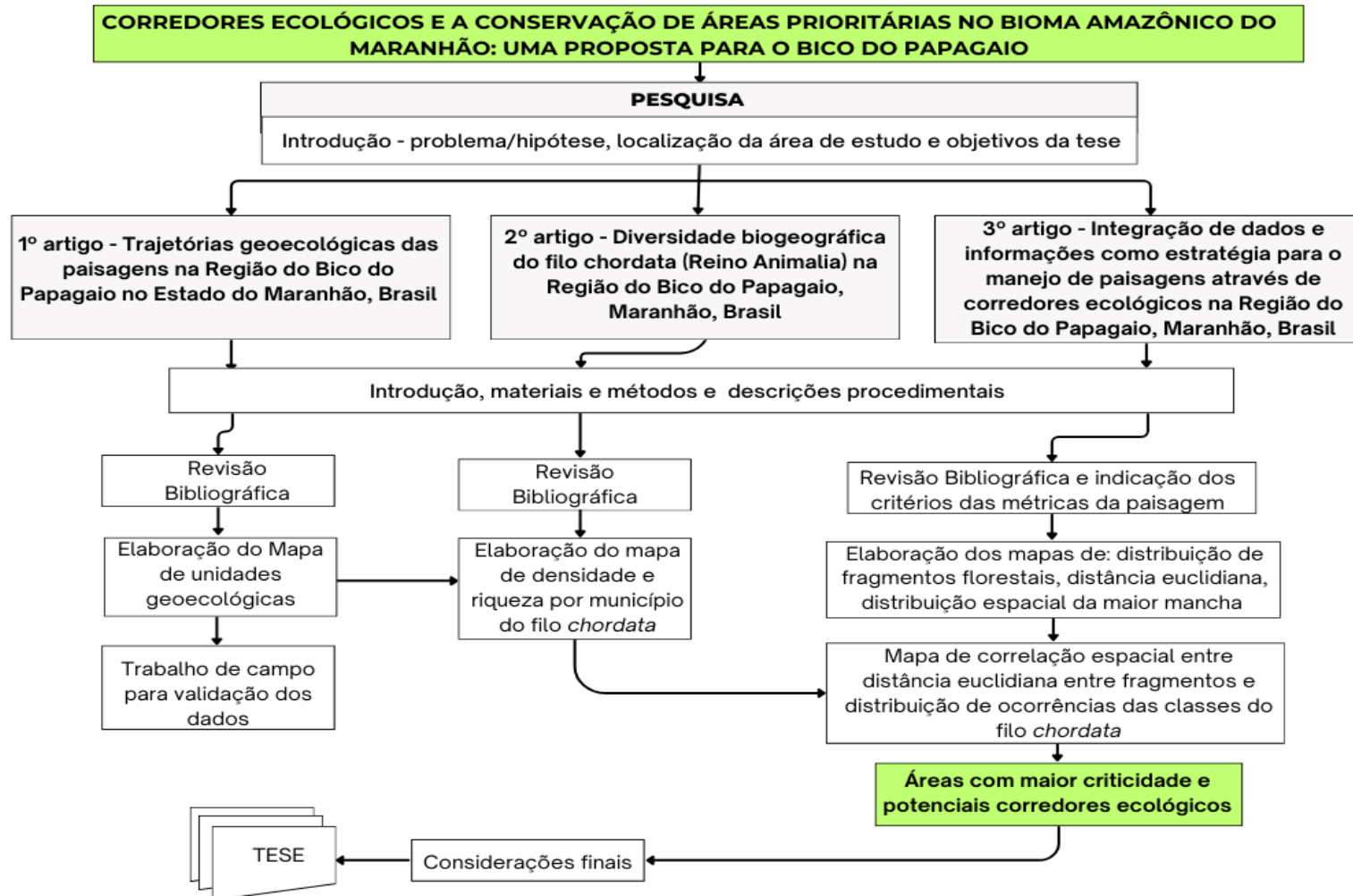
- Artigo 1 – Trajetórias geoecológicas das paisagens na Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, Brasil:
 - a) levantamento de dados históricos sobre a fundação e ocupação da Região do Bico do Papagaio, como também, os diversos ciclos econômicos que se desenvolveram no decorrer do tempo, até chegar a configuração atual com desmembramento em outros municípios;
 - b) resultados e discussão apresenta a história ambiental da Região do Bico do Papagaio; principais mudanças antropogênicas destacando as consequências geoecológicas da falta de planejamento e ordenamento urbano; identificação das unidades geoecológicas da Região do Bico do Papagaio;
 - c) considerações finais ressalta a necessidade de implementar propostas de planejamento biorregional que visem sobretudo a indicação de corredores viáveis para a restauração paisagística.
- Artigo 2 - Diversidade biogeográfica do filo *Chordata* (Reino *Animalia*) na Região do Bico do Papagaio, Maranhão, Brasil:
 - a) levantamento de dados abordando como a taxonomia se firmou como ciência e a classificação biológica dos seres vivos, na sequência foi apresentada a história da Biogeografia e o estudo da distribuição das espécies enfatizando as potencialidades biogeográficas na Amazônia, como também as ações que levam à redução da biodiversidade;
 - b) os resultados e discussão apresentaram a riqueza, biodiversidade e distribuição do filo *Chordata* pertencente ao reino *Animalia*, destacando as classes de: mamíferos, reptéis, anfíbios, aves e peixes presentes na Região do Bico do Papagaio;
 - c) as considerações finais destacam que há relevante biodiversidade faunística para o filo *Chordata* na Região do Bico do Papagaio, sendo necessário ser levada em consideração essa biodiversidade ao propor a conservação por meio de corredores ecológicos, especialmente aqueles ameaçados pelo uso e ocupação do solo desordenado.
- Artigo 3 - Integração de dados e informações como estratégia para o manejo de

paisagens através de corredores ecológicos na Região do Bico do Papagaio, Maranhão, Brasil:

- a) O tópico de fundamentação teórica aborda a importância da Biogeografia para a análise espacial, na sequência é apresentada a Biogeografia a partir da análise da fauna e finaliza mostrando a contribuição biogeográfica de corredores ecológicos.
- b) Os resultados apresentam os dados em duas etapas, a primeira faz uma análise dos fragmentos de cobertura natural da Região do Bico do Papagaio e aponta áreas suscetíveis a proposição de corredores ecológicos, e a segunda, oriunda desta, aponta a distribuição de ocorrências e padrões de autocorrelação com a distância euclidiana entre os fragmentos florestais.
- c) As considerações finais apontam que a região denominada Bico do Papagaio, permite que a metodologia discutida seja implementada com bastante clareza, sobretudo ao evidenciar que ainda existem elementos da biodiversidade animal endógena capaz de mobilizar-se e distribuir-se ao longo das articulações biorregionais sugeridas, condição expressa na porção Leste do território analisado.

Em assim sendo, para ratificar as ideias retromencionadas, é imperativo que “a conservação da biodiversidade em áreas de fragmentação florestal deve levar em consideração o tamanho da área, o tipo de alteração do seu entorno e a história do processo de fragmentação” (Furlan e Nucci, 1999, p. 60), sendo totalmente viável, desde que haja conectividade entre os fragmentos das paisagens remanescentes. Assim, esta pesquisa, através do arcabouço de dados e informações levantados será capaz de nortear novas pesquisas, que viabilizam o manejo de paisagem integrado do território através de corredores ecológicos.

Figura 2: Fluxograma da tese



Fonte: Autora, 2025.

1. PAISAGEM E A GEOECOLOGIA DAS PAISAGENS

A geografia como Ciência Moderna se institucionalizou no século XIX sob a influência de naturalistas, que observavam o meio natural e descreviam as suas características, com embasamento filosófico positivista e uso do método hipotético-dedutivo. É importante destacar o papel de Alexander Von Humboldt, que ao ser influenciado pelo seu antecessor Immanuel Kant, filósofo e professor de Geografia Física, implementa os estudos com enfoque naturalista na interpretação das paisagens (Mateo-Rodriguez e Silva, 2013). Foi nesse período através das experiências adquiridas, que perceberam a necessidade de levantamentos de dados que subsidiasse a conservação da natureza.

Com as proposições de Humboldt, o conceito de paisagem passou por uma evolução linguística, incorporando valor científico específico sobre o início e evolução da superfície terrestre (Troll, 1997). Inicialmente, o conceito de paisagem estava associado a abordagem naturalista, posteriormente adquire também uma abordagem culturalista, ressaltando o homem como agente transformador das paisagens.

O século XX é marcado pela Segunda Revolução Industrial e inicia o debate ambiental impulsionado pela Teoria Geral dos Sistemas (TSG) em 1930, entre a Primeira e Segunda Guerra Mundial. Desde então, começa a surgir dentro da ciência geográfica debates acerca do meio ambiente, aqui inicia a abordagem sistêmica de Bertalanffy que adota a formulação da teoria do ecossistema de Arthur Tansley em 1935. Neste debate, é levado em consideração o Homem, que passa a ser a tônica de todas as transformações vigentes na superfície do Planeta (Gonçalves, 2020).

Ressalta-se ainda que esta teoria “forneceu subsídios para muitas áreas do conhecimento, como Ecologia, no conceito de ecossistema, e a Geografia, na elaboração do geossistema” (Ribeiro e Oliveira, 2025, p. 03). Ressalta-se que geossistemas são sistemas dinâmicos, organizados hierarquicamente, com ênfase nas interações dialéticas entre seus componentes e nas influências antrópicas (Sochava, 1978).

A Geografia, que desde a sua gênese tem a paisagem como objeto de estudo tenta fazer uma aproximação com o campo da ecologia, com estudos voltados para o meio ambiente e utilizando a paisagem como um elemento interdisciplinar nas duas ciências. Ressalta-se que a paisagem aqui é “entendida como uma entidade global, ganha forma e conteúdo em cada uma destas ciências e do ponto de vista teórico-metodológico se reduz a uma abordagem transdisciplinar” (Gonçalves, 2020, p. 62).

Para uma melhor compreensão sobre essa transdisciplinaridade, não tem como deixar de ressaltar as contribuições do biogeógrafo Carl Troll, sob a perspectiva da ecologia e da TGS ele introduz a Ecologia da Paisagem, que busca entender as modificações da paisagem pela ação antrópica, posteriormente Troll reformula para Geoecologia, que se debruça em estudar as inter-relações plenas e complexas entre os organismos ou a biogeocenoses e seus fatores ambientais (Gonçalves, 2020).

Os estudos da paisagem dentro da Geoecologia passam a ter um viés sistêmico, sendo um objeto de estudo integrador da Geografia Física a partir de 1970, para que isto ocorresse “novos instrumentos teórico-metodológicos foram implementados pela geografia no âmbito dos estudos do meio ambiente através da teoria geossistêmica de Sochava, bem como nas formulações dos modelos GTP por Georges Bertrand” (Gonçalves, 2020, p. 56). A partir de 1990, a paisagem geoecológica se consolidou na Geografia Física (Ambiental) como vertente de estudo dos sistemas ambientais, baseada na análise integrada da relação natureza-sociedade (Barbosa, 2020).

É viável ressaltar que em Geoecologia, a paisagem possui contornos híbridos com a categoria geográfica território e passa a se comporta como um sistema polissêmico na relação natureza-sociedade, e seu estudo se dar por meio da observação das relações geológicas em suas relações espaciais, essa caracterização não anula a paisagem como uma unidade visual, tendo em vista que para compreendê-la há necessidade de observação científica e cultural (Mateo-Rodriguez e Silva, 2007; Metzger, 2001).

Para Mateo-Rodrigues e Silva (2019), a inclusão da abordagem sistêmica na interpretação da paisagem, representou um ganho cognitivo para a Geografia, atendendo a uma demanda complexa de interpretação que norteia estrutura, funcionamento, dinâmica e evolução das paisagens, tornando possível também analisar a resistência destas unidades aos impactos da ação antrópica.

Diante do exposto, nesta pesquisa, a leitura da paisagem é feita sob a ótica biofísica, composta por unidades geoecológicas naturais e antropogênicas da superfície terrestre, suas interações sistêmicas, analisadas de acordo com a aplicação dos princípios e fundamentos da Geoecologia da Paisagem.

1.1 A fragmentação da paisagem e os corredores ecológicos

A paisagem apresenta três aspectos básicos que definem sua estrutura, função e

desenvolvimento do ponto de vista ecológico. Para Forman e Godron (1986), a estrutura é definida através dos elementos da paisagem pelo mosaico mancha-corredor-matriz. Ademais, a função são as interações ocorridas no centro desta estrutura por meio dos seus componentes (meio físico, biótico e abiótico). Já o desenvolvimento configura-se como as mudanças ocorridas ao longo do tempo, tanto de forma natural como antrópica.

As alterações na paisagem oriundas dessa interação entre o homem e a natureza e a necessidade de preservação levou a debates sobre um meio ambiente equilibrado em contraposição a aspiração para alcançar um desenvolvimento sustentável que de fato atenda a geração atual e as futuras. Independente do debate, sempre que falar em manejo de paisagens sob a ótica da Geoecologia, deverá ser levado em consideração o processo de fragmentação na paisagem analisada.

O manejo de paisagens envolve a conservação da biodiversidade englobando tanto a dimensão natural como a humana. Para Valente (2015) o manejo de paisagem é considerado o mais indicado para a manutenção da biodiversidade de uma região, pois está associado à continuidade dos processos ecológicos interrompidos pela fragmentação dos ecossistemas naturais. Além disso, considera os aspectos ambientais e sociais da região.

O processo de fragmentação se caracteriza pela divisão em manchas de vegetação remanescentes sob um mosaico de paisagem cercado por uma matriz ou de uma vegetação diferente e/ou de uso da terra. Em uma paisagem fragmentada pode haver mudanças tanto no aspecto físico como biológico (Gonçalves, 2020). Ou seja, é a fragmentação de áreas contínuas em manchas com entorno ou matriz formado por habitats diferentes ao original.

Nesta pesquisa, o conceito de fragmentação adotado se baseia em Dias *et al.* (2023) onde destacam que a fragmentação de habitats ocorre como consequência da perda substantiva da continuidade das formações vegetais nativas, que respondem pela diminuição dos fluxos gênicos regionais e criação de barreiras biogeográficas antropogênicas que impedem a conexão de áreas nativas e, consequentemente, de seus componentes faunísticos e florísticos.

Os limites dos fragmentos florestais e o restante da matriz é chamado de borda. As perturbações que ocorrem nesses limites são chamadas de efeitos de borda. Murcia (1995) apresenta o conceito de efeito de borda como um resultado da transição abrupta entre ambientes próximos onde podem ocorrer mudanças significativas, tanto bióticas como abióticas nas margens criando condições diferentes do habitat do interior dos fragmentos.

A fragmentação de paisagem e o efeito de borda alteram de forma considerável os

ecossistemas e, conseqüentemente, refletem na biodiversidade. Gonçalves (2020) destaca que grande parte das paisagens atualmente se encontram “ilhadas” em meio à produção agrícola, pecuária, além das áreas urbanizadas.

Dessa forma, o manejo de paisagem é uma premissa necessária e viável para a conservação de áreas, principalmente nesses casos onde há fragmentação de habitats potencializada pela ação antrópica, que impacta diretamente a biodiversidade. Dessa forma, uma das alternativas apontadas pela ecologia quanto a fragmentação e manejo de paisagens são a formação de corredores ecológicos, que interligue as manchas, garantindo a conservação da biodiversidade através dos fluxos gênicos de fauna e flora

O termo corredor ecológico foi usado pela primeira vez por George Gaylord Simpson em 1930, no seio da paleontologia e da biologia, sendo utilizado para tentar explicar a distribuição de mamíferos no globo terrestre através de registros arqueológicos e da teoria da deriva continental (Gonçalves, 2020).

Com a TGS e as ideias ecologistas, o termo foi reformulado e passou a figurar nos assuntos inerentes a fragmentação das paisagens. Vem sendo atualmente abordado no campo da ecologia, e conseqüentemente, Geoecologia das paisagens na Biogeografia, cabendo a este campo do saber propor, nos casos que se aplica, o manejo de paisagem através da conectividade dos fragmentos florestais, quando esta medida possibilita um melhor fluxo gênico.

Corredor ecológico, “no *design* de paisagens é o principal elemento conectivo entre fragmentos de coberturas vegetais remanescentes. Recebe essa denominação por seu caráter aproximadamente linear e, por isso, capilaridade ligando duas ou mais manchas e conectando sua fauna e flora” (Dias *et al.*, 2023, p. 56).

Quando se refere a corredores ecológicos alguns aspectos legais devem ser levados em consideração, tendo em vista que esta é uma unidade de planejamento e ordenamento territorial, conforme o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Para uma melhor compreensão sobre isso, a identificação de áreas de maior criticidade e locais de potencial conectividade devem ser levadas em consideração. No Brasil, esses locais são identificados como passíveis de conectividade de habitats naturais já existentes e preservados por lei, conforme quadro 1.

Quadro 1: Tipos de áreas protegidas e enquadramento legislativo

Área protegida	Conceito	Lei
Áreas de Preservação Permanente – APPs	Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).	Novo Código Florestal Brasileiro - Lei Federal 12.651/2012
Reserva Legal	Área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (BRASIL, 2012).	Novo Código Florestal Brasileiro - Lei Federal 12.651/2012
Unidade de Conservação	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 (BRASIL, 2000)	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) - Lei Federal 9.985/2000.

Fonte: Brasil (2000, 2012). Org. Santos Neta, 2025.

Os corredores ecológicos mesmo não sendo uma unidade de conservação são citados no SNUC, e se caracteriza por ser “porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota” (BRASIL, 2000, s/p), trazendo a ideia de conexão de fragmentos florestais que possibilita interligar mosaicos de unidades de conservação, reserva legal e áreas de preservação permanente.

A título de contextualização, a Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão não possui unidades de conservação e nem reservas legais que possibilite conectividade, desta forma, nessa pesquisa, para um manejo de paisagem eficiente os corredores ecológicos identificados através de métricas de paisagem se configuram como elemento conectivo entre fragmentos florestais, se apresentando de forma linear, ligando manchas de Áreas de Preservação Permanente (APPs) ao longo dos cursos d’água e contribuindo para fluxos gênicos.

TRAJETÓRIAS GEOECOLÓGICAS DAS PAISAGENS NA REGIÃO DO BICO DO PAPAGAIO NO ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL

Geoeological trajectories of landscapes in the Region of Bico do Papagaio in the
state of Maranhão, Brazil

Elza Ribeiro dos Santos Neta

Universidade de Brasília - UnB

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0524-7200>

elza.ribeiro@uemasul.edu.br

Ruth Elias de Paula Laranja

Universidade de Brasília - UnB

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2702-0100>

laranja.ruth@unb.br

Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias

Universidade Estadual do Maranhão - UEMA

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9850-4167>

luizjorgedias@professor.uema.br

Nicollas Silva Mendes

Universidade Federal do Maranhão - UFMA

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0909-992X>

nicollas60@gmail.com

Artigo recebido em maio/2024 e aceito em setembro/2024

RESUMO

A região do Bico do Papagaio no estado do Maranhão apresenta característica peculiar, localizada em faixa ecotonal, na transição do Cerrado e da Floresta Amazônica. Desde a sua fundação, esta região vem sofrendo modificações exponenciais na paisagem. O objetivo geral desta pesquisa é avaliar as mudanças da paisagem no Bico do Papagaio no Estado do Maranhão. E os específicos são: apresentar o processo histórico de ocupação do Bico do Papagaio; mostrar por meio de imagens o atual cenário de uso desta área de faixa ecotonal, rica em biodiversidade. Foi utilizada pesquisa bibliográfica e de campo, esta última com visitas técnicas e registro fotográfico, a fim de identificar as paisagens que se apresentam na atualidade. A área escolhida envolve os municípios de Imperatriz, Cidelândia, Vila Nova dos Martírios e São Pedro da Água Branca. Os resultados apontaram que desde sua fundação, a região do Bico do Papagaio teve sua ocupação associada ao município de Imperatriz, aonde por meio dos vários ciclos econômicos e a construção da Belém-Brasília, hoje é uma região com perda considerável de vegetação natural e exploração por meio de atividades agropecuárias, com vistas à exportação e a silvicultura.

Palavras-chave: Paisagem; Bico do Papagaio; Atividades agropecuárias.

ABSTRACT

La región de Bico do Papagaio, en el estado de Maranhão, tiene una característica peculiar, ubicada en una cadena ecotonal, en la transición entre el Cerrado y la Selva Amazónica. Desde su fundación, esta región ha sufrido cambios exponenciales en el paisaje. El objetivo general de esta investigación es evaluar los cambios en el paisaje en Bico do Papagaio en el Estado de Maranhão. Y los específicos son: presentar el proceso histórico de ocupación de Bico do Papagaio; muestran, a través de imágenes, el escenario actual de uso de esta franja ecotonal, rica en biodiversidad. Se utilizó investigación bibliográfica y de campo, esta última con visitas técnicas y registros fotográficos, con el fin de identificar los paisajes que aparecen en la actualidad. La zona elegida comprende los municipios de Imperatriz, Cidelândia, Vila Nova dos Martírios y São Pedro da Água Branca. Los resultados mostraron que desde su fundación, la región de Bico do Papagaio tuvo su ocupación asociada al municipio de Imperatriz, donde a través de diversos ciclos económicos y la construcción de Belém-Brasília, hoy es una región con considerable pérdida de vegetación natural y explotación. a través de actividades agrícolas, con miras a la exportación y la silvicultura.

Keywords: Paisaje; pico de loro; Actividades agrícolas.

1. INTRODUÇÃO

O Bico do Papagaio no Estado do Maranhão representa geograficamente um recorte territorial na forma de um bico de psitacídeo, cuja centralidade é o Rio Tocantins e que divide os territórios estaduais do Maranhão (a Sudoeste) e do Tocantins (extremo Norte). É um termo que foi muito utilizado entre as décadas de 1960 a 1990 para descrever a parte Norte da articulação regional que envolve a tríplice divisa Maranhão – Tocantins – Pará. Esteve originalmente relacionado à designação dada às terras dos mais intensos conflitos fundiários do Brasil nesse período e originalmente, no Maranhão, abrangia o município de Imperatriz em sua gênese (Valverde, Dias, 1967). Atualmente, após desmembramentos municipais, é composto por Imperatriz, bem como por Cidelândia, Vila Nova dos Martírios e São Pedro da Água Branca. Em sua totalidade, possui uma área total de 4.652,89 km².

O Zoneamento Ecológico-Econômico do Maranhão utilizou esta terminologia para assegurar a identidade desta localidade, por ser uma área estratégica para proteção da biodiversidade, configurando corredor ecológico homônimo, com três importantes bacias hidrográficas que se conectam: a Norte, a bacia hidrográfica do Gurupi; a Noroeste, a bacia hidrográfica do Ararandeuá- Capim e; a Sudoeste, a bacia do Tocantins-Araguaia (Catunda; Dias, 2019).

Essa localidade não possui nenhuma Unidade de Conservação de Proteção Integral. Entretanto, pela composição e distribuição de suas Áreas de Preservação Permanentes (APPs), sobretudo relativas ao condicionamento das redes de drenagem regionais, possui elementos de remanescentes paisagísticos estratégicos pelo relevante interesse para a biodiversidade, além de serem áreas localizadas em faixa ecotonal inter-biomas no contexto do Centro-Norte brasileiro.

O Cerrado e a Floresta Amazônica se encontram em um mosaico de paisagens e especificidades com nuances de áreas de transição representadas, sobretudo, pela Mata de Cocais, com destaque para os babaquais mistos, denotando áreas bastante alteradas pelas ações humanas nas últimas décadas. São extensas faixas que se delineiam mosaicos de paisagens distintas em contraste com as demais vegetações remanescentes.

Para Costa (2022), a Mata de Cocais é considerada a paisagem característica do Maranhão, sendo uma transição entre vários domínios fitogeográficos e climatobotânicos, apresentando-se associada a campos, às fitofisionomias de Cerrado e aos fragmentos de florestas associadas à Amazônia. Por outro lado, apresentam-se em contexto maranhense em três indicativos vegetacionais: os cocais com predomínio do babaçu; os cocais com predomínio de carnaúba; e os cocais mistos, que além dessas duas espécies, há associações com pelo menos outras vinte e duas espécies nativas (Pinheiro, 2012).

Ao chegarem em 1851 em Imperatriz, os missionários jesuítas encontraram densas matas, provavelmente florestas ombrófilas abertas, e essa característica paisagística se manteve por décadas por conta do total isolamento deste município em relação ao restante do País, fato que rendeu a alcunha de “Sibéria Maranhense” (Sanches, 2003; Franklin, 2005). Entretanto, após vários ciclos econômicos e o início da construção da Belém-Brasília no final dos anos 1950, Imperatriz passou a experimentar um desenvolvimento econômico, político e demográfico que nunca tinha acontecido antes e não houve planejamento para este crescimento. O resultado foi a ocupação de áreas com rica biodiversidade e, portanto, de grande variedade paisagística, que em tese, deveriam ser protegidas.

Os impactos relativos às alterações antropogênicas dos sistemas geoecológicos regionais provavelmente foram indelévels, haja vista muitas espécies nativas terem sido extintas localmente ou regionalmente, o que concorreu para a diminuição dos estoques de biodiversidade na região de Imperatriz, que correspondia até então à totalidade do Bico do Papagaio no Maranhão. Ressalta-se que “a integridade da paisagem é um indicador de biodiversidade” (Spinelli-Araujo *et al.*, 2016, p. 21).

Dessa forma, o objetivo geral desta pesquisa é avaliar as mudanças da paisagem no Bico do Papagaio no Estado do Maranhão. Os objetivos específicos consistem em apresentar o processo histórico de ocupação do Bico do Papagaio; demonstrar por meio de imagens o atual cenário de uso desta área de faixa ecotonal estratégica entre a Amazônia e o Cerrado do Norte do Brasil.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa é pautada no método estruturalista, segundo as proposições orientadoras da Teoria Geral dos Sistemas (Bertalanffy, 1973). Igualmente pauta-se no método histórico-

dialético para a construção das análises da evolução histórica e socioeconômica da região de trabalho. Esse ponto epistêmico e metodológico é considerado indispensável à consolidação da proposta de articulação conceito-pragmática de construção da linha analítica de construção dos principais aspectos e fatos que concorreram para a configuração das condicionantes estruturais de alterações das paisagens.

Por conseguinte, a adequação de ambas as perspectivas, será segundo a escala da Ecologia de Paisagens e dos indicativos de planejamento biorregional em função da Geoeologia das Paisagens (Mateo-Rodriguez *et al.*, 2013). A metodologia para a cartografia temática consistiu no tratamento e processamento de dados geográficos manipulados em *softwares* de Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS nas versões 2.18, 3.10 e 3.22. Todo o percurso metodológico está na Figura 3.

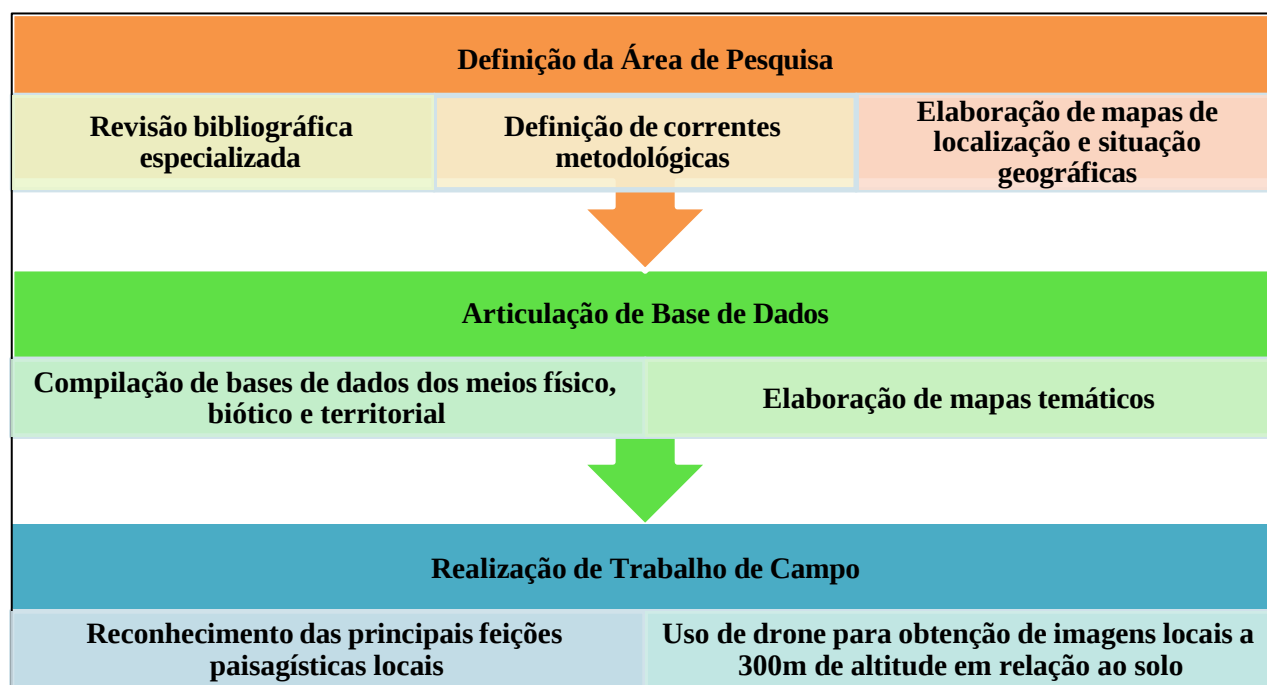


Figura 3 - Principais articulações epistemológicas, metodológicas e procedimentais adotadas na Pesquisa.

Fonte: Elaborado pelos Autores.

No que tange ao mapeamento temático da Região Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, como não havia definição cartográfica até o momento para essa área em específico, a despeito de várias referências na bibliografia histórica (como será visto ao longo deste trabalho), optou-se por estabelecer uma proposta de recorte cartográfico com uso da base de dados do IBGE (2022) e do MapBiomas (2023) englobando a totalidade dos limites dos municípios de Imperatriz, Cidelândia, Vila Nova dos Martírios e São Pedro da Água Branca, no Sudoeste Maranhense. Assim, foi definido um espaço total de 4.652,89 km². O campo auxiliou na validação desses dados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao falar sobre a Região do Bico do Papagaio no Maranhão não tem como desassociá-la do município de Imperatriz, pois em sua gênese parte da área desta região era totalmente deste município. Fundada em 1852, após sucessivas investidas da Frente Paraense comandada por jesuítas dispostos a desbravar o sudoeste maranhense, o Frei Manoel Procópio do Coração de Maria e uma comitiva vindos de Belém do Pará navegaram pelo rio Tocantins chegando ao local que ele chamaria de Povoação de Santa Teresa do Tocantins, hoje, Imperatriz. Inicialmente com área que abrangia cerca de 50.000 km², e aproximadamente 20 municípios – se estendia a oeste até a divisa com o Pará, tanto pelo rio Pindaré como pelo rio Tocantins, até sua confluência com o Araguaia (Franklin, 2008).

Com vegetação densa, a região do Bico do Papagaio, no Maranhão, destacou-se por três aspectos, quais sejam:

- a) confluência dos rios Tocantins e Araguaia, eixos de comunicação natural entre o Brasil Central e a região Amazônica;
- b) presença de áreas com relevos planos, associados à Depressão Periférica de Imperatriz, o que é um facilitador para a implantação de portos fluviais e de assentamentos humanos;
- c) disponibilidade de matérias-primas para o desenvolvimento de atividades humanas, sobretudo madeireiras.

A vegetação ombrófila densa com mata ciliar¹ e de galerias² dessa área estratégica também apresentava características peculiares e já que apresentava formações próprias dos contatos entre as fitofisionomias de Floresta Amazônica e de Cerrado, as faixas de transição graduais, com os processos de desmatamentos graduais consolidados a partir da década de 1950 configurou a expansão das Matas de Cocais com predomínio de babaçu (*Orbignya phalerata* Mart.). Assim sendo, faz sentido a afirmação de Valverde e Dias (1967, p. 189), ao constatarem que “efetivamente, Imperatriz está situada no contato entre os cerradões e cerrados, que ficam para o Sul, e as matas, que se expandem para o Norte. Os cerradões são entremeados de babaçuais”.

3.1. História Ambiental da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão

A região do Bico do Papagaio, no Maranhão permaneceu isolada da capital do estado e do resto do País durante mais de um século, em que pese no período que se inicia nos anos 1850 e dura até meados dos anos 1960. O único polo regional e demográfico mais expressivo com o qual houve maiores contatos foi Belém, pois era o único centro mais avançado com que detinha relação comercial

¹ Entende-se por mata ciliar a vegetação florestal que acompanha os rios de médio e grande porte da região do Cerrado, em que a vegetação arbórea não forma galerias (EMBRAPA, 2016).

² Entende-se por mata de galeria a vegetação florestal que acompanha os rios de pequeno porte e córregos dos planaltos do Brasil Central, formando corredores fechados (galerias) sobre o curso de água (EMBRAPA, 2016).

e de fluxos migratórios mais frequentes através do porto de Belém no Estado do Pará, de onde vinham os produtos e aviamentos que abasteciam a erma região maranhense. Isso só foi possível em virtude do transporte feito pelo rio Tocantins em barcos a vapor. O percurso de ida e volta ao porto duravam meses e as embarcações passavam por diversos povoados e cidades ribeirinhas, os barqueiros compravam a castanha do Pará para revender em Belém e de volta traziam os produtos manufaturados que vinham da Europa e Estados Unidos nos navios (Franklin, 2008).

No entanto, houve algumas tentativas de retirar a região do Bico do Papagaio no Maranhão do isolamento, sendo a primeira em 1875. Nessa data tramitavam no Congresso Nacional três projetos sobre a concessão de estradas de ferro no Maranhão que dependiam de aprovação do governo federal, que ligariam Caxias a Teresina, Barra do Corda a Carolina e São Luís a Rosário, mas por dificuldades de financiamento a região continuou isolada da capital do Estado (Sousa, 2009).

Outra tentativa é que antes de conseguir interligar-se com a capital maranhense, a região do Bico do Papagaio foi interligada com a capital da República no Rio de Janeiro, por conta da concessão dada pelo governo federal à companhia aérea Plainar do Brasil, para estudar uma rota que diminuísse o tempo de viagem entre Miami e Buenos Aires que antes era feita através de 10 escalas contornando o litoral brasileiro (Franklin, 2005). Após o estudo foi traçada uma rota que ligava o Rio de Janeiro a Belém, com escalas em diversas cidades nos Estados de Goiás, Maranhão e Pará, seguindo o curso do rio Tocantins, no Maranhão as cidades de Carolina e Imperatriz foram as contempladas com os voos. Por conseguinte,

dois anos depois de realizado o vôo inaugural da rota Rio-Belém foi que começou a funcionar regularmente o Correio Aéreo na região, e Imperatriz, já com seu campo de pouso construído, passou a integrar as escalas. Com percurso de mais de três mil quilômetros, a Rota do Tocantins, como era conhecida, seguia esse rio desde sua nascente até a foz, [...]. Assim, antes de possuir qualquer estrada carroçável e sem ainda conhecer automóvel, a população de Imperatriz se viu ligada por avião a Belém e a todas as cidades da rota tocantina, chegando até a Capital da República, sem, porém, conseguir interligar-se à capital do Maranhão (Franklin, 2008, p. 84-85).

O Bico do Papagaio no Estado do Maranhão passou por vários ciclos econômicos. Destacaram-se o ciclo do gado, o ciclo da borracha, o ciclo da castanha, o ciclo do arroz e o ciclo da madeira. Ainda houve um período em que os garimpos do Leste e Sudeste do Pará movimentavam a economia regional, tendo inclusive causado a escassez de gêneros alimentícios na cidade. Convém mencionar que na região do Araguaia-Tocantins, onde está situada a região de interesse, houve uma “febre” de exploração mineral. Tal fato ocorreu por conta da grande procura por quartzo durante a Segunda Guerra Mundial, para fabricação de artefatos bélicos como sonares e radio transmissores. Essas áreas de exploração mineral tornaram-se muito relevantes para a economia regional, que vivia o declínio do período de coleta de produtos florestais (Franklin, 2008).

Os garimpos acabaram atraindo um vasto contingente demográfico entre os anos 1940 e 1960 em

busca de cristal de rocha como era conhecido o quartzo e de ouro, neste período a produção agrícola e pecuária do sertão de Imperatriz é que abastecia os garimpos, o que ocasionou a falta de produtos para abastecer a Região do Bico do Papagaio, que ainda possuía um único e só município: Imperatriz. A escassez de produtos alimentícios verteu-se por decisões políticas municipais e estaduais de expansão da produção agrícola e pastoril para atender à demandas dos garimpos e cidades do Sul do Estado do Pará principalmente Marabá, bem como da própria articulação regional da desinência territorial maranhense formada pelo sistema de confluência Tocantins – Araguaia (Sanches, 2003).

Assim, dessa época vieram os primeiros grandes esforços de desmatamentos na Região do Bico do Papagaio, mormente para a abertura de fronteiras agrícolas (sobretudo para lavouras de arroz, feijão e milho) e para a pecuária extensiva de gado bovino. Todos esses produtos eram transportados em barcos que partiam de Imperatriz para os garimpos e também para as cidades de Marabá e Belém.

Com o crescimento de Belém, destacando-se os anos 1940-1950, em virtude dos ciclos da borracha e da castanha, havia uma grande demanda por carne bovina e para suprir essa necessidade o Governo do Pará abriu uma estrada que ligava a região do Bico do Papagaio a Belém, para que fosse possível levar as reses até a capital paraense. Uma parcela significativa do traçado original dessa infraestrutura seminal coincide com faixas dos traçados atuais da BR-010 (Belém-Brasília) e da MA-125 (Barros, 1995; Franklin, 2008).

A abertura da estrada para Grajaú, na década de 1940, a partir da sede municipal de Imperatriz, acarretou em uma migração de maranhenses, piauienses e cearenses para a Região do Bico do Papagaio aumentando cada vez mais sua população. A maioria desse contingente demográfico era formado por trabalhadores rurais que chegando aqui ocuparam áreas devolutas e passaram a cultivar a terra e a criar gado bovino de forma extensiva, da mesma forma que os pioneiros da frente de ocupação denominada corrente do gado nos anos 1800 no Sul do Maranhão (Carvalho, 2006; Pacheco, 2018).

Já o ciclo da madeira foi vivenciado na Região do Bico do Papagaio maranhense efetivamente a partir da construção da rodovia Belém-Brasília, momento esse que se tornou possível o transporte da madeira (em toras e serrada) por caminhões pelos acessos recém-construídos. Atraídos pela promissora atividade extrativista da madeira vieram para esse território um contingente populacional, sobretudo retirantes do Norte de Minas Gerais, baianos, pernambucanos, cearenses e piauienses. Esses foram os pioneiros que abriram as primeiras grandes frentes de desmatamento dessa articulação territorial regional.

Antes mesmo da década de 1950, já existiam núcleos de povoamento bem concentrados em um mosaico pouco variado, correspondendo ao atual Centro da Cidade de Imperatriz e áreas circunvizinhas, localizados até uma distância média de 600 metros das margens do Rio Tocantins (Figura 4 e Figura 5). Isso foi materializado pelo fato do rio ser a única via de comunicação da cidade

secular, porém ainda embrionária, com as regiões circunvizinhas, conforme já citado, o que também se aplica a toda a região analisada neste trabalho.



Figura 4 - Ocupações ribeirinhas em área de preservação permanente (APP) do Rio Tocantins, onde hoje está assentado o bairro Beira-Rio, Centro de Imperatriz (MA), porção Sul da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão.

Fonte: IBGE, 1995 *apud* Museu Virtual de Imperatriz, 2015.



Figura 5 - Situação do Centro de Imperatriz (MA), início da década de 1970, e sua proximidade com o Rio Tocantins.

Fonte: Fundação Albé Ambrogio, 1973 *apud* Museu Virtual de Imperatriz, 2015.

No fim dos anos 1950 foi introduzido o principal fator infraestrutural que induziu a Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão a se tornar nas décadas seguintes um grande polo de atração populacional e econômico: a BR-010, ou Rodovia Belém-Brasília (Franklin, 2005; Franklin; Sousa, 2013). O ritmo ocupacional permite com que haja forte crescimento das atividades rurais na década de 1960, em esforços cumulativos de ocupações espontâneas, seguindo a relação clara de orientação centro – periferias (Christaller, 1933 *apud* Clark, 1991) de forma a aglutinar os pequenos núcleos já ocupados, irradiados a partir do atual largo da Praça de Fátima, no Centro de Imperatriz (MA), principal polo da Região do Bico do Papagaio no Maranhão.

Daí surge, dentre outros, diversos pequenos núcleos ocupacionais, que ao serem aglutinados, formaram os povoados que dariam início a núcleos urbanos com os desmembramentos de Imperatriz a partir dos anos 1970. Por conseguinte, após a retirada da madeira, os remanescentes das florestas

ombrófila densa e das florestas ombrófilas abertas era queimado para dar lugar às pastagens extensivas para a pecuária bovina e zebuína.

A construção da BR-010 foi um fato tão expressivo que, antes do início de sua construção, o quantitativo demográfico municipal era de 39.169 habitantes (em 1960), passando a 80.827 habitantes, em 1970, atingindo os 220.075 habitantes no Censo de 1980 (Franklin, 2005). Isso representa um crescimento de 561,86% em apenas 20 anos. Em outras palavras, o crescimento populacional foi, em média, 28,09% ao ano. Um dos maiores já observados no Brasil na segunda metade do século XX. Nesse momento, os conflitos agrários camponeses se destacavam e, sem muito conhecimento de seus direitos ou desprovidos de apoios governamentais, apresentavam-se como atores sociais no centro de conflitos fundiários.

Dessa feita, a Região do Bico do Papagaio Maranhense foi transformada, sobretudo, em bacia de gado leiteiro e, pró-parte, em bacia de gado de corte entre os anos 1950 e 1980. Curtumes e áreas de agroindústrias rudimentares de laticínios foram abertos nas proximidades de madeiras e serrarias. Os pequenos agricultores originários das frentes de ocupação pioneiras das décadas anteriores foram sendo afastados de suas áreas de origem e consolidaram as periferias urbanas e rurais do município de Imperatriz, o que culminaria no fracionamento de seu território entre os anos 1980 e 1990, dada a criação de novas municipalidades (Franklin, 2008). Os indígenas que ocupavam a região desapareceram ou, possivelmente, foram assimilados por processos de miscigenação durante os fluxos ocupacionais.

Até o início dos anos 1990, o município de Imperatriz (MA) e os demais originados de desmembramentos deste possuíam zonas rurais bem expressivas territorialmente. Assim, com os municípios crescendo demograficamente, surgem novas demandas por ocupações espontâneas, considerando que os programas oficiais de habitação não conseguiam acompanhar os ritmos de incremento populacional observado (Silva; Gomes, 2008). Daí, foram ocupadas margens de rios e suas planícies de inundação, como ocorreu em setores urbanos bastante saturados, bem como das áreas rurais, que passam a receber projetos agrossilvopastoris diversificados, tendo a pecuária bovina e zebuína como principais tônicas geoeconômicas, mas já seguidas de perto pela silvicultura em momentos iniciais.

Desde então, o que se confirma, sobretudo a partir da década de 2000, a Região do Bico do Papagaio no Maranhão perpassou por problemas comuns à maioria da Amazônia Oriental, também denominada Centro de Endemismo Belém (CEB) para fins biogeográficos (Dias *et al.*, 2023), como os extensos processos de fragmentação das paisagens nativas, dificuldade de proposição de alternativas reais de *design* de corredores ecológicos e exaustão dos habitats remanescentes para a biodiversidade regional.

Convém destacar que os processos ocupacionais urbanos e rurais na Região do Bico do Papagaio

no Maranhão não foram planejados, o que fez surgir aspectos deletérios às dinâmicas geológicas e biogeográficas locais e regionais. E esse é um exemplo replicável para caracterizar, inclusive, a totalidade das zonas rurais dos municípios do CEB.

3.2. Principais Mudanças Antropogênicas no Espaço Total da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão: consequências geológicas da falta de planejamento e ordenamento urbano

Os estudos geológicos devem ser compreendidos, atualmente, como insumos básicos para a compreensão dos assentamentos humanos (urbanos, rurais e industriais, por exemplo) e de suas relações diretas com os estoques de recursos naturais remanescentes, compreendidos de forma geossistêmica (Mateo-Rodriguez; Silva, 2018). Aliado a isso, deve-se propor a identificação dos processos e transformações induzidos pelas atividades socioeconômicas e quais seus reflexos materializados no território, isto em função de necessidades expostas pelo modo de produção vigente em uma dada época (Carlos, 2013).

Os agentes sociais que atuam sobre um território de usos diversificados, como é o caso da Região do Bico do Papagaio no Maranhão, são importantes nesse tipo de abordagem, haja vista serem eles a materialização cabal das paisagens. Dentro deste aspecto, deve ser aportada a forma diferenciada de atribuição de valores a parcelas do solo, em função de potencialidades de uso e troca, o que concorreu para a especulação imobiliária regional, o qual é observado desde a década de 1980, sobretudo (Dias *et al.*, 2017).

Obviamente, tal afirmação acrescenta um pouco mais de valor ao *agente antropogênico* (o homem), com suas realidades culturais, técnicas, procedimentos científicos e informacionais, tornando-o um agente social capaz de modelar parcelas locais (e dependendo dos casos, em dimensões escalares maiores, ou seja, regionais) dos territórios, com suas naturezas e histórias socioeconômicas (Dias; Catunda, 2019). Aliás, sobre as questões associadas às perturbações antropogênicas no Sudoeste Maranhense, onde está situada a Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, alguns elementos climatológicos podem ser enxergados como derivados parcialmente das influências exercidas pelas atividades humanas nas escalas local e regional. Assim, no que tange às precipitações pluviométricas,

a década de 1960 tem, em média, os anos mais úmidos. Porém, houve um decréscimo dos registros de precipitação na década de 1970 (ou por ausência de medição, ou pela diminuição sensível nos anos mensurados), voltando a elevar-se na década de 1980. A partir dos anos 1990 há novo decréscimo, que se prolongam comportamentalmente até meados da década de 2000. Contudo, desde 2008, as precipitações têm aumentado, assemelhando-se estatisticamente àquelas aferidas na década de 1960. Possivelmente, esta indica uma variação interdecadal de ritmo atmosférico, que pode (ou não) estar relacionado às ações antropogênicas regionais em curso, como perda de cobertura vegetal nativa por desmatamento e queimadas, diminuição dos volumes hídricos em corpos d'água, conversão de canais permanentes em efêmeros por práticas inadequadas de uso e ocupação dos

territórios disponíveis e ampliação das malhas urbanas e de sua produção de microclima característico (Lima; Dias, 2015, p. 31-32).

Para essa variável, os autores indicam, pois, variações nos ritmos de precipitação pluviométrica. A mesma tendência foi observada para as variáveis temperaturas máxima e mínima ($T_{\text{máx}}$ e $T_{\text{mín}}$), que estão mais associadas ao fenômeno de emissão local de particulados atmosféricos capazes de modificar a absorção de calor pela baixa atmosfera, gerando o fenômeno de *ilhas de calor* (Lima; Dias, 2015). Dessa maneira,

a partir de meados da década de 1990, há um aumento notável dos registros de $T_{\text{mín}}$ e $T_{\text{máx}}$ para Imperatriz (MA). A elevação chega a valores absolutos superiores a 37°C no final dos períodos de estiagem, padrões anômalos de comportamento do SSA, em relação às medições feitas pelo INMET (2014) para o intervalo compreendido entre o início dos anos 1960 e início dos 1990. As razões para esse aquecimento estão associados ao SCU, que recebe maior quantidade de particulados atmosféricos que armazenam calor específico, impermeabilização da superfície com asfalto, crescimento horizontal da cidade por ampliação de áreas de ocupação espontânea e, sobretudo, pela falta de arborização intraurbana, bem como desmatamentos e queimadas descontrolados na zona rural. O crescimento demográfico e a multiplicidade de atividades econômicas sem planejamento e ordenamentos adequados auxiliam nessa complexa “equação” (Lima; Dias, 2015, p. 41).

Evidencia-se, pois, apenas por essas três variáveis (precipitação pluviométrica, temperaturas máxima e mínima), que há algumas implicações locais e regionais das articulações e padrões de usos e ocupações que permitiram alterações do Sistema Superfície-Atmosfera. Por outro lado, Rodrigues (2013, p. 70), ao comentar sobre os sistemas geomorfológicos (e ambientais), atualmente em severos processos de descaracterização, sobretudo nos territórios rurais, indica que

a consideração das ações antrópicas, potencialmente modificadoras do equilíbrio dinâmico desses sistemas, torna-se fundamental, principalmente para o meio tropical úmido, em que mudanças no tipo de cobertura superficial implicarão radical ruptura nos balanços e processos originais.

Fica claro, pois, na afirmação da autora que toda e qualquer perturbação nos sistemas ambientais é puramente antropogenética e os argumentos da pesquisadora em questão são correlacionáveis à Geoecologia da Paisagem, como também à Biogeografia. Em outras palavras, só existem induções a alterações de processos se, e somente se, houver a manifestação de antropogêneses (Costa *et al.*, 2019). Destarte, toda análise ambiental é de caráter geoecológica, biogeográfica e antropogenética (Santos *et al.*, 2024). Ratifica-se: sem o homem, ou agente antropogênico, não há danos ambientais.

A Geoecologia das Paisagens e a Biogeografia Antropogenética, assim, são duas vertentes da Geografia (e devem ser consideradas como sinônimo de Geografia Ambiental), pois analisam como o homem (impregnado dos valores e processos históricos, bem como dos recursos tecnológicos que a sociedade em que está inserido lhe proporciona) pode ser um agente modelador das paisagens e do fluxo de biodiversidade entre elas. Dessa maneira, as pressões que o agente antropogênico causa ou potencializa pode congrega diversas formas de transformação dos sistemas biogeográficos, com a finalidade de se construir (ou reproduzir) novas realidades de homogeneização paisagística local ou

regional pelo seu trabalho, incessantemente.

Dessa maneira, os efeitos das intervenções humanas são capazes de alterar dinâmicas naturais do modelado, a distribuição dos materiais, além de “desvirtuar” e desequilibrar processos naturalmente estabelecidos e atuantes, forçando os sistemas ambientais a procurar novas formas de auto-regulação, o que acaba por gerar danos socioambientais, muitas vezes críticos (Chistofolletti, 1999). Esses são os chamados riscos, perigos ou sinistros, que tanto são discutidos atualmente frente aos diversos cenários de criticidades provocadas pelas sociedades humanas, principalmente nas áreas de maiores vulnerabilidades integradas, como é o caso da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão (Mendes *et al.*, 2024).

É salutar informar que a parte do território do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão que está a até 10km em média do canal do Rio Tocantins é composto por características geológicas de sedimentos inconsolidados quaternários, bem como topografias baixas, associada a planícies de inundações (Figura 6). Portanto, são áreas de média a alta suscetibilidade ecodinâmica (Mendes *et al.*, 2024), o que permite que haja comprometimentos da integridade dos mosaicos de paisagens remanescentes face às atuais dinâmicas de uso da terra impostas pelas atividades em desenvolvimento desde os anos 1990.

A situação de conversão de espaços naturais em ambientes antropogênicos, dos anos 1990 até os presentes dias, conforme já citado, levaram às principais alterações:

a) retirada da cobertura vegetal das Áreas de Preservação Permanentes, ou APPs, dando lugar a construções humanas de diversos portes e para diferentes objetivos (habitacionais, comerciais, hospitalares, educacionais, de prestação de serviços, dentre outros) e, sobretudo, áreas de cultivos itinerantes com baixa tecnologia de manejo utilizada;

b) conversão de cursos d'água de pequeno porte (canais de ordens 1 e 2) em canais de escoamentos de esgotos em áreas urbanas e em aparelhos de drenagem assoreados devido aos desmatamentos sucessivos (Figura 7);

c) alteração das redes de drenagem naturais por configuração de aterros sucessivos desenvolvidos pelos entes públicos e pela própria população local para a configuração de estradas de rodagem e de estradas de ferro, caracterizando depósitos tecnogênicos, sobretudo às margens de corpos hídricos, que passam por desperenização crônica regional, segundo Dias e Catunda (2019).



Figura 6 - Mosaicos de usos em planícies de inundação do Rio Tocantins, entre os municípios de Imperatriz e Cidelândia, palco de instabilidades geoecológicas e de perda substantiva de potenciais paisagísticos naturais.

Fonte: Registro dos Autores.



Figura 7 - Canal de drenagem de ordem 1 em franco processo de assoreamento devido às pressões antropogênicas de supressão de cobertura vegetal de áreas de cabeceiras de drenagem e de retirada de vegetação ciliar no município de Vila Nova dos Martírios (MA).

Fonte: Registro dos Autores.

Quanto maiores forem (em termos escalares) as intervenções antropogênicas em uma dada área, maiores serão os efeitos adversos produzidos no *design* das paisagens remanescentes. Isso implica afirmar que os ambientes, aqui considerados classes ou unidades geoecológicas, têm respostas distintas às alterações socialmente impostas, concorrendo para maiores possibilidades de desenvolvimento de danos ambientais (impactos e degradações), os quais podem comprometer as condições de vida humana e a qualidade ambiental de recortes territoriais pontuais ou extensivos. No caso da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão essa afirmação apresenta-se de forma pertinente e clara.

O agente geoecológico antropogenético, dotado de necessidades e de forças produtivas transformadoras e perturbadoras, no caso da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, teve o claro intuito de modificar o meio natural, convertendo-o continuamente em espaço geográfico (que é

por definição social), conforme já indicado. Com isso, baseados em Ab'Sáber (2006), tem-se na área de pesquisa o resultado da configuração de duas histórias distintas, porém complementares: a história social ou humana e a história geoecológica.

Atualmente, a Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão apresenta-se com uma identidade paisagística polissêmica, em que as alterações antropogênicas locais e regionais converteram os elementos e processos naturais e recursos para os assentamentos humanos de forma intensiva e extensiva. De forma a elucidar esse argumento, têm-se dois argumentos, quais sejam (Tabela 1) e (Figura 8):

a) enquanto 30,68% do espaço total analisado é composto por unidades geoecológicas naturais, com predomínio de formação florestal (28,01%), as unidades geoecológicas antropogênicas perfazem 69,32%, com 2.765,75 km² de mosaicos de pastagens. Em outros termos, 59,42% da região de pesquisa possui áreas destinadas à pecuária bovina;

b) as classes geoecológicas de silvicultura e soja somadas ocupam 313,09 km² na composição paisagística regional, ou seja, 6,73% do total. Contudo, o que há é a configuração de um processo (em curso) de transmutação de unidades geoecológicas antropogênicas de pastagens em outra categoria, que é a de lavouras temporárias (nas classes retromencionadas), o que parece indicar uma tendência de curto ou médio prazos (Figura 9).

Tabela 1: Unidades Geoecológicas da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil.

CLASSES GEOECOLÓGICAS		
Unidades Geoecológicas Naturais	Área (Km²)	Percentual sobre o Total (%)
Afloramento Rochoso	0,38	0,01%
Floresta Alagável	1,53	0,03%
Formação Campestre	17,88	0,38%
Campo Alagado e Área Pantanosa	23,04	0,50%
Rio, Lago e Oceano	40,31	0,87%
Formação Savânica	40,84	0,88%
Formação Florestal	1.303,47	28,01%
Total (km²)	1.427,45	30,68%
Unidades Geoecológicas Antropogênicas	Área (Km²)	Percentual sobre o Total (%)
Outras Áreas não Vegetadas	3,34	0,07%
Mosaico de Usos	34,93	0,75%
Outras Lavouras Temporárias	44,82	0,96%
Área Urbanizada	64,51	1,39%
Soja	104,85	2,25%
Silvicultura	208,25	4,48%
Pastagem	2.764,75	59,42%
Total (km²)	3.225,44	69,32%
Total Geral (km²)	4.652,89	100,00%

Fonte: Autoria Própria.

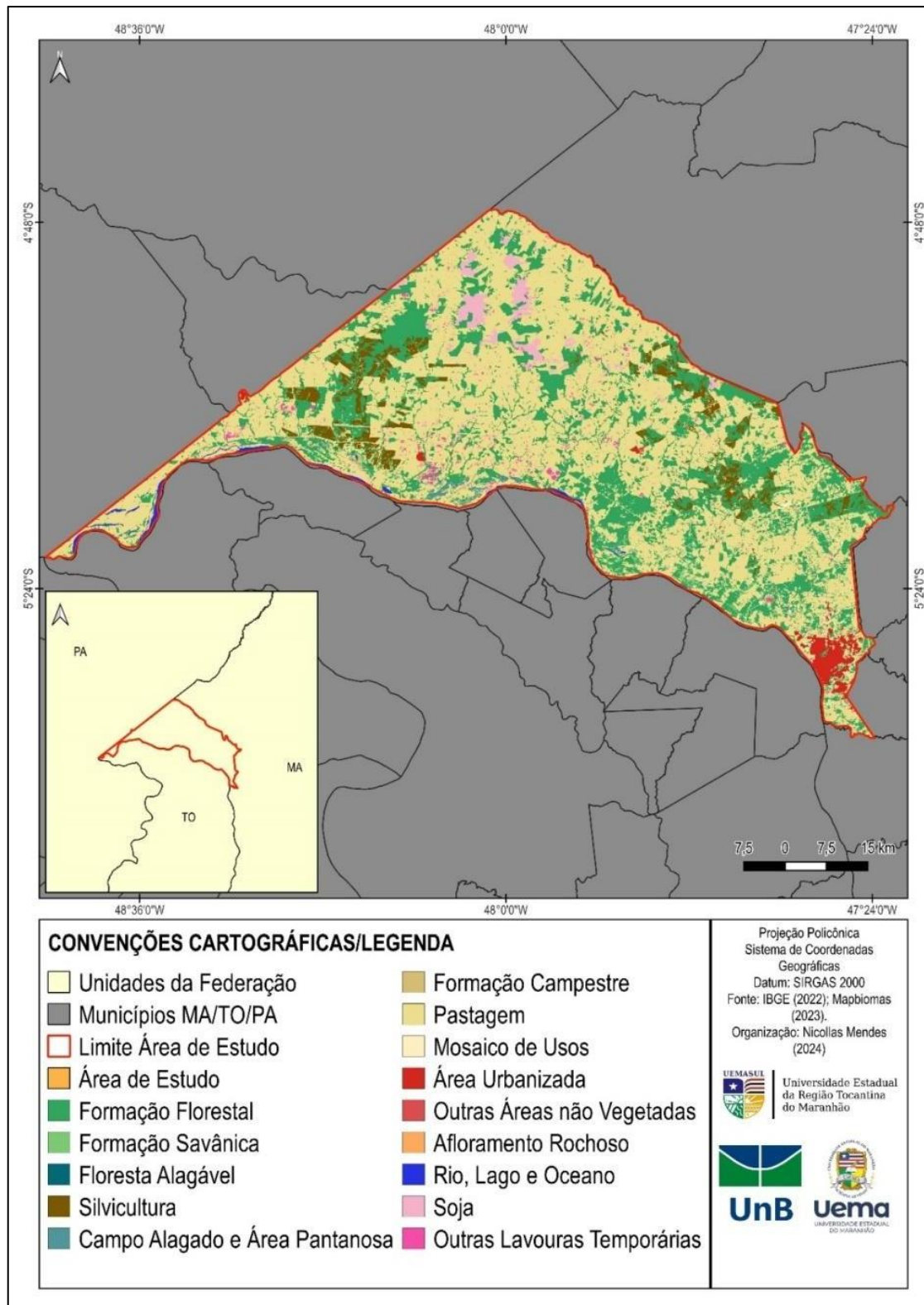


Figura 8 - Situação atual das Unidades Geoecológicas da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil.

Fonte: IBGE, 2022; MAPBIOMAS, 2023. Org. Mendes, 2024



Figura 9-: Áreas de antigas pastagens transformadas em espaços de plantio de grãos na zona rural de São Pedro da Água Branca, extremo Oeste da Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão.

Fonte: Registro dos Autores

Atualmente, a Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão apresenta-se com uma identidade paisagística polissêmica, em que as alterações antropogênicas locais e regionais converteram os elementos nativos em um mosaico de usos diversificados. A matriz socioeconômica, como observado nas ilustrações precedentes, demonstram que o espaço total regional é fortemente controlado por ações humanas e que os remanescentes naturais de formações vegetais nativas se apresentam deveras fragmentados e com poucos elementos conectivos funcionais para fluxos de biodiversidade.

Outrossim, destaca-se que as unidades geoecológicas naturais consideradas como formações savânicas não possuem nenhuma ligação epistemológica ou científica com as savanas *stricto sensu*. Todavia, essa denominação é dada às áreas de vegetação secundária mista cujo porte e fitofisionomia são similares aos ambientes savaniformes ou de cerrados, sem qualquer conotação estrutural, florística ou botânica com estes últimos.

Há que ser destacado ainda (Tabela 1), que as florestas alagáveis correspondem a áreas, sobretudo, de nascentes de cursos hídricos locais na Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, perfilando apenas um total de 1,53 km² do espaço total analisado. Elas possuem atualmente distribuição deveras restrita e possivelmente foram mais amplas arealmente em momentos precedentes. Já as formações vegetais associadas a unidades geoecológicas naturais de campos alagados e áreas pantanosas, com 23,04 km², perfilam as Áreas de Preservação Permanentes associadas a canais fluviais. Entretanto, ambas as classes representam apenas 38,09% do quantitativo de áreas urbanizadas, uma das menores categorias geoecológicas do recorte geográfico trabalhado. Isso representa a ausência de proteção efetiva de coberturas vegetais nativas mantenedoras de fluxos gênicos e de integridade paisagística regional, algo que carece de maiores discussões e aprofundamentos teóricos e propositivos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises de articulações regionais de paisagens concorrem para a compreensão mais detalhada de como os processos de evolução ocupacional humana convergem para a perda de unidade e de integridade paisagísticas em um recorte territorial. A Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão assenta-se nessa premissa conceitual e, com isso, deriva múltiplas necessidades de arranjos metodológicos voltados para uma unidade polissêmica pautada na Geoecologia das Paisagens para compor um modelo crível de análise do contexto e do *design* de cada unidade geoecológica, quer seja ela natural, quer seja ela antropogênica.

Em sendo assim, convém indicar esforços de realização de pesquisas complementares que vertam suas abordagens para a Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão sob a ótica dos seguintes elementos norteadores:

a) realização de cartografia temática de síntese dos principais elementos naturais regionais (relevo, altimetria, hipsometria, geologia, litologia, bacias hidrográficas, drenagem superficial em canais concentrados, solos e aptidões agrícolas dos solos);

b) identificação dos principais processos históricos recentes (dos anos 1980 à atualidade) de pressões de uso da terra, com derivações nas coberturas e nas atividades produtivas da área analisada; e

c) compreensão da disposição espacial e das métricas de paisagens vinculadas às unidades geoecológicas naturais.

Assim, com esse conjunto de dados e informações técnicos e científicos, será possível alcançar e implementar propostas de planejamento biorregional que visem sobretudo a indicação de corredores viáveis para a restauração paisagística, bem como áreas de pastagens degradadas ou de outras formas de uso consolidadas passíveis de recuperação de cobertura vegetal com espécies nativas. Por consequência, a convergência desses elementos conceito-pragmáticos deverá observar a legislação em vigor, algo indispensável, sobretudo, na contemporaneidade.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Bases conceptuais e papel do conhecimento na previsão de impactos. In: MÜLLER-PLANTENBERG, C.; AB'SÁBER, A. N. (Orgs.). **Previsão de impactos: o estudo de impacto ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, Rússia e Alemanha.** São Paulo: EDUSP, 2006. p. 27-49.

BARROS, E. **Imperatriz: memória e registro.** Imperatriz: Ética, 1995. 294p. BERTALANFY, L.

Teoria geral dos sistemas. Petrópolis: Vozes, 1973. 360p.

- CARLOS, A. F. A. **A cidade**. São Paulo: Contexto, 2013. 104p.
- CARVALHO, C. **O Sertão**: subsídios para a História e a Geografia do Brasil. Imperatriz: Ética, 2006. 442p.
- CATUNDA, P. H. A.; DIAS, L. J. B. S. (Orgs.). **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão – Escala 1:250.000 (Bioma Amazônico)**. São Luís: IMESC/UEMA, 2019. 578p.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999. 256p.
- CLARK, D. **Introdução à Geografia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991. 288p.
- COSTA, A. P. **Pressões de uso da terra no bioma amazônico maranhense**. 2022. 160 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço) - Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2022.
- COSTA, A. P. *et al.* Alterações antropogênicas no contexto da cobertura vegetal da Região Metropolitana da Grande São Luís (RMGSL) – MA. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, v. 21, n. 2, p. 19–32, 2019.
- DIAS, L. J. B.; CATUNDA, P. H. A. (Orgs.). **Zonificação do território**: etapa Bioma Amazônico. São Luís: IMESC, 2019. 60p.
- DIAS, L. J. B. *et al.* Evolução da dinâmica das pressões antropogênicas sobre paisagens naturais do Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 24, n. 96, p. 212–233, 2023.
- DIAS, L. J. B. *et al.* Vulnerabilidades morfoclimáticas no Bioma Amazônia no Estado do Maranhão: orientações ao Zoneamento Ecológico-Econômico regional. In: SEABRA, G. (org.). **Educação Ambiental**: natureza, biodiversidade e sociedade. Ituiutaba: Barlavento, 2017. p. 187- 200.
- EMBRAPA. **Coleção entomológica da Embrapa Cerrados**. 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/cerrados/colecao-entomologica/>. Acesso em: 10 mar. 2024.
- FRANKLIN, A. **Breve história de Imperatriz**. Imperatriz: Ética, 2005. 101p.
- _____. **Apontamentos e fontes para a história econômica de Imperatriz**. Imperatriz: Ética, 2008. 244p.
- FRANKLIN, A.; SOUSA, J. M. Formação socioespacial sul-maranhense: da emergência de Pastos Bons à construção de um espaço policêntrico. In: SOUSA, J.M. (org.). **O regional e o urbano no Sul do Maranhão**: delimitações conceituais e realidades empíricas. Imperatriz: Ética, 2013. p. 29- 49.
- LIMA, F. B.; DIAS, L. J. B. **Parâmetros meteoro-climáticos da Zona Urbana de Imperatriz (MA) entre janeiro de 1961 e dezembro de 2013**: subsídios estatísticos ao planejamento e ordenamento territorial. Relatório Final de Iniciação Científica. Imperatriz: UEMA/FAPEMA, 2015. 83p.
- MATEO-RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental**: subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica. Fortaleza: Edições UFC, 2018. 370p.

MATEO-RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B.. **Geoeecologia das paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. 4. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2013. 332p.

MENDES, N. S. *et al.* Centro de Endemismo Belém sob a perspectiva da ecodinâmicas. In: CORRÊA, A. C. B. *et al.* (Orgs). **Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no Nordeste Brasileiro**. Ananindeua: Itacaiúnas, 2024. p. 187-200.

MUSEU VIRTUAL DE IMPERATRIZ. **Fotos históricas**. Disponível em: <http://museu-virtual.blogspot.com.br>. Acesso em: 16. out. 2015.

PACHECO-FILHO, A. K. **Varando Mundos**: Navegação no Vale do Rio Grajaú. São Luís: EDUEMA, 2018. 264p.

PINHEIRO, C.U.B. **Palmeiras do Maranhão**: onde canta o sabiá. São Luís: Aquarela, 2011. 225p.

RODRIGUES, C. Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio Tropical Úmido: exemplos na Grande São Paulo. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Orgs.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. cap. 3. p. 66-94.

SANCHES, E. (org.). **Enciclopédia de Imperatriz**. Imperatriz: Instituto Imperatriz, 2003. 600p.

SANTOS, E. M. *et al.* Compreensão do Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental, através de ferramentas de sensoriamento remoto. In: CORRÊA, A. C. B. *et al.* (Orgs). **Mudanças ambientais e as transformações da paisagem no Nordeste Brasileiro**. Ananindeua: Itacaiúnas, 2024. p. 2546-2558.

SILVA, C. S.; GOMES, E. C. **A ocupação do solo no centro urbano de Imperatriz**. Imperatriz: Ética, 2008. 102p.

SOUSA, J. M. **A cidade na região e a região na cidade**: a dinâmica socioeconômica de Imperatriz e suas implicações na Região Tocantina. Imperatriz: Ética, 2009. 318p.

SPINELLI-ARAUJO, L. *et al.* Conservação da biodiversidade do Estado do Maranhão: cenário atual em dados geoespaciais. **Documentos**, n. 108. Jaguariúna-SP: EMBRAPA Meio Ambiente, 2016.

VALVERDE, O.; DIAS, C. V. **A Rodovia Belém-Brasília**: estudo de Geografia Regional. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia, 1967. 376p.

DIVERSIDADE BIOGEOGRÁFICA DO FILO *CHORDATA* (REINO *ANIMALIA*) NA REGIÃO DO BICO DO PAPAGAIO, MARANHÃO, BRASIL

Elza Ribeiro dos Santos Neta
Universidade de Brasília - UnB
elza.ribeiro@uemasul.edu.br

Ruth Elias de Paula Laranja
Universidade de Brasília - UnB
laranja.ruth@unb.br

Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA
luizjorgedias@professor.uema.br

Ana Katarina Diniz Santos
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA
ana.katarina1509@gmail.com

RESUMO

A Região do Bico do Papagaio no Maranhão faz parte do Centro de Endemismo Belém e é composto pelos municípios de Imperatriz, Cidelândia, Vila Nova dos Martírios e São Pedro da Água Branca, sendo uma área com rica biodiversidade biogeográfica. Esta pesquisa tem por objetivo analisar os dados disponíveis de biodiversidade animal para o filo *Chordata* e suas inter-relações com os padrões de uso e cobertura na Região do Bico do Papagaio no Maranhão. Com abordagem geocológica sendo o método proposto na avaliação de ambientes naturais, considerando as escalas geossistêmicas, ecológicas e cartográficas, a metodologia envolveu a coleta de dados de caráter quantitativo dos repositórios GBIF e Salve (ICMBIO), elaboração de mapas de densidade de registros de espécies do filo *Chordata* (reino *Animalia*) na área total, riqueza de espécies por município e formulação de proposições para conservação. Os resultados apontaram que quanto a diversidade e riqueza de espécies do filo *Chordata* foram identificadas 512 espécies com destaque para a classe aves que apresentou 394 espécies, seguida de herpetofauna com 65, peixes com 31 e mamíferos com 22 espécies, destaca-se que a quantidade total de espécies deste filo corresponde a 37,98% de toda a biodiversidade presente na Amazônia Maranhense (1.348), estes dados demonstram o potencial de biodiversidade na área pesquisada. A discussão destaca ainda a importância da conservação das áreas prioritárias e a viabilidade de corredores ecológicos.

Palavras-chave: Biodiversidade. Áreas prioritárias de conservação. Corredores ecológicos.

ABSTRACT

The Bico do Papagaio Region in Maranhão is part of the Belém Center of Endemism and is composed of the municipalities of Imperatriz, Cidelândia, Vila Nova dos Martírios and São Pedro da Água Branca, being an area with rich biogeographic biodiversity. This research aims to analyze the available data on animal biodiversity for the phylum *Chordata* and its interrelationships with the patterns of use and coverage in the Bico do Papagaio Region in

Maranhão. With a geoecological approach as the proposed method for the evaluation of natural environments, considering the geosystemic, ecological and cartographic scales, the methodology involved the collection of quantitative data from the GBIF and Salve (ICMBIO) repositories, preparation of density maps of species records of the phylum *Chordata* (kingdom Animalia) in the total area, species richness by municipality and formulation of proposals for conservation. The results showed that regarding the diversity and richness of species of the *Chordata* phylum, 512 species were identified, with emphasis on the bird class, which presented 394 species, followed by herpetofauna with 65, fish with 31 and mammals with 22 species. It is worth noting that the total number of species of this phylum corresponds to 37.98% of all biodiversity present in the Maranhão Amazon (1.348). These data demonstrate the potential for biodiversity in the researched area. The discussion also highlights the importance of conserving priority areas and the viability of ecological corridors.

Keywords: Biodiversity. Priority conservation areas. Ecological corridors.

INTRODUÇÃO

A Região do Bico do Papagaio no Maranhão está contida na Amazônia Oriental Brasileira, também conhecida como Centro de Endemismo Belém (CEB). E em virtude da sua localização e situação geográfica está composta pelos municípios de Imperatriz, Cidelândia, Vila Nova dos Martírios e São Pedro da Água Branca. Ademais, a articulação territorial dessa região contempla uma área total de 4.652,89 km².

É importante destacar que essa região não foi indiferente aos problemas comuns à maioria da Amazônia Oriental, problemas esses associados a extensos processos de fragmentação das paisagens nativas, dificuldade de proposição de alternativas reais de *design* de corredores ecológicos e exaustão dos habitats remanescentes para a biodiversidade regional (Dias *et al.*, 2023; Santos Neta *et al.*, 2024).

Os centros de endemismos são as menores unidades espaciais para a análise dos processos biogeográficos atuantes e caracterizadores das paisagens. Por isso são considerados recortes territoriais e paisagísticos relevantes para a conservação da fauna e da flora (Carvalho, 2011; Almeida *et al.*, 2014; Dias *et al.*, 2023). O CEB, em específico, possui as áreas com as maiores criticidades quanto à ausência de proteção da biodiversidade endêmica do maior conjunto de ecossistemas associados ao maior maciço florestal do mundo contemporâneo (Dias *et al.*, 2023).

A Região do Bico do Papagaio no Maranhão passou por diversos ciclos agrícolas, Ab'Saber (2004) expõe sobre a discrepância entre as áreas geoecológicas e geoeconômicas geradas por esses ciclos exploratórios, em especial na Amazônia. Destaca-se ainda, a austeridade nos processos ocupacionais e produtivos dessa região, com baixa aplicabilidade

de conhecimentos práticos acerca dos recursos naturais existentes para o manejo dos espaços disponíveis. Com isso, ocorreu a exploração de forma predatória e arbitrária, sem levar em consideração as características dos solos equatoriais e a consequente precariedade na conservação do patrimônio ecológico e biológico.

Apesar da rica diversidade, a Amazônia Oriental apresenta o menor grau de ocupação do espaço com áreas protegidas, apresentando alto grau de desmatamento e fragmentação florestal (Araújo *et al.*, 2011; Dias, 2023; Dias *et al.*, 2023). Em relação à elaboração de planos de manejo eficientes é necessário para a preservação da biodiversidade compreender a diversidade da fauna e da flora, sendo importante destacar as listas de inventários faunísticos regionais, particularmente em áreas que representam lacunas amostrais e que se referem a grupos com um alto índice de espécies em risco de extinção (Peres, 2005).

Portanto, é fundamental entender a biodiversidade endógena do CEB, mormente no que tange à sua fauna, algo que é tão crucial quanto às análises dos serviços ambientais desenvolvidos pelos ecossistemas originais. E igualmente estratégicos, sobretudo em face das alterações antropogênicas que mobilizam a alteração do uso do solo por técnicas agrícolas. Uma estratégia para compreender a função da macrofauna na operação do solo consiste em reconhecer os grupos taxonômicos e identificar os elementos que mais influenciam sua composição nos variados usos do solo (Rousseau *et al.*, 2014).

Ante ao exposto, já se pode indicar que o CEB é provavelmente a região biogeográfica mais ameaçada da Amazônia Internacional, já que tem a ocupação mais antiga das frentes pioneiras e os processos produtivos mais consolidados (Dias, 2025). Indica-se que a perda de floresta um dos indicadores de vulnerabilidade para áreas de endemismo, a ausência de vegetação contribui para a diminuição de espécies nessa região (SILVA *et al.*, 2005), sendo necessário estratégias específicas de conservação biogeográfica.

Dentre essas estratégias há a Análise de Parcimônia de Áreas de Endemismo (PAE) proposta por Recoder (2011) que visa conhecer sobre a distribuição de espécies na região, e, por conseguinte busca-se na presente pesquisa analisar os dados disponíveis de biodiversidade animal (filo *Chordata*) em plataformas sobre a biodiversidade e suas inter-relações com os padrões de uso e cobertura na Região do Bico do Papagaio, no Maranhão.

Sucintamente, a preservação da biodiversidade na Amazônia Oriental, particularmente na região do Bico do Papagaio no Maranhão, é essencial. O CEB requer planos estratégicos que atuem de forma integrada e cooperativa, sendo necessário que entidades governamentais, não governamentais, comunidades locais e sociedade civil unam-se para proteger este relevante ecossistema. Apenas dessa forma poderemos assegurar a manutenção da abundante

diversidade biológica da área e fomentar a sustentabilidade a nível regional e global (Santos *et al.*, 2024).

Em assim sendo, o presente relato de pesquisa visa a analisar os dados obtidos em plataformas relacionadas a preservar subsídios de trabalhos com biodiversidade com o intuito de averiguar a sua incorporação nas estratégias de planejamento biorregional para a conservação de áreas. Ou seja, busca-se analisar os dados disponíveis de biodiversidade animal para o filo *Chordata* no repositório de biodiversidade *online* Global Biodiversity Information Facility – GBIF e Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - Salve (ICMBIO) e suas inter-relações com os padrões de uso e cobertura na Região do Bico do Papagaio no Maranhão.

Com o auxílio de geotecnologias, foram analisados os níveis de regionalização dos registros, apresentando a biodiversidade presente na área prioritária da região do Bico do Papagaio, Maranhão. Associado a isso, a indicação de iniciativas de conservação da biodiversidade desta região é uma necessidade.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa possui abordagem quantitativa, ou seja, utiliza uma técnica de investigação que leva em consideração a quantificação dos dados, visando resolver um problema específico através de análise estatística e relações entre as variáveis (Lakatos e Marconi, 2003).

Com a ideia de geossistema introduzida por Sochava foi estabelecida uma metodologia de estudo da natureza/paisagem que fosse aplicável aos estudos geográficos visando lançar uma proposta metodológica que substituísse os estudos baseados exclusivamente na dinâmica biológica do ecossistema, pelos estudos integrados dos sistemas naturais e humanos em um determinado recorte espacial (Neves *et al.*, 2013).

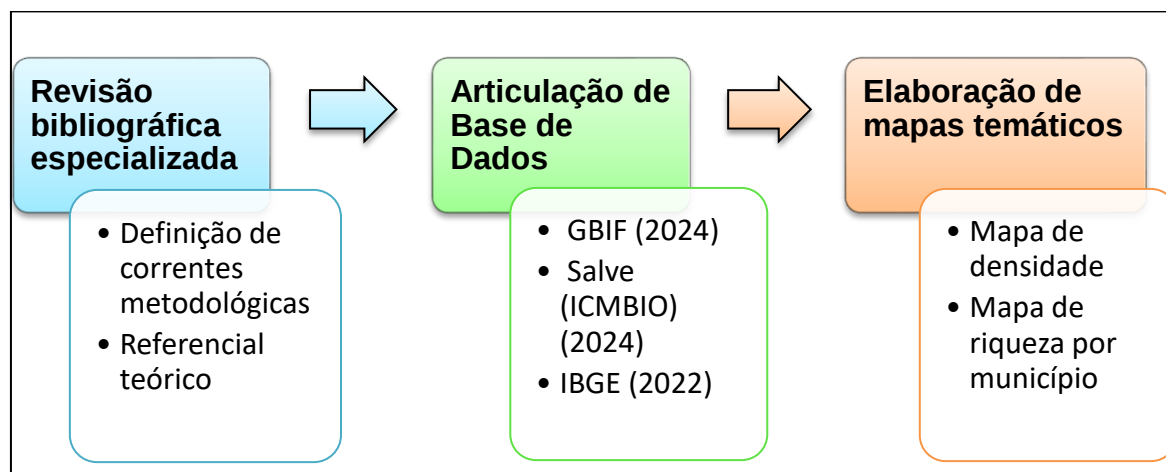
Dias *et al.*, (2017) propõem uma abordagem geoecológica, a qual é pautada em procedimentos multiescalares, ao passo que apontam para níveis cartográficos integrados de hierarquização de análises. Tal metodologia vincula domínios da natureza e biomas, bem como suas correlatas unidades componentes, que são de tamanhos inferiores. Isso possibilita foco em análises que compreendam as vulnerabilidades ecodinâmicas, visando subsidiar a organização e planejamento territorial. Assim, para efeitos desta pesquisa, regiões naturais (escala geográfica) e ecorregiões (escala ecológica), regiões biogeográficas e centros de endemismo são considerados sinônimos (Santos *et al.*, 2024).

Os dados de ocorrência foram obtidos a partir de pesquisa realizada no repositório de biodiversidade *online* GBIF e Salve (ICMBIO) restritos aos limites dos municípios de Imperatriz, Cidelândia, Vila Nova dos Martírios e São Pedro da Água Branca no Estado do Maranhão. A base de dados do GBIF é concentrativa, ou seja, mostra a concentração de espécies que foram vistas em uma localidade. O *SpeciesLink* é uma ferramenta georreferenciada com base de dados distributiva, ou seja, mostra a distribuição das espécies em uma localidade.

Foram aplicados filtros de busca para delimitação de registros de representantes do filo *Chordata*, e para as classes deste filo ocorrente na área de busca com elaboração de mapas coropléticos de riqueza por municípios e mapas de densidade de indivíduos, para cada uma das cinco classes de Cordados: Mamíferos, Répteis, Anfíbios, Aves e Peixes.

A elaboração considerou o uso das coordenadas georreferenciadas pelo Sistema Geodésico Brasileiro, os arquivos vetoriais utilizam o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas – SIRGAS 2000 (Elipsoide: GRS-1980). Todo o percurso metodológico está na figura 10.

Figura 10: Articulações epistemológicas, metodológicas e procedimentais adotadas na Pesquisa



Fonte: Elaborado pelos autores, 2025

De acordo com Kawamoto (2012), a estimativa de densidade de Kernel (KDE) é uma técnica usada para estimar a função de densidade de probabilidade de uma variável aleatória de forma não paramétrica. Assim, a fórmula do Kernel quártico empregada está descrita como:

$$k\left(\frac{s-s_i}{\tau}\right) = \frac{3}{\pi} \left(1 - \left(\frac{s-s_i}{\tau}\right)^2\right)^2 \quad \text{para } \left(\frac{s-s_i}{\tau}\right)^2 \leq 1$$

Onde $k\left(\frac{s-s_i}{\tau}\right)$ é a função Kernel, τ é o raio de influência, s é o ponto no espaço para o qual estamos estimando a intensidade, s_i são as localizações dos eventos observados. O Kernel quártico representa a suavização dos dados no espaço.

Já os mapas coropléticos permitiram destacar variações espaciais na diversidade biológica entre recortes paisagísticos e territoriais. A classificação se deu por meio do método de quebras naturais (Jenks). Segundo Ramos *et al.* (2016), a fórmula da classificação Jenks se baseia no cálculo do Goodness of Variance Fit (GVF), visando minimizar as diferenças dentro das classes e maximizar as diferenças entre elas:

$$GVF = \frac{SDAM - SDCM}{SDAM}$$

O objetivo é maximizar o GVF, que vai de 0 a 1, agrupando as observações até encontrar a melhor divisão possível. Para a análise da riqueza de espécies, foram aplicadas a Rarefação Mao Tau e a Estimativa de Riqueza Jackknife 1, utilizando as ferramentas disponíveis nos softwares gratuitos PAST 4.0 – Paleontological Statistics (Hammer, Harper e Ryan, 2001) e EstimateS 9.1.0 (Colwell, 2013). Essas análises tiveram como objetivo fornecer subsídios para interpretar a distribuição da riqueza em função do esforço amostral, além de avaliar a representatividade dos dados em relação à riqueza real estimada para a área de estudo.

No contexto da diversidade biológica, a riqueza de espécies é frequentemente considerada a métrica mais direta e intuitiva de diversidade. Como destacado por Krebs (2014), a riqueza de espécies refere-se ao número total de espécies registradas em uma unidade de estudo específica. Essa medida desempenha um papel essencial na caracterização do grau de diversidade em uma área, embora sua determinação seja desafiadora em função da necessidade de esforços amostrais extensivos, particularmente em ambientes com elevada biodiversidade.

A suficiência amostral é um componente fundamental na análise da diversidade. Esse conceito aborda o efeito do aumento ou redução das unidades amostrais sobre os valores de diversidade observada. Segundo Magurran (1988) e Krebs (2014), as diversidades α e β são escalas interdependentes e positivamente correlacionadas. Isso implica que a ampliação do

esforço amostral tende a incrementar os valores de diversidade observados, enquanto sua redução pode resultar na subestimação da diversidade real de uma área.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este tópico aborda a evolução da taxonomia e da classificação biológica dos seres vivos, na sequência será apresentada a história da Biogeografia e o estudo da distribuição das espécies enfatizando as potencialidades biogeográficas na Amazônia, como também as ações que levam à redução da biodiversidade.

3.1 A taxonomia e a classificação biológica dos seres vivos

A taxonomia é uma ciência teórica e prática com foco na estruturação do saber biológico acerca dos organismos vivos. Caracteriza-se como a análise teórica da classificação levando em consideração a disposição de animais em grupos (ou agrupamentos) com base em suas relações, isto é, associações baseadas em contiguidade, similaridade ou ambos (Garbino e Lima, 2020).

O sueco Carolus Linnaeus viveu no século XVIII e propagou o sistema de nomenclatura binomial, sendo o pioneiro na sua utilização sistemática, com uma imensa produtividade em livros e descrição de espécies, motivo pelo qual é utilizado seu método até hoje. O livro mais conhecido e importante de Linnaeus é o *Systema Naturae* escrito em 1735 (Garbino e Lima, 2020). Ele não se restringiu somente à categorização, mas também buscou harmonizar a descrição e a designação das espécies. O seu método, fundamentado em propriedades taxonômicas com base em aspectos anatômicos, fisiológicos e comportamentais, criou uma estrutura hierárquica organizando os seres vivos em gêneros, famílias, ordens, classes e filos. Esta organização possibilitou entender a vasta diversidade de vida na terra (Brown e Lomolino, 2006).

Em competição com a taxonomia sistemática surge a taxonomia numérica, a partir da segunda metade do século XX, buscando uma operacionalidade objetiva, onde os taxonomistas numéricos defendiam que todas as categorias biológicas deveriam ser agrupadas e organizadas apontando numericamente a biodiversidade. Esses dados quantitativos seriam passíveis de análise com técnicas e estatísticas para medir distâncias e realizar agrupamentos (Garbino e Lima, 2020).

Um dos principais desafios atuais para a determinação biológica dos seres vivos é a

exigência de aplicar critérios imediatos com parâmetros que abrangem as diversas espécies. Com as ações antrópicas as espécies vêm se adaptando em um cenário de complexidade que caracteriza a natureza contemporânea, onde a catalogação muitas vezes não ocorre no mesmo passo da destruição. A classificação dos organismos em ambientes se faz necessária para uma categorização mais exata e adequada que auxiliem na conservação de áreas prioritárias e forneça subsídios para o equilíbrio no ecossistema.

3.2 A Biogeografia e o estudo da distribuição de espécies

A Biogeografia busca entender os processos que determinam a distribuição dos seres vivos no espaço e suas alterações ao longo do tempo. Localização das espécies, o porquê de estarem onde estão e como a distribuição pode mudar ao longo do tempo são algumas questões que norteiam este campo do conhecimento (Brown e Lomolino, 2006; Figueiró, 2015).

A partir do século XVII, com extensivo trabalho de naturalistas, foi possível compreender que os continentes têm diferentes biotas e que as espécies não estão distribuídas de maneira uniforme. A aceitação da Teoria da Evolução das Espécies de Charles Darwin e de Alfred Russel Wallace foi um marco nesse processo, pois possibilitou entender que as biotas se transformam ao longo do tempo geológico e que sua composição se altera com o passar do tempo, onde diferentes faunas e floras são resultados de histórias evolutivas diferentes (Morrone, 2009).

O estudo em Biogeografia envolve a análise de padrões complexos de distribuição das espécies. Esse trabalho é dificultado pelo fato deles resultarem de processos ocorridos no passado (muitas vezes envolvendo a escala de dezenas de milhares a alguns poucos milhões de anos) e que, desta forma, não podem ser diretamente observados ou testados (Recoder, 2011).

A determinação das áreas de distribuição das espécies, por meio de informações geográficas (pontos de ocorrência), é um passo determinante para as análises em Biogeografia. Isso possibilita a identificação de padrões individuais de distribuição, como as áreas de endemismo, por exemplo. Para Silva (2011), as áreas ou centros de endemismo são áreas onde houve restrição espacial de parte de uma biota causada por um processo comum de isolamento. Essas unidades biogeográficas são vistas como essenciais para as ações de conservação, pois a seleção de áreas prioritárias para a conservação da natureza deve levar em conta fatores históricos de evolução biogeográfica e uma vasta variedade de espécies

endêmicas (Silva *et al.*, 2005; Gillung, 2018).

A história da Biogeografia se divide em dois períodos: o primeiro foi o pré-evolutivo, fundamentado na ideia do fixismo das espécies, na estabilidade e constância do planeta Terra, e em um centro de origem e dispersão. O segundo, conhecido como evolutivo, marca a ruptura dessas ideias e incorpora conceitos de alterações tanto na flora (evolução) quanto na Terra, dando origem ao paradigma vicariante, bem aceito até os dias atuais, um nome de destaque que contribuiu com esses estudos foi Léon Croizat (Miranda e Dias, 2012; Gillung, 2018).

No mundo globalizado que gera cada vez mais contrastes entre a degradação e a conservação, os estudos biogeográficos são necessários para a conservação dos sistemas socioambientais. a sobrevivência de espécies representa uma necessidade que deve ser levada em consideração, sendo necessária a ação conjunta de estratégias que pense nesse cenário como um todo.

3.3 Reflexões sobre a Biogeografia na Amazônia

Biodiversidade, em suma, significa a diversidade de vida. Ela abrange a variação entre espécies ou outros componentes biológicos, abrangendo alelos e complexos genéticos, população, agrupamentos, comunidades, ecossistemas, paisagens e áreas biogeográficas (Brown e Lomolino, 2006). Em nível mundial, regional e local temos uma vasta biodiversidade que é afetada de forma distinta, mas que sempre levam a perdas.

As ações humanas afetam significativamente a biodiversidade mundial; a perda atual de espécies é irreversível e está se intensificando. A extinção parece inevitável, independentemente da complexidade do organismo ou do tempo de sua existência. Atualmente, estamos lidando com uma perda na diversidade genética, possivelmente inédita na história da Terra, mesmo quando comparada às grandes extinções documentadas no registro geológico, este episódio vem sendo intensificado principalmente pela ação humana, sendo essa a face dramática das transformações em curso no mundo (Christopherson e Bikerland, 2017).

Estes mesmos autores elencaram algumas categorias de impacto humano que oferecem riscos à diversidade, dentre eles destaca-se:

- a) Perda de habitat, degradação e fragmentação à medida que áreas naturais são convertidas para agricultura e empreendimentos urbanos;
- b) Supressão de coberturas vegetais nativas por desflorestamento e desmatamento;

- c) Queimadas acidentais ou intencionais, potencialmente causadoras de incêndios florestais;
- d) Abandono de áreas produtivas e lixiviação de nutrientes dos solos, associados a vários tipos de processos erosivos;
- e) Efeitos de borda relacionados à diminuição progressiva das áreas vegetadas;
- f) Erosão de fauna, ocasionada por processos migratórios de animais em busca de novos refúgios e locais de forrageamento e caça;
- g) Poluição do ar, água e solo; e
- h) Introdução de animais e vegetais não nativos.

Todas essas categorias estão presentes na Região do Bico do Papagaio no Maranhão, conforme figura 6 e tabela 1, entretanto mesmo sendo uma região com maiores oportunidades de ameaças ainda apresenta grande chance para conservação da biodiversidade, em virtude das características biogeográficas. Assim, a tarefa de conhecer a biodiversidade é enorme, especialmente porque em cada região do planeta as espécies evoluíram de maneiras diferentes e interagem em condições ambientais próprias, sendo necessária ação conjunta e eficaz de conservação visando o equilíbrio socioambiental.

A Amazônia é a floresta tropical mais rica e biodiversa do planeta. Dados apontam que a região abriga pelo menos 40.000 espécies de plantas, 427 de mamíferos, 1.294 de aves, 378 de répteis, 427 de anfíbios e mais de 3.000 espécies de peixes. Acredita-se que a Amazônia abrigue cerca de 10% das espécies do planeta (Silva *et al.*, 2005; Silva e Garda, 2016).

Em tal bioma, as comunidades de animais, plantas e fungos não são uniformes. A região consiste em diversas áreas de endemismo, separadas pela presença de barreiras físicas bem definidas, como rios, planaltos, manchas de vegetação aberta, entre outros, cada um com suas biotas e relações específicas. Estima-se que a bacia amazônica abrigue mais de duas mil espécies de peixes de água doce, sendo que mais de 1.800 são endêmicas. Pesquisas sugerem que a Amazônia pode abrigar mais de 16.000 espécies de árvores, das quais apenas um quarto foi devidamente descrito cientificamente (Magnusson *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2005).

São catalogadas oito áreas de endemismo na Amazônia, sendo elas Belém (201.541km²), Guiana (1.700.532km²), Imeri (679.867km²), Napo (508.104km²), Inambari (1.326.684km²), Rondônia (675.454km²), Tapajós (648.862km²) e Xingu (392.468km²). A quantidade e os limites das zonas de endemismo na região devem ser considerados como hipóteses de pesquisa, demandando uma avaliação contínua quando surgem novos dados

taxonômicos e biogeográficos de diversos grupos de espécies (Silva e Garda, 2016).

O conhecimento aprofundado sobre a biodiversidade presente na região amazônica tem sido um percalço nas pesquisas, pois há áreas que nunca foram pesquisadas ou que não há conhecimento aprofundado sobre as espécies existentes, exemplo disso é a Região do Bico do Papagaio. Apesar de ser uma área considerada prioritária para conservação da biodiversidade pelo ZEE do bioma Amazônica do Maranhão, os estudos ainda estão em andamento e as dificuldades para efetivar ações se tornam cada vez mais presentes.

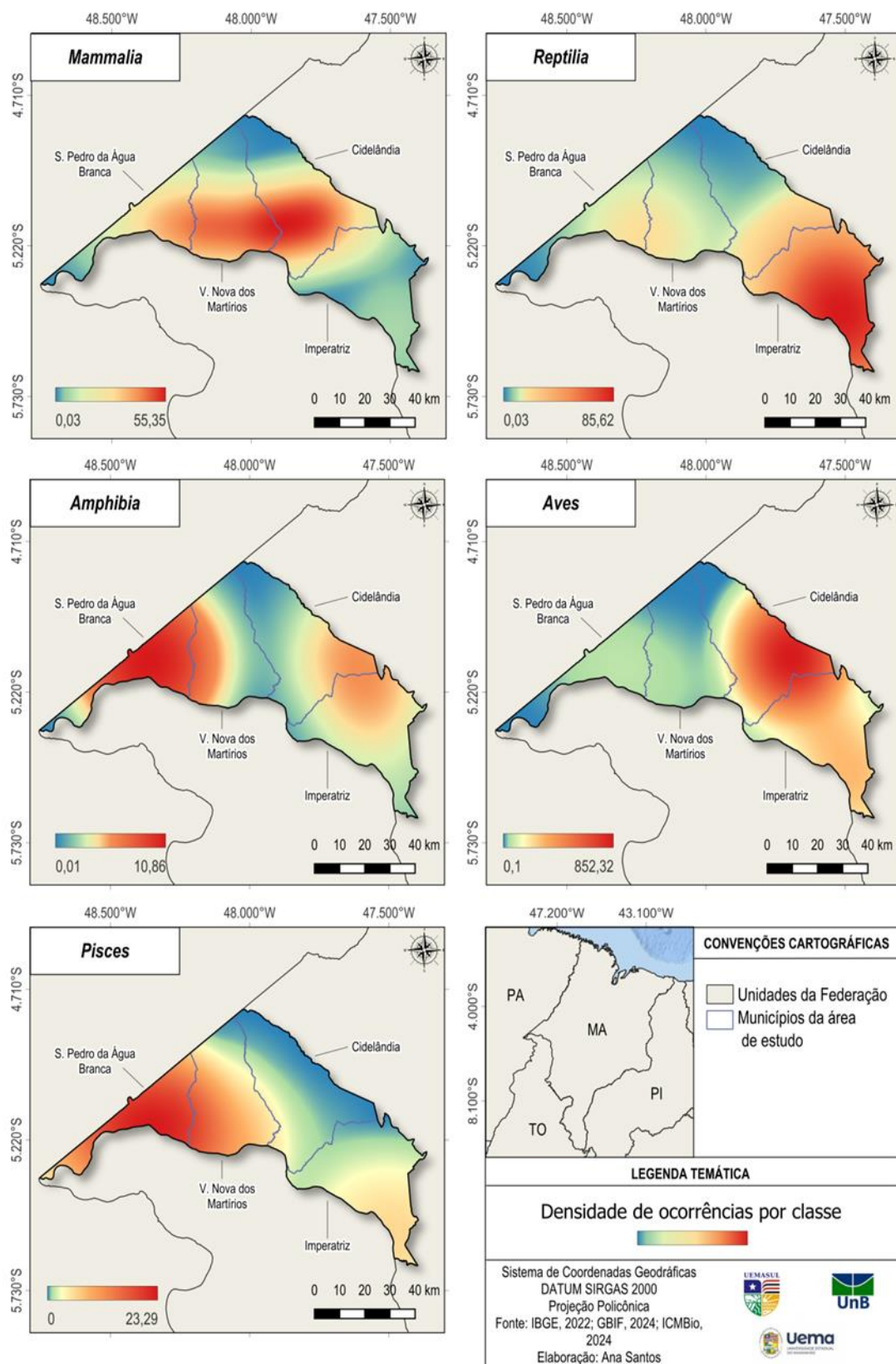
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através dos filtros de busca no Sistema Global de Informação sobre Biodiversidade (GBIF) e Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - Salve (ICMBIO) os dados apontaram 1.780 ocorrências para todo o reino *Animalia* dentro do perímetro da Região do Bico do Papagaio composta pelos municípios de Imperatriz, Cidelândia, Vila Nova dos Martírios e São Pedro da Água Branca no Maranhão. Os registros abrangem um intervalo de tempo compreendido entre os anos de 1997 e 2024 para os dados do GBIF e de 1959 a 2024 para os dados do Salve.

As classes de *Chordata* (cordados) analisadas apresentam variações significativas em termos de riqueza, definida aqui como o número de espécies, gêneros e famílias identificados. Essa diversidade reflete as especificidades ecológicas e adaptativas de cada grupo. As classes consideradas incluem *Mammalia*, *Reptilia*, *Amphibia*, *Aves*, *Actinopterygii* e *Elasmobranchii*, esses dois últimos compõem o grupo *Pisces*.

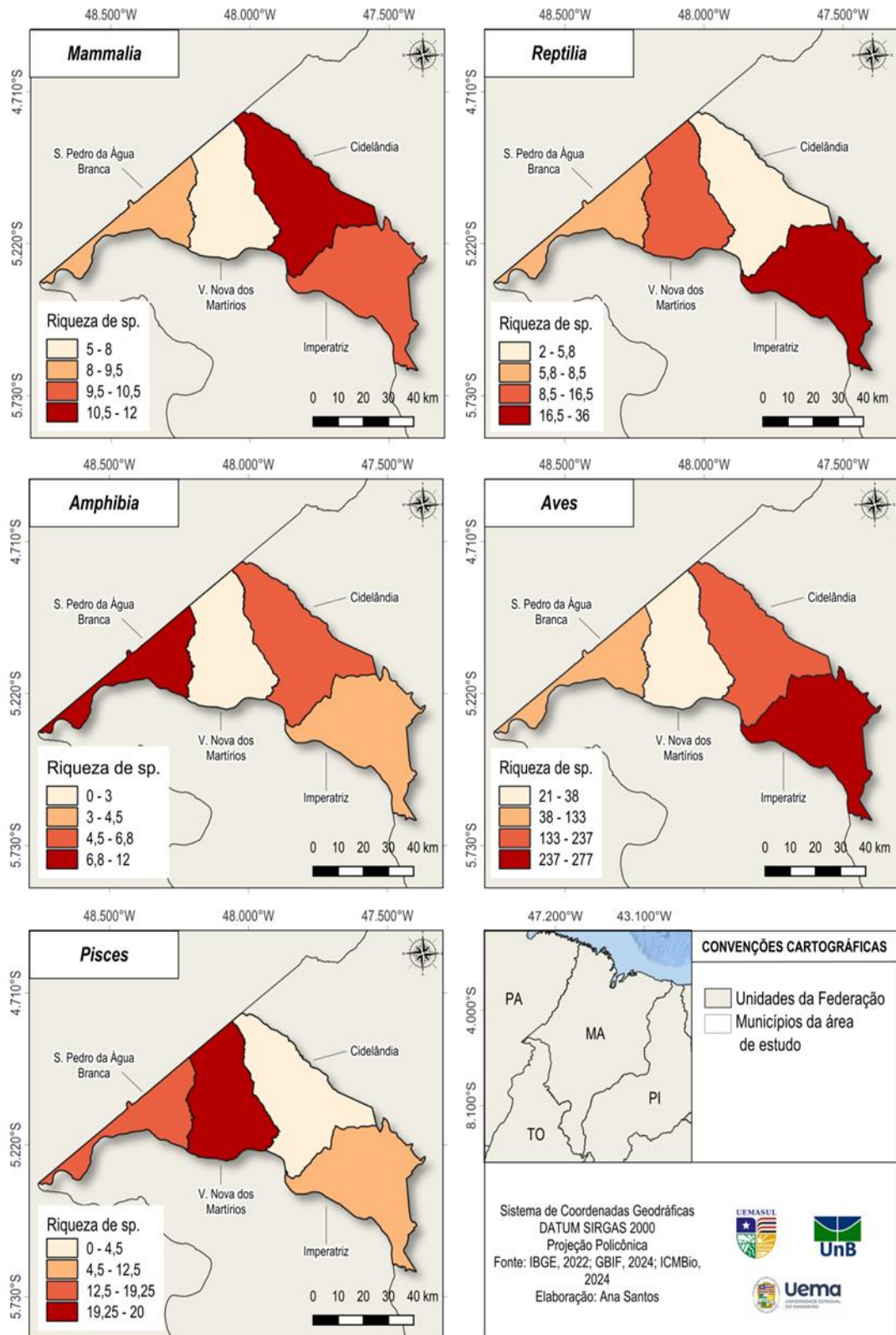
A figura 11 apresenta o mapa da densidade de Kernel que expressam a distribuição do total de registros para o filo *Chordata* na Região do Bico do Papagaio, que apresenta manchas de distribuição variadas entre os municípios, dependendo da classe. A figura 12 apresenta a riqueza de espécies por município na região pesquisada.

Figura 11: Mapa de Densidade de registro por classe do filo *Chordata* (1997 – 2024) na Região do Bico do Papagaio – MA.



Fonte: IBGE, 2022. Org. Santos, 2025.

Figura 12: Mapa de riqueza por quantidade de espécie por município do filo *Chordata* (1959 – 2024) na Região do Bico do Papagaio – MA.



Fonte: IBGE, 2022. Org. Santos, 2025.

Os dados quantitativos de ocorrências das classes do reino *Animalia*, conforme dados do GIBF e Salve estão descritas na Tabela 2:

Tabela 2: Ocorrências do reino *Animalia* para o filo *Chordata* na Região do Bico do Papagaio, MA

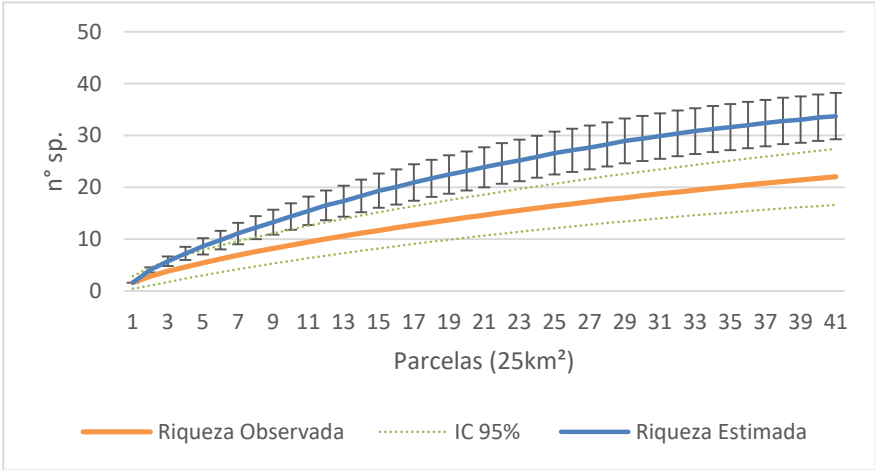
FILO CHORDATA – REINO ANIMALIA – REGIÃO DO BICO DO PAPAGAIO, MA					
Classes	Espécies	Gêneros	Famílias	Nº de registros (ni)	Localidade (parcelas)
<i>Mammalia</i>	22	17	14	162	41
<i>Herpetofauna</i>	65	42	21	141	24
<i>Aves</i>	394	243	68	1436	43
<i>Pisces</i>	31	29	19	41	10
Total Geral	512	331	122	1780	85

Fonte: Elaboração Própria, 2024.

Conforme tabela 2, a classe *Mammalia* apresenta 22 espécies, organizadas em 17 gêneros e 14 famílias. A espécie *Tamandua tetradactyla* apresenta uma abundância relativa de 70,3%, isto é, 114 indivíduos dentro de uma abundância absoluta de ni=162. As maiores concentrações de mamíferos estão nos municípios de Cidelândia com riqueza de 10,5-12 sp, Vila Nova dos Martírios e São Pedro da Água Branca. Neste aspecto, destaca-se que a mancha de registro é uniforme, iniciando com maior intensidade em Cidelândia, como nessa localidade possui a Reserva Extrativista do Ciriaco, isso pode ser um fator de contribuição para a ocorrência, provavelmente, é um local de trânsito constante dos animais dessa classe.

A riqueza observada para *Mammalia* é igual a 64,70% do estimado. A curva espécie área admite maior tendência à estabilidade se comparada às demais classes. A riqueza total estimada não chega a atingir 35 espécies, (Gráfico 1) apesar da cobertura amostral, em termos de área total amostrada (1,025 km²) ser próxima à da classe Aves (1,075 km²).

Gráfico 1 – Riqueza Observada e Riqueza Estimada por Área para *Mammalia*



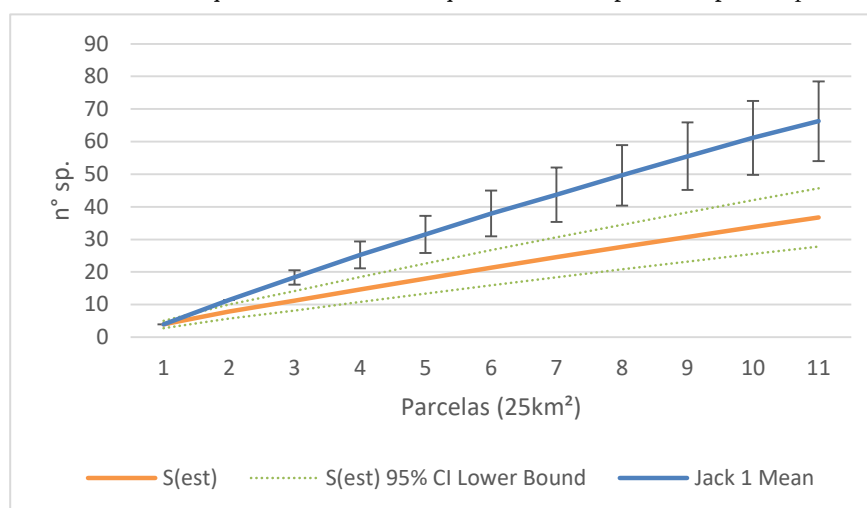
Fonte: Elaboração própria, 2025.

A classe *Reptilia* apresenta uma riqueza de 48 espécies, distribuídas em 32 gêneros e 16 famílias. Esses números destacam uma biodiversidade significativa dentro dos répteis. Dentre os 160 indivíduos amostrados, há uma certa predominância da espécie *Cnemidophorus cryptus* com 39 ocorrências (Cole & Dessauer, 1993). Tem destaque de riqueza de répteis no município de Imperatriz com 16,5 – 36 espécies e uma parte de Cidelândia, é importante destacar que Imperatriz perdeu consideravelmente sua vegetação nativa, tendo crescimento urbano exponencial nos últimos 60 anos e as poucas áreas de vegetação estão sendo substituídas pela silvicultura e pastagens, conforme figura 8 e tabela 1.

A suficiência amostral desta classe atingiu 57,14% do valor estimado para a riqueza na área de estudo. A curva da riqueza observada apresenta sutil tendência à estabilização, enquanto a riqueza estimada é superior a 84 espécies (Gráfico 2).

Os anfíbios da classe *Amphibia* apresentam 17 espécies, organizadas em 10 gêneros e 5 famílias. A abundância relativa não delega destaque para qualquer uma das espécies observadas, demonstrando valores de $n_i=1$ por espécie. Característica comum a grupos com grande equitabilidade, porém sujeitos à subamostragem. Há maior ocorrência entre os municípios de São Pedro da Água Branca com riqueza de 6,8 – 12 espécies e Vila Nova dos Martírios, e ocorrência discreta ao norte de Imperatriz e leste de Cidelândia.

Gráfico 2 – Riqueza Observada e Riqueza Estimada por Área para *Reptilia*

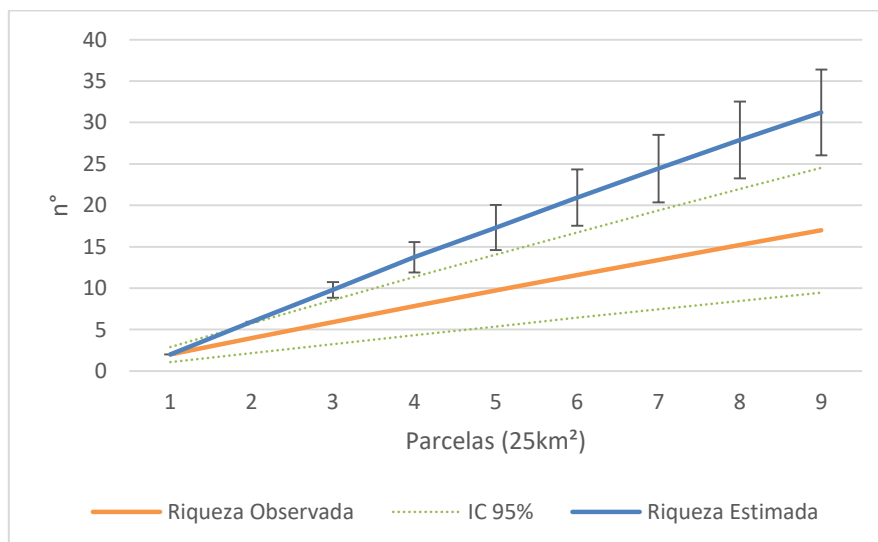


Fonte: Elaboração própria, 2025.

A riqueza amostrada para essa classe representa 54,83% da riqueza real estimada. A curva espécie-área não alega tendência à estabilidade e a estimativa indica uma riqueza muito superior à 31 espécies (Gráfico 3). Padrões semelhantes podem ser verificados na literatura

para o bioma Amazônico, onde a alta diversidade de espécies de anfíbios já foi destacada (Azarak, 2018).

Gráfico 3 – Riqueza Observada e Riqueza Estimada por Área para *Amphibia*



Fonte: Elaboração própria, 2025.

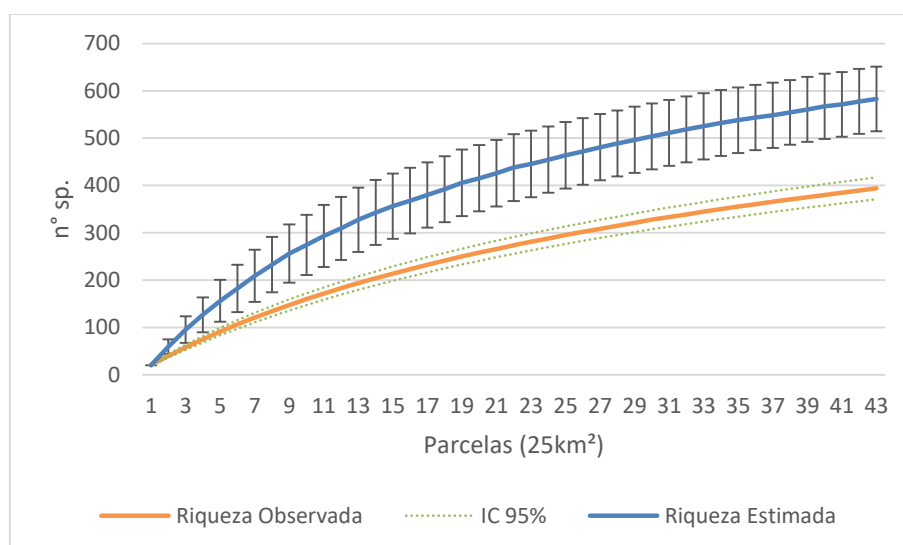
As aves são a classe com maior riqueza entre os cordados analisados, com 394 espécies distribuídas em 243 gêneros e 68 famílias. A maior predominância em termos de abundância de espécies para esta classe aponta *Rostrhamus sociabilis* (ni=26), seguida de *Tyrannus melancholicus* (ni=19) e *Pheugopedius genibarbis* (ni=17) (Swainson, 1838), de um total de 1.436 indivíduos. O maior registro desta classe está no município de Imperatriz com 237 – 277 espécies e posteriormente, Cidelândia.

A riqueza amostrada a partir das referidas bases de dados alcançou consideráveis 67,69% do total estimado para a classe Aves dentro da área de estudos. A curva de acumulação demonstra tendência à assíntota com valores em torno de 400 espécies. A estimativa Jackk1 aponta para uma riqueza total de 582 espécies (Gráfico 4).

A classe *Actinopterygii* destaca-se com 31 espécies identificadas, distribuídas em 29 gêneros e 19 famílias. A classe *Elasmobranchii* é marcada por uma baixa riqueza, com apenas uma espécie registrada, pertencente a um único gênero e família. Nenhuma espécie, dentre ambas as classes do grupo *Pisces*, apresentou abundância superior a ni=2, dentro de um universo de 41 indivíduos, ao total.

As maiores ocorrências estão nos municípios de Vila Nova dos Martírios com riqueza de 19,25 – 20 espécies e São Pedro da Água Branca com riqueza de 12,5 – 19,25 espécies em seu território.

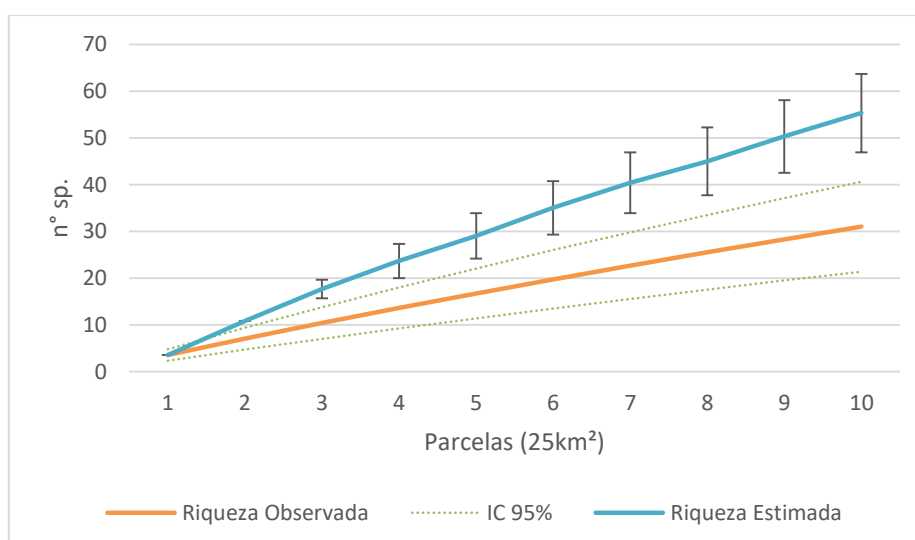
Gráfico 4 – Riqueza Observada e Riqueza Estimada por Área para Aves



Fonte: Elaboração própria, 2025.

A análise da Suficiência Amostral indica que a riqueza observada (n=31) equivale à 56,36% da riqueza total para a classe *Pisces* na área abrangida pelos quatro municípios na área de estudo. A Rarefação de Mau Tao (curva espécie-área) não apresenta tendência à estabilização da curva, isto é, à assíntota, assim como a estimativa de riqueza Jackknife 1, apontando para uma riqueza muito superior a 55 espécies de peixes continentais (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Riqueza Observada e Riqueza Estimada por Área para Pisces



Fonte: Elaboração própria, 2025.

Esse modelo analítico, sensível ao esforço e extensão amostral, revelou que a insuficiência amostral limita a representação completa da biodiversidade em classes com

distribuição local heterogênea ou dependentes de condições ambientais específicas.

A aplicação do modelo da curva espécie-área reforça essa conclusão, pois assume que, à medida que mais parcelas são amostradas, novas espécies continuam a ser registradas, aumentando a completude dos dados.

Essa dinâmica, observada nas curvas que não apresentam tendência clara à estabilização, indica que as áreas amostradas até o momento não foram suficientes para captar toda a riqueza biológica local, especialmente em grupos com alta equitabilidade e diversidade estrutural. Além disso, as estimativas de riqueza, consistentemente superiores aos valores observados, corroboram a necessidade de ampliar a extensão e o esforço amostral.

As diferenças na riqueza entre as classes de cordados evidenciam variações na diversidade biológica, que dependem de fatores como: disponibilidade de recursos, condições ecológicas e estratégias evolutivas. Classes como Aves e *Actinopterygii* mostram alta riqueza, refletindo sua ampla distribuição e adaptabilidade, enquanto *Elasmobranchii* e *Crocodylia* têm menor representatividade, possivelmente por causa das restrições ambientais e menor abundância local, ou deficiências em termos de amostragem.

Pesquisas que forneçam dados biológicos sobre a Amazônia Oriental são extremamente necessárias, pois esta é uma área com alto potencial de ocorrência de endemismo. Os dados da tabela 3 apresentam a quantidade de espécies presentes na Amazônia Maranhense e o quantitativo na Região do Bico do Papagaio para o filo *Chordata*.

Tabela 3: Percentual de representatividade da biodiversidade presente na Região do Bico do Papagaio em relação à Amazônia Maranhense

Grupos de animais	Quantidade de espécies na Amazônia Maranhense	Quantidade de espécies no Bico do Papagaio (MA)	Percentual de representatividade
Mamíferos	136	22	16,18%
Aves	697	394	56,53%
Herpetofauna	167	65	38,92%
Peixes	348	31	8,91%
Totais	1.348	512	37,98%

Fonte: Elaboração própria, 2025.

Os dados da tabela 3 apresentam que a Amazônia Maranhense tem registro de 697 espécies de aves, deste quantitativo há 394 espécies na Região do Bico do Papagaio, representando 56,53%. Isso prova que de todas as espécies de aves presentes no bioma amazônico no Maranhão mais da metade se encontra somente nessa região, demonstrando a biodiversidade presente.

A herpetofauna também apresentou dados consideráveis, com 65 registros na Região

do Bico do Papagaio para um total de 167 espécies em toda a Amazônia Maranhense, representando 38,92% do quantitativo geral. Além disso, os dados gerais demonstraram a biodiversidade presente na Região do Bico do Papagaio para o filo *Chordata*, onde das 1348 espécies registrada em toda a Amazônia Maranhense, 512 estão presentes em apenas 4 municípios que compõe essa região do Maranhão.

Destaca-se a presença de fauna com representividade regional considerável que pode ser analisado como um bioindicador de biodiversidade regional. Para Cross *et al.*, (2020) a fauna é um importante bioindicador da restauração ecológica, tendo em vista que a funcionalidade do ecossistema está intimamente relacionada à diversidade de espécies faunística.

É salutar reforçar que a Região do Bico do Papagaio (MA) sofre as mesmas ameaças do restante do Bioma Amazônico, ou seja, conflitos de terra, desmatamento indiscriminado, pecuária extensiva sem a devida atenção ao manejo dos solos e a abertura de novas áreas de ocupação humana sem considerar as vulnerabilidades ambientais, especialmente as relacionadas ao clima e ao relevo. Outra consequência é a diminuição quase generalizada da biodiversidade faunística. Esses problemas, quando combinados, resultam na redução da vegetação ciliar devido ao estresse, ao desmatamento ou mesmo a práticas não supervisionadas de pressões de uso para fins econômicos de subsistência ou de mercado (IMESC, 2019).

O CEB se expande em suas pesquisas em relação ao Bico do Papagaio, entretanto ainda há muito a ser feito, a intensificação nas pesquisas com vistas a subsidiar o planejamento da conservação da biodiversidade e patrimônio natural é uma urgência que requer ação conjunta. A Região do Bico do Papagaio está aquém em relação a medidas efetivas de conservação da riqueza biológica apresentada.

O próprio ZEE do bioma Amazônico no Maranhão prevê os corredores ecológicos como estratégias para manter fluxos de biodiversidade, sobretudo onde há perda de conectividade acentuada pelos fragmentos de vegetação. O reconhecimento das conectividades é fundamental para a proteção, recuperação e restauração ambiental, especialmente diante dos atuais impactos ambientais na região, com destaque para as possibilidades de conectividade pelos cursos d'água (IMESC, 2019).

A efetividade das propostas de conservação deve levar em consideração as populações de espécies faunísticas como bioindicador de biodiversidade regional. Destaca-se, ainda, a necessidade de ampliação nas pesquisas que envolva a riqueza dos demais filós presentes na região estudada. Essa ampliação visa evidenciar mais detalhes sobre a biodiversidade presente

na Região do Bico do Papagaio no Maranhão.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Região do Bico do Papagaio no Maranhão faz parte do Centro de Endemismo Belém (CEB) na Amazônia Oriental possui registros de 1780 ocorrências de *Chordata*, conforme dados do Sistema Global de Informação sobre Biodiversidade (GBIF) e Sistema de Avaliação do Risco de Extinção da Biodiversidade - Salve (ICMBIO).

A densidade de espécies mostrou que a classe de aves tem maior riqueza em toda a área, com 394 espécies registradas. Em seguida, destaca-se a herpetofauna, com 65 espécies. É importante ressaltar que a ausência de preenchimento nas lacunas de pesquisas, especialmente quanto à inserção de registros nas plataformas de dados acessíveis, é um fator a ser levado em consideração ao analisar a distribuição na área estudada. Por isso, é necessário um aprofundamento nas pesquisas sobre as espécies catalogadas.

A relação entre a quantidade de espécie registradas na Amazônia Maranhense e a quantidade registrada na Região do Bico do Papagaio demonstrou a diversidade presente nessa região, onde em apenas quatro municípios que compõe essa região estão presentes 37,98% de todas as espécies do filo *Chordata* registradas na Amazônia Maranhense.

O Zoneamento Ecológico-econômico do bioma Amazônico do Maranhão prevê a Região do Bico do Papagaio como uma área prioritária para conservação. No entanto, é fundamental realizar pesquisas mais aprofundadas sobre a biodiversidade faunística e florística da região. Também deve ser considerada a a viabilidade de conservação por meio de corredores ecológicos, aproveitando os fragmentos florísticos remanescentes, especialmente com as ameaças ao bioma amazônico, sendo necessário ser feito algo antes que esse patrimônio natural se perca.

Assim, a preservação biogeográfica na Amazônia, particularmente na Região do Bico do Papagaio, requer esforços coletivos, levando em conta não somente a extensão, mas também a qualidade das áreas preservadas. A gestão eficaz das áreas protegidas, a recuperação de áreas degradadas e a formação de corredores de biodiversidade são ações fundamentais para reverter o passivo ambiental resultante de décadas de ocupação descontrolada. Tais ações não só protegerão a abundante diversidade biológica local, como também auxiliarão na sustentabilidade regional e mundial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. N. **A Amazônia: Do Discurso à Práxis**. Ed.2. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.
- ALMEIDA A. S.; VIEIRA, I. C. G.; BARROS, M. N. R.; ROCHA, D. P. N. Área de endemismo Belém e Xingu: configuração e espacialização do uso da terra e da cobertura vegetal. In: Thaise Emilio; Flávio Luizão. (Org.). **Cenários para Amazônia: clima, biodiversidade e uso da terra**. Manaus: INPA, 2014, v., p. 57-66.
- ARAÚJO, E. P.; LOPES, J. R.; CARVALHO FILHO, R. Aspectos socioeconômicos e de evolução do desmatamento na Amazônia maranhense. In: MARTINS, M.; B.; OLIVEIRA, T. G. de (Org.). **Amazônia maranhense: diversidade e conservação**. Belém: MPEG, 2011. p. 35-46.
- AZARAK, P.A. **Anfíbios da Bacia do Rio Branco: preenchendo lacunas do conhecimento no norte da Amazônia**. 2018. 111 f. Tese (Doutorado em Diversidade Biológica) - Universidade Federal do Amazonas.
- BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. **Biogeografia**. 2 ed. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora, 2006.
- CARVALHO, C. J. B. Áreas de endemismo. In: CARVALHO, C.J.B; ALMEIDA, E.A.B (orgs.). **Biogeografia da América do Sul: padrões & processos**. São Paulo: Roca, 2011. p. 41-51.
- CHRISTOPHERSON, R.W; BIKERLAND, G.H. **Geossistema: uma introdução à geografia física**. Trad. Théó Amon. 9 ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.
- COLWELL, R. K. **EstimateS**: Statistical estimation of species richness and shared species samples. Version 9.1.0. 2013. Disponível em: www.purl.oclc.org/estimates. Acesso em: 20 ago.2024.
- CROSS, S.L.; BATEMAN, P.W.; CROSS, A.T. Restoration goals: Why are fauna still overlooked in the process of recovering functioning ecosystems and what can be done about it? **Ecological Management & Restoration**, v. 21, n. 1, p. 4-8, 2020.
- DIAS, L. J. B.; COSTA, G. C.; FERREIRA, L. M.; COSTA, A. P.; GUIMARÃES, E. C.; OLIVEIRA, T. G. de. Evolução da dinâmica das pressões antropogênicas sobre paisagens naturais do Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 24, n. 96, p. 212–233, 2023. Disponível em: [\(PDF\) EVOLUÇÃO DA DINÂMICA DAS PRESSÕES ANTROPOGÊNICAS SOBRE PAISAGENS NATURAIS DO CENTRO DE ENDEMISMO BELÉM, AMAZÔNIA ORIENTAL](#). Acesso em: 13 dez. 2024.
- DIAS, L.J.B.S. **Corredores ecológicos, paisagens e variabilidades ecológicas regionais: a fragmentação de habitats na Amazônia Oriental**. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 2023. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE).
- DIAS, L. J. B.; TEIXEIRA, W.; SILVA, J. C.; SOUSA, J. S. Vulnerabilidades

morfoclimáticas no Bioma Amazônia no Estado do Maranhão: orientações ao Zoneamento Ecológico-Econômico regional. In: SEABRA, G. (org.). **Educação Ambiental: natureza, biodiversidade e sociedade**. Ituiutaba: Barlavento, 2017. p. 461-472.

DIAS, L. J. **Biogeografia e Geoecologia da paisagem em um Centro de Endemismo na Amazônia Brasileira**. Curitiba: CRV, 2025.

FIGUEIRÓ, A. S. Biogeografia: dinâmicas e transformações da natureza. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

GARBINO, G.S.T; LIMA, R.A. Taxonomia, classificação e nomenclatura. In: OSWALD, C.B. et al (orgs). **Princípios de sistemática zoológica**. Belo Horizonte: PGZoo UFMG, 2020.

GILLUNG, J. P. Biogeografia: a história da vida na Terra. **Revista Da Biologia**, 7(1), 1-5. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.7594/revbio.07.01>. Acesso em: 18 dez. 2024.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**. v.4,n.1,p.9., 2001. Disponível em: http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm 2001. Acesso em: 28 ago. 2024.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Base Cartográfica Contínua do Brasil, escala 1:250.000 – BC250**. (Documentação técnica geral). Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/basescartograficas/#/home>. Acesso em: 06 de setembro de 2024.

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Zonificação do território – etapa Bioma Amazônico**. São Luís: IMESC, 2019.

KAWAMOTO, M. T. **Análise de técnicas de distribuição espacial com padrões pontuais e aplicação a dados de acidentes de trânsito e a dados de dengue de Rio Claro**. São Paulo: 2012. 69 f. Dissertação (mestrado) – Biometria, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu.

KREBS, C.J. **Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance**. 6 ed, New York, Harper & Row, 2014.

LAKATOS, E.M; MARCONI, M.A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MAGNUSSON, W.E. *et al*. Amazônia: biodiversidade incontável. IN: PEIXOTO, A.L. *et al*. (org.). **Conhecendo a biodiversidade**. Brasília: MCTIC, CNPq, PPBio, 2016.

MAGURRAN, A.E. **Measuring biological diversity**. Oxford: Blackwell Publishing, 1988.

MIRANDA, G.S; DIAS, P.H.S. Biogeografia de vicariância: histórico e perspectivas da disciplina que lançou um novo olhar sobre a diversidade na Terra. **Filosofia e História da Biologia**, v. 7, n. 2, p. 215-240, 2012. Disponível em: [Biogeografia de vicariância: histórico e perspectivas da disciplina que lançou um novo olhar sobre a diversidade na Terra](#). Acesso em: 18 dez. 2024.

MORRONE, J. J. **Evolutionary Biogeography**: An integrative approach with case studies. New York: Columbia University Press, 2009.

NEVES, C.E; MACHADO, G; HIRATA, C.A; STIPP, N.A.F. A importância dos geossistemas na pesquisa geográfica: uma análise a partir da correlação com o ecossistema. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, 26 (2): 271-285, 2013. Disponível em: scielo.br/j/sn/a/qSDQ66gKwzJR3WHBBNPYXrw/?format=pdf. Acesso em: 13 de dezembro de 2024.

PERES, C.A. Porque precisamos de megareservas na Amazônia. **Natureza & Conservação**. v.1 n 1. p. 8–16, 2005. Disponível em: [Megadiversidade](#). Acesso em: 13 dez. 2024.

RAMOS, A. P. M.; MARCATO JÚNIOR, J. M.; DECANINI, M. M. S.; PUGLIESI, E. A.; OLIVEIRA, R. F.; PARANHOS FILHO, A. C. Avaliação qualitativa e quantitativa de métodos de classificação de dados para o mapeamento coroplético. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 68, v.3, p. 609-629, 2016. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44418>. Acesso em: 06 set. 2024.

RECODER, R. S. Biogeografia baseada em eventos: uma introdução. **Revista da Biologia**, v. 7, p. 18-25, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.7594/revbio.07.04>. Acesso em: 15 dez. 2024.

ROUSSEAU S.J.; TÉLLEZ, O.; LAVELLE, P. Soil macrofauna as indicators of soil quality and land use impacts in smallholder agroecosystems of western Nicaragua. **Ecol Indic.** 2013. n. 27. p. 71-82.

SANTOS, A.KD; MENDES, N.S; SANTOS, E.M; DIAS, L.J.B. Subsídios à construção de uma cartográfica geoecológica e biogeográfica da distribuição dos registros de representantes dos filos *arthropoda* e *Chordata* (reino *Animalia*) no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Rede – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, Brasil, v. 16, n. 2, 2024, p. 123- 141.

SANTOS NETA, E.R; LARANJA, R.E.P; DIAS, L.J.B.; MENDES, N.S. Trajetórias Geoecológicas das Paisagens na Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, Brasil. **Revista Territorium Terram**, 7(13), p. 708–727, 2024. Disponível em: https://periodicos.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/5458. Acesso em: 13 dez. 2024.

SILVA, M. B. Áreas de endemismo: as espécies vivem em qualquer lugar, onde podem ou onde historicamente evoluíram? **Revista da Biologia**, Vol. Esp. Biogeografia: 12-17, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.7594/revbio.07.03>. Acesso em: 20 dez. 2024.

SILVA, J. M. C.; GARDA, A. A. Padrões e processos biogeográficos na Amazônia. In: Claudio José Barros de Carvalho & Eduardo A. B. de Carvalho. (Org.). **Biogeografia da América do Sul. Padrões & Processos**. São Paulo: Editora Roca, 2016.

SILVA, J. M. C. da; RYLANDS, A. B.; FONSECA, G. A. B. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. **Megadiversidade**, v. 1, n.1, p.125-131, jun. 2005. Disponível em: [Megadiversidadevol1124_1312005.pdf](#). Acesso em: 20 dez. 2024.

A ADOÇÃO DE MÉTRICAS DE PAISAGEM COMO ESTRATÉGIA PARA A COMPREENSÃO DA VIABILIDADE DE CORREDORES ECOLÓGICOS NA REGIÃO DO BICO DO PAPAGAIO, MARANHÃO, BRASIL

Elza Ribeiro dos Santos Neta
Universidade de Brasília - UnB
elza.ribeiro@uemasul.edu.br

Ruth Elias de Paula Laranja
Universidade de Brasília - UnB
laranja.ruth@unb.br

Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias
Universidade Estadual do Maranhão - UEMA
luizjorgedias@professor.uema.br

Gabriel Costa da Costa
Universidade Federal do Maranhão - UFMA
gabrielcosttac@gmail.com

Ana Katarina Diniz Santos
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA
ana.katarina1509@gmail.com

RESUMO

O objetivo do estudo em questão é apontar cenários de conectividade entre os fragmentos florestais remanescentes com vistas ao manejo de paisagem através de aplicação de métricas de Geoecologia das Paisagens com indicação de corredores ecológicos regionais, no contexto da área prioritária da Região do Bico do Papagaio, no Bioma Amazônico no Maranhão, a partir de dados e informações obtidas através de técnicas de Sistemas de Informação Geográfica. A primeira etapa da pesquisa consistiu na revisão bibliográfica, para o levantamento das bases teóricas da ecologia da paisagem. A segunda etapa consistiu no processamento das métricas das formações florestais referentes ao mapeamento de uso e cobertura da terra do MAPBIOMAS entre 1985, 2005 e 2023, como também identificação de padrões espaciais na estrutura da paisagem relacionados à distribuição de ocorrências de cordatos nas coberturas naturais existentes. A terceira etapa consistiu nas análises e discussões dos resultados obtidos a partir dos cálculos das métricas. Constatou-se, que os grandes desmembramentos florestais históricos detectados foram advindos das pressões humanas pelo uso, responsáveis pela perda de 66,96% do total de florestas na Região do Bico do Papagaio em apenas 38 anos. Os fragmentos florestais correspondiam a 0,76 por km² em 1985, 1,43 em 2005 e em 1,25 em 2023. Foram identificadas duas áreas críticas para conservação, levando em consideração o déficit de conectividade e a autocorrelação entre a localização das espécies do filo *Chordata* e as distâncias dos fragmentos. Os mosaicos contínuos de vegetação correspondiam a 178,15 km² em 2023, enquanto em 1985 era 2.441,13 km². O uso de métricas de paisagem identificou os fragmentos florestais propícios para o plano de manejo de paisagem através de corredores ecológicos sendo uma possibilidade somente na porção leste do território a depender das questões geopolíticas e econômicas para a configuração de cenas desta área prioritária para conservação que não é mais natural.

Palavras-chave: Manejo de paisagem. Métricas de paisagem. Corredores ecológicos.

ABSTRACT

The objective of this study is to identify connectivity scenarios between remaining forest fragments with a view to landscape management through the application of Landscape Geoecology metrics with indication of regional ecological corridors, in the context of the priority area of the Bico do Papagaio Region, in the Amazon Biome in Maranhão, based on data and information obtained through Geographic Information Systems techniques. The

first stage of the research consisted of a bibliographic review to survey the theoretical bases of landscape ecology. The second stage consisted of processing the metrics of forest formations related to the MAPBIOMAS land use and land cover mapping between 1985, 2005 and 2023, as well as identifying spatial patterns in the landscape structure related to the distribution of occurrences of chordates in existing natural covers. The third stage consisted of analyzing and discussing the results obtained from the calculations of the metrics. It was found that the large historical forest dismemberments detected were caused by human pressures for use, responsible for the loss of 66.96% of the total forests in the Bico do Papagaio Region in just 38 years. The forest fragments corresponded to 0.76 per km² in 1985, 1.43 in 2005 and 1.25 in 2023. Two critical areas for conservation were identified, taking into account the connectivity deficit and the autocorrelation between the location of the species of the phylum Chordata and the distances of the fragments. The continuous vegetation mosaics corresponded to 178.15 km² in 2023, while in 1985 it was 2,441.13 km². The use of landscape metrics identified forest fragments suitable for the landscape management plan through ecological corridors, which is only possible in the eastern portion of the territory, depending on geopolitical and economic issues for the configuration of scenes in this priority area for conservation that is no longer natural.

Keywords: Landscape management. Landscape metrics. Ecological corridors.

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas as ações antrópicas vêm se intensificando sobre a Região do Bico do Papagaio no Maranhão e as fortes pressões associadas à expansão agropecuária e o crescimento das cidades com ampliação de projetos urbanos fizeram com que as áreas de floresta nativa não conseguissem resistir à acelerada expansão (Santos Neta *et al.*, 2024). No entanto, a preocupação com as áreas prioritárias para conservação no Maranhão, dentre elas a Região do Bico do Papagaio, demonstra como esta área possui relevante biodiversidade, em especial de fauna, conforme Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Amazônico no Maranhão (IMESC, 2019).

A região aqui trabalhada, atualmente com pequenos fragmentos de vegetação isolados, exige um manejo de paisagens eficiente por meio da conectividade das manchas existentes para garantir a manutenção de sua biodiversidade remanescente. Para que isto ocorra, Dias *et al.* (2023) destacam a importância das configurações espaciais, o tamanho, a forma e o grau de isolamento e/ou de conectividade dos pequenos recortes espaciais paisagísticos chamados de manchas, variáveis conhecidas dentro da ecologia da paisagem como métricas da paisagem, onde um moderno planejamento biorregional deve ser feito (Dias, 2025).

As métricas da paisagem são variáveis quantitativas utilizadas em estudos na Geoecologia, cujos resultados apresentam as dinâmicas dos processos de fragmentação das coberturas naturais e permitem a análise geoespacial dos impactos em seus elementos estruturais (Casemiro, 2009). Estes indicadores permitem análise e avaliação dos padrões geoecológicos dos ecossistemas, apontando níveis de conectividade, fragilidade e o potencial que o espaço tem de proteger e preservar os ecossistemas nele inseridos.

O presente trabalho tem por objetivo apontar cenários de conectividade entre os

fragmentos florestais remanescentes com vistas ao manejo de paisagem através de aplicação de métricas de Geoecologia das Paisagens com indicação de corredores ecológicos regionais, no contexto da área prioritária da Região do Bico do Papagaio, no Bioma Amazônico no Maranhão. Ademais, visa identificar padrões espaciais na estrutura da paisagem relacionados à distribuição de ocorrências de cordatos nas coberturas naturais existentes.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa, de caráter estruturalista, está baseada na Teoria Geral dos Sistemas. Para isso, utiliza base computacional, onde são apresentadas a articulação da área de estudo, a definição dos procedimentos de aferição quantitativa de métricas, bem como a consecução dos resultados estabelecidos.

O campo de estudo compreende uma área prioritária para conservação no Maranhão conhecida como Região do Bico do Papagaio situada na Amazônia Oriental Brasileira. Essa área representa geograficamente um recorte territorial na forma de um bico de psitacídeo, cuja centralidade é o Rio Tocantins e que divide os territórios estaduais do Maranhão (a Sudoeste) e do Tocantins (extremo Norte). Esse território atualmente é constituído pelos municípios de Imperatriz, Cidelândia, Vila Nova dos Martírios e São Pedro da Água Branca. Em sua totalidade, possui uma área total de 4.652,89 km² (Santos Neta *et al.*, 2024).

Os alicerces teóricos que sustentam a elaboração desse estudo foram construídos a partir de revisão bibliográfica especializada. A natureza metodológica seguida nesse estudo se assemelha à abordagem histórica da Ecologia de Paisagem apresentada por Dias *et al.*, (2023).

Para selecionar as métricas adequadas para as finalidades da pesquisa, fez-se necessário uma revisão bibliográfica em estudos publicados que apresentam análises e discussões relacionadas a processos de fragmentação de coberturas naturais. As métricas selecionadas para os resultados e discussões propostos nessa pesquisa (Quadro 02), foram escolhidas a partir da análise de estudos semelhantes publicados, tendo como base, as mais relevantes para atender aos objetivos propostos na pesquisa.

Quadro 02: Métricas da paisagem utilizadas no trabalho

Métrica	Função	Ferramenta	Referência
Número de Fragmentos	Apresentar o total de unidades de fragmentos na paisagem	QGIS 3.34.11	Teixeira et al. (2016)
Área Total dos Fragmentos	Apresentar a extensão total (em km ²) dos fragmentos na paisagem	QGIS 3.34.11	Teixeira et al. (2016)
Densidade dos fragmentos	Apresentar o quantitativo de fragmentos por unidade de área (km ²)	QGIS 3.34.11	Teixeira et al. (2016)
Tamanho médio dos fragmentos	Apresentar o tamanho médio dos fragmentos de cada classe de tipo de cobertura	QGIS 3.34.11	Teixeira et al. (2016)
Índice de Maior Mancha	Apresentar a extensão total (em km ²) do maior fragmento na paisagem	QGIS 3.34.11	Teixeira et al. (2016)
Distância Euclidiana	Apresenta a espacialização da distância entre o núcleo de um fragmento e o outro mais próximo	QGIS 3.34.11	-

Fonte: Org. Costa, 2021.

Os principais trabalhos que norteiam os procedimentos e avaliações das métricas aqui apresentadas são os de Teixeira *et al.* (2016) e Anderson e Castro (2019). Para o processamento das métricas apresentadas, fez-se necessário a aquisição dos dados matriciais da série histórica de uso e cobertura da região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, por meio da plataforma da rede de pesquisa MapBiomias (2024), responsável pelo trabalho de mapeamento das séries históricas de uso e cobertura do território brasileiro e alguns outros países da América do Sul. A plataforma ambientada no *Google Earth Engine* (GEE) disponibiliza todo o acervo histórico das coleções de mapeamento de uso e cobertura desde 1985 até 2023 (no caso para a coleção 9, utilizada na pesquisa).

Após a aquisição do arquivo matricial georreferenciado apresentando todas as classes de uso e cobertura, no recorte da área de estudo, fez-se a separação da classe das formações florestais, representada no arquivo matricial do MapBiomias como tendo o ND 3. As formações florestais são formações vegetais nativas caracterizadas por alta densidade de cobertura arbórea, com predominância de espécies lenhosas de médio a grande porte. Incluem florestas tropicais, subtropicais, ombrófilas, estacionais e secas.

A partir da separação da classe de formações florestais, utilizou-se algoritmos do Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS, Versão 3.34.11 e as ferramentas da calculadora de campo do *software*. Dessa forma, foram aplicados os cálculos das métricas e obteve-se os resultados, que foram coletados por meio das ferramentas de resumo estatístico do próprio SIG utilizado.

Os resultados apresentados foram analisados junto com a disposição espacial dos fragmentos de formações florestais. Essa análise considerou os limites territoriais municipais, limites das bacias hidrográficas e a proximidade dos fragmentos em relação às cidades. Dessa forma, foi possível desenvolver uma análise mais detalhada dos dados obtidos na área de estudo.

Para a análise da distribuição de ocorrências do filo *Chordata*, descrita na tabela 2, e os padrões de autocorrelação com a distância euclidiana entre os fragmentos florestais foi realizada uma análise de autocorrelação espacial com base no Índice de Moran Global e no Índice de Moran Local (LISA – *Local Indicators of Spatial Association*).

O índice de Moran global (Moran's I) é uma medida estatística amplamente utilizada para detectar o padrão de autocorrelação espacial de uma variável em uma área geográfica, que revela a estrutura espacial, a distribuição e suas possíveis causas. O Índice de Moran Global (Global Moran's I) é utilizado para avaliar a estrutura espacial, o padrão de distribuição e suas causas em variáveis regionais. Ele identifica se há autocorrelação espacial — ou seja, se os valores de uma variável em unidades espaciais próximas são semelhantes (valores altos juntos ou baixos juntos) ou diferentes (Tian *et. al.*, 2023). Assim, explicam-se o índice de Moran varia de -1 a $+1$. Em outras palavras, os valores próximos a “ $+1$ ” indicam forte autocorrelação espacial positiva (valores semelhantes estão agrupados), enquanto os valores próximos a “ -1 ” indicam autocorrelação negativa (valores dissimilares estão agrupados). Por outro lado, valores próximos a “ 0 ” indicam ausência de autocorrelação espacial.

Essa abordagem estatística permite avaliar o grau de dependência espacial entre os valores de uma variável em diferentes localizações, identificando agrupamentos de valores semelhantes ou discrepantes em um dado espaço geográfico. A variável utilizada na análise foi a distância euclidiana entre fragmentos florestais, calculada para cada ponto de ocorrência de espécies do filo *Chordata* registrado no estudo. Essa medida visa captar a relação espacial entre os locais de ocorrência e a configuração da cobertura vegetal remanescente, possibilitando interpretar se há padrão de proximidade ou afastamento entre os fragmentos florestais e as áreas de ocorrência das espécies.

A análise foi realizada por meio do *software* GeoDa, ferramenta amplamente utilizada para análise espacial exploratória de dados geográficos. No caso do Moran Global, o objetivo foi mensurar a existência de autocorrelação espacial em escala geral, indicando se há tendência de agrupamento entre os valores analisados. Já a aplicação do LISA permitiu identificar padrões locais de autocorrelação, evidenciando regiões com alta ou baixa

similaridade espacial, bem como possíveis *outliers* espaciais. Dessa forma, foi possível mapear áreas com maior concentração de fragmentos próximos ou isolados, em relação aos pontos de ocorrência analisados.

O índice local permite avaliar a correlação entre uma observação e a média dos seus vizinhos, considerando os pesos espaciais definidos pela matriz W_{ij} . O diagrama de dispersão de Moran (Moran Scatter Plot) visualiza a relação entre o valor do atributo de uma unidade espacial e a média de seus vizinhos. Ele classifica os padrões espaciais em cinco categorias, sendo elas:

- Alto-Alto (HH): valores altos rodeados por valores altos;
- Baixo-Baixo (LL): valores baixos cercados por valores baixos;
- Alto-Baixo (HL): valor alto cercado por valores baixos;
- Baixo-Alto (LH): valor baixo cercado por valores altos;
- Não significativo: ausência de autocorrelação espacial local.

Essas categorias permitiram identificar regiões com padrões espaciais homogêneos (*clustering*) e zonas com valores discrepantes (*outliers*), contribuindo para compreender a distribuição e os efeitos espaciais das mudanças na paisagem em áreas amostradas posteriormente para ocorrência de espécies de cordados.

3 A BIOGEOGRAFIA A PARTIR DA ANÁLISE DA FAUNA

Conforme já exposto, a Biogeografia estuda a distribuição geográfica dos seres vivos e os fatores que influenciam essa distribuição. A análise da fauna a partir da zoogeografia explica a evolução biogeográfica da fauna, ou seja, a distribuição de animais em diferentes regiões. As teorias que buscam entender a razão pela qual as espécies estão presentes somente em certas localidades e quais fatores configuram as comunidades biológicas se dividem em duas classes: explicações ecológicas e históricas. A primeira se refere às interações dos seres vivos com os fatores ambientais e as outras espécies, enquanto que a segunda considera as mudanças na paisagem ao longo dos anos e de que forma as linhagens evoluíram diante dessas mudanças (Brown, 2014).

Dentro das explicações ecológicas fatores abióticos como clima, temperatura, precipitação, características do solo e altitude podem ser ressaltados. Além destes, há fatores bióticos que envolvem interações com outras espécies, com predadores, presas, competidores e polinizadores. Assim, Stein (2015) aponta que a abordagem ecológica procura explicar os

padrões com base nas interações ecológicas que influenciam a distribuição dos organismos no ambiente.

Nas explicações históricas, Stein (2015) destaca que a Biogeografia procura explicar os padrões biogeográficos e as distribuições atuais dos organismos com base em eventos ocorridos no passado, como a deriva continental e os períodos de glaciação, alinhando as hipóteses com a história geológica. Além disso, barreiras geográficas como oceanos, cadeias de montanhas, desertos, rios e outros obstáculos naturais podem isolar populações de espécies, levando a especiação e a formação de biomas distintos.

De acordo com Camargo e Troppmair (2002), o ponto de vista do geógrafo sobre uma pesquisa biogeográfica tem necessidade de explicar a distribuição dos seres vivos, fauna e flora (fatores bióticos) no espaço, e correlacioná-las sempre com os demais aspectos ambientais (fatores abióticos). Dessa forma, a abordagem geográfica oferece uma visão muito mais ampla e complexa da realidade estudada.

Esses ambientes distintos apresentam características ecológicas e faunísticas semelhantes e também são conhecidas como zonas biogeográficas ou regiões zoográficas. A América do Sul e América Central é denominada de região Neotropical, uma das seis grandes áreas do planeta conhecida por sua similaridade de fauna e flora. As outras regiões biogeográficas no planeta são a região Neártica, a Paleártica, a Afrotropical, a Oriental e a Australiana – Oceania (Amorim, 2024).

Essa zonificação biogeográfica é uma importante aliada na compreensão de modelos espaciais de distribuição da biodiversidade de fauna e flora. Conforme Escalante *et al.* (2013), tal análise pode ser aplicada para determinação de áreas prioritárias e outras estratégias de conservação. Para Bueno e Furlan (2012) o estudo da fauna pode servir como instrumento para o melhor entendimento da complexidade geográfica de ambientes naturais, quanto à relação de unidades espaciais dadas em escalas distintas.

Essas regiões zoográficas têm faunas características, pois são influenciadas por processos históricos como endemismo e dispersão. O endemismo refere-se à ocorrência de espécies em apenas um local geográfico. Para Brown e Lomolino (2006) os organismos são endêmicos a uma localidade, considerando-se diferentes escalas espaciais e níveis taxonômicos. Essa condição pode ocorrer porque nunca se dispersaram ou porque restaram em apenas uma pequena parte de sua amplitude anterior. Esse fenômeno é relevante para a compreensão da biodiversidade de fauna, pois cria condições para o surgimento de novas espécies adaptadas a ambientes específicos.

A dispersão também é um fator importante, pois algumas espécies podem se espalhar para novas regiões ao longo do tempo, por conta das mudanças climáticas ou por meio de ações humanas. Cabe à Biogeografia ajudar na identificação de rotas de dispersão dessas espécies e os fatores que facilitam a alteração do habitat.

Ao analisar a Biogeografia a partir da fauna, é apresentada uma compreensão profunda das interações entre os seres vivos e os fatores ambientais que moldam as distribuições das espécies. O estudo da fauna em diferentes regiões geográficas revela a complexidade da vida na Terra e os mecanismos ecológicos e históricos que levam à formação das atuais comunidades animais.

3.1 A contribuição biogeográfica de corredores ecológicos

A Biogeografia apresenta contribuições significativas para a conservação ambiental, manejo de paisagens e o planejamento territorial. Isso porque fornece as bases para compreender onde as espécies estão localizadas e quais ecossistemas são prioritários para proteção. Por meio da análise espacial de uma área com dados biogeográficos, é possível identificar áreas prioritárias para conservação. Essa identificação considera fatores como o grau de fragmentação florestal, a biodiversidade, a presença de espécies endêmicas ou ameaçadas de extinção, e a importância de determinados habitats na manutenção de processos ecológicos.

A fragmentação de habitat é uma das principais ameaças à biodiversidade (Brasil, 2006), pois cria barreiras físicas que limitam o movimento de animais e plantas. A fragmentação é o processo definido como a transformação de um habitat contínuo em manchas de habitats, que variam em tamanho e forma (Fharig e Merrian, 2003; Furlan e Nucci, 1999). Quando o ecossistema natural é uma floresta, estas pequenas manchas são denominadas fragmentos florestais.

Na Biogeografia, o manejo de paisagem e os corredores ecológicos são ferramentas que auxiliam no processo de conservação da biodiversidade. Esses instrumentos auxiliam no planejamento e delimitação de áreas protegidas ou prioritárias de conservação. Além disso, contribuem para integrar diferentes usos da terra, tais como agropecuária, florestas, áreas urbanas, rurais, de forma que diminua a ação antrópica e os impactos ambientais. Trata-se, portanto, de condições *sine qua non* para o planejamento biorregional contemporâneo, especialmente quando o foco está na proteção e restauração de áreas.

Os corredores ecológicos são definidos como áreas sensíveis biogeograficamente, pois

nele devem estar preservadas significativas extensões de áreas naturais, preferencialmente de forma contínua, diminuindo o isolamento entre os indivíduos de uma mesma espécie, formando um mosaico com diferentes paisagens e usos da terra (CIB, 2000; Fonseca *et al.*, 2003). Essa articulação territorial e paisagística desempenha um papel fundamental na Biogeografia, pois ajudam na manutenção da biodiversidade, na adaptação das espécies às mudanças ambientais e na conectividade entre habitats fragmentados.

Os corredores ecológicos servem para aumentar o tamanho e as chances de manutenção de populações de diferentes espécies. Além disso, possibilitam a recolonização com populações de espécies localmente reduzidas e, ainda, permitem a redução da pressão sobre o entorno das áreas protegidas (Arruda, 2003).

Ademais, eles conectam áreas de habitats isolados e permitem que espécies se movam entre elas. Para que essa conexão ocorra de forma eficaz, é necessário considerar como a paisagem facilita ou dificulta o movimento dos organismos entre manchas/fragmentos de vegetação (Taylor, 1984). Essa conectividade contribui para reduzir os efeitos da fragmentação, possibilitando que as espécies se movam livremente e encontrem recursos essenciais, como alimentos e locais de reprodução.

Rudnick *et al.* (2012), apontam que a conectividade (levando em consideração fragmentos) pode ser classificada como estrutural ou funcional. A primeira diz respeito às propriedades físicas da paisagem, como topografia, hidrologia, vegetação e padrões de uso do solo, que facilitam o deslocamento. Já a conectividade funcional refere-se à maneira como os genes são disseminados ou como indivíduos e populações se deslocam através da paisagem.

Os corredores ecológicos favorecem a colonização de espécies em novas áreas, até mesmo em territórios onde foram extintas. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, afirma que essa conexão favorece 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 naturais” (Brasil, 2000). Esse fluxo de espécies e genes é essencial para o equilíbrio ecológico e, portanto, biogeográfico, já que tem ligações estreitas com os processos de dispersão faunística, sobretudo.

Ademais, a contribuição biogeográfica através do manejo de paisagens e corredores ecológicos promove o planejamento ambiental, em especial em áreas prioritárias para conservação. Isso se dá através da conectividade entre habitats e, por isso, é possível diminuir os impactos negativos da fragmentação e facilitar a adaptação das espécies. Eles garantem que a biodiversidade seja mantida e que as espécies possam se mover livremente, independente da

ação antrópica e dos usos do solo no entorno dos corredores ecológicos, favorecendo a resiliência dos ecossistemas a médio e longo prazo.

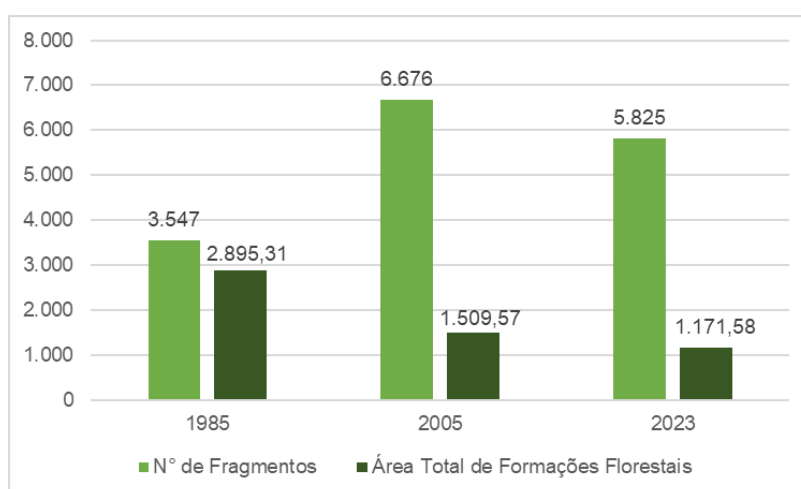
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão divididos em duas etapas. A primeira corresponde à análise dos fragmentos de cobertura natural da Região do Bico do Papagaio (MA). E a segunda etapa, derivada da anterior, aponta a distribuição de ocorrências e os padrões de autocorrelação em relação à distância euclidiana entre os fragmentos florestais e as áreas de ocorrências das espécies.

4.1 Análise dos Fragmentos de Coberturas Naturais da Região do Bico do Papagaio/MA

De acordo com os resultados obtidos por meio do cálculo das métricas aplicadas nos fragmentos de formações florestais na região do Bico do Papagaio, no Estado do Maranhão, observa-se que, a partir de 1985 há: tendências de crescimento do número total de fragmentos florestais, redução da extensão total de área que cobrem e aumento da densidade de fragmentos por quilômetro quadrado. O gráfico 06 apresenta o total das formações florestais identificadas em cada ano, em relação a extensão total de cobertura que esses fragmentos abrangiam.

Gráfico 06: Total e Área (em km²) das formações florestais no Bico do Papagaio/MA



Fonte: Dados da Pesquisa, 2025.

Percebe-se que durante o processo de fragmentação das formações florestais, na

Região do Bico do Papagaio, entre 1985 e 2023, o total de fragmentos teve um aumento de 64,22%, e a extensão total dos fragmentos diminuiu aproximadamente 59,53%. Sem dúvida, os percentuais de aumento de fragmentos e diminuição da área que ocupam estão relativamente aproximados.

No entanto, nas duas últimas décadas, entre 2005 e 2023, ocorreu uma redução de 12,74% no total de fragmentos, que pode estar relacionada ao desaparecimento definitivo de pequenas unidades florestais. A razão entre o número de fragmentos e a extensão total da área de estudo, que se refere a densidade e distribuição dos fragmentos por unidade de área, apresentou também um considerável crescimento entre os anos analisados. Sendo de 0,76 fragmentos/km² em 1985, 1,43 fragmentos/km² em 2005 e 1,25 fragmentos/km² em 2023. O tamanho médio da análise histórica dos fragmentos também segue um padrão semelhante, sendo 0,81 em 1985, 0,22 em 2005 e 0,20 em 2023.

Todos os resultados das métricas analisadas apontam para o aumento significativo dos processos de fragmentação florestal, mas uma discreta diminuição, no que se refere as métricas relacionadas ao total de fragmentos, entre 2005 e 2023. Os mapas a seguir (Figura 13), apresentam a distribuição histórica geoespacial dos fragmentos na área de estudo.

De acordo com a análise espacial das alterações de distribuição dos fragmentos florestais, foram identificados intensos desmembramentos no extremo oeste do Estado do Maranhão, na linha de divisas entre o Maranhão e o Estado do Pará. Essa região compreende os territórios municipais de São Pedro da água Branca e Vila Nova dos Martírios. Neste último, destaca-se sua região de entorno ao seu perímetro urbano, onde se encontra a sede político-administrativa do município. Nessa região foram observadas alterações significantes nas coberturas florestais, entre 1985 e 2023. No ano mais recente analisado, foram identificados apenas pequenos corredores, os quais aparentam seguir os padrões de distribuição de elementos hidrográficos, referindo-se as coberturas de Áreas de Preservação Permanente (APPs).

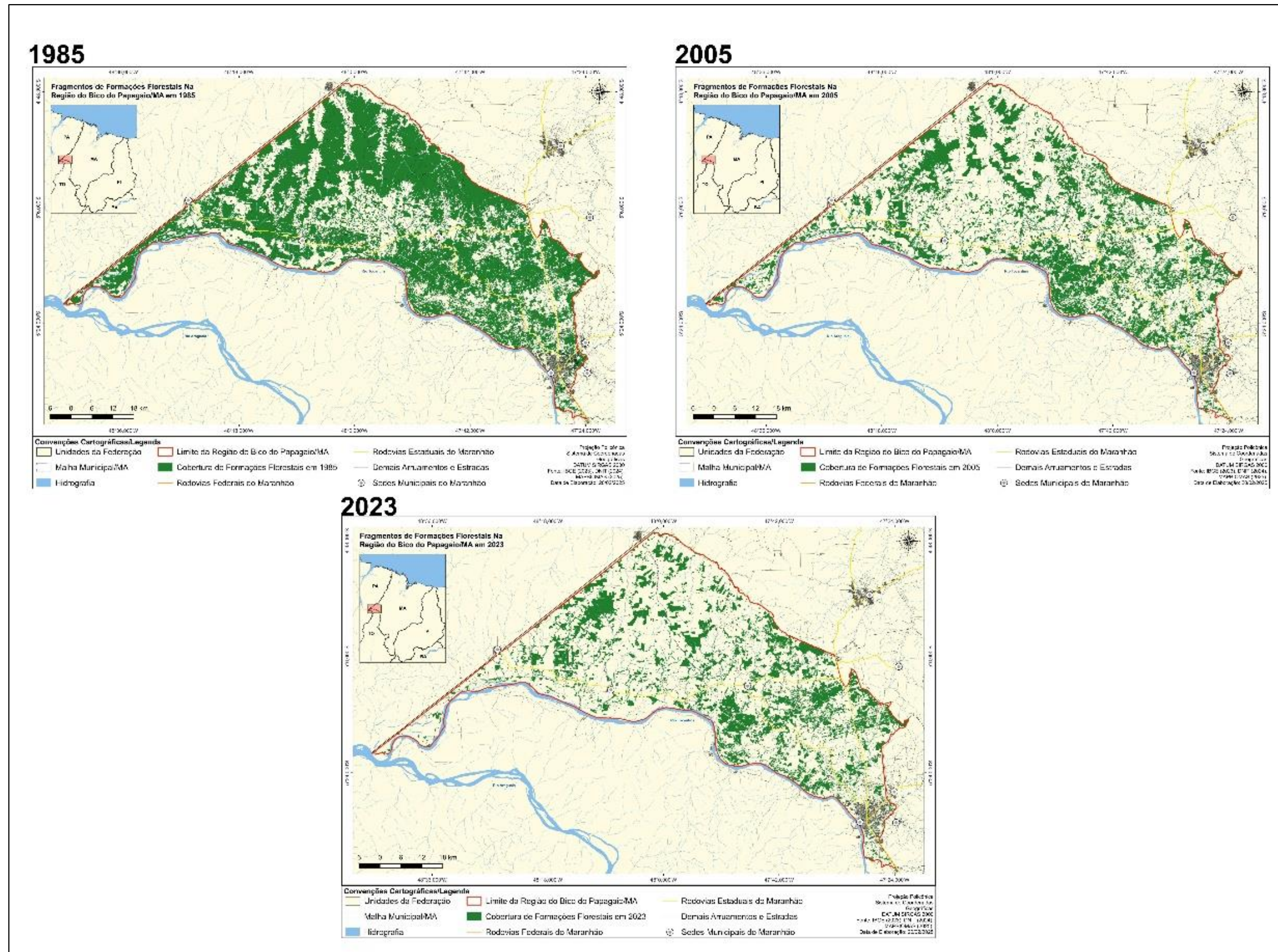
O mapa da distância euclidiana (Figura 14) entre os fragmentos florestais em 2023, apresenta a métrica de conectividade média entre as formações florestais da paisagem. Ele evidencia as zonas mais ausentes de coberturas florestais e permite uma análise de distribuição e impacto da ausência de corredores ecológicos na área de estudo.

O mapa elaborado a partir do resultado da métrica de conectividade entre os fragmentos confirma as análises e considerações iniciais já apresentadas na distribuição dos fragmentos. Destaca-se, em especial, o território de Vila Nova dos Martírios, localizado a oeste do Bico do Papagaio, que apresenta considerável déficit de conectividade. Esse déficit

também é observado na porção norte da área de estudo, onde os fragmentos chegam a 2 km de distância em relação aos seus fragmentos vizinhos mais próximos.

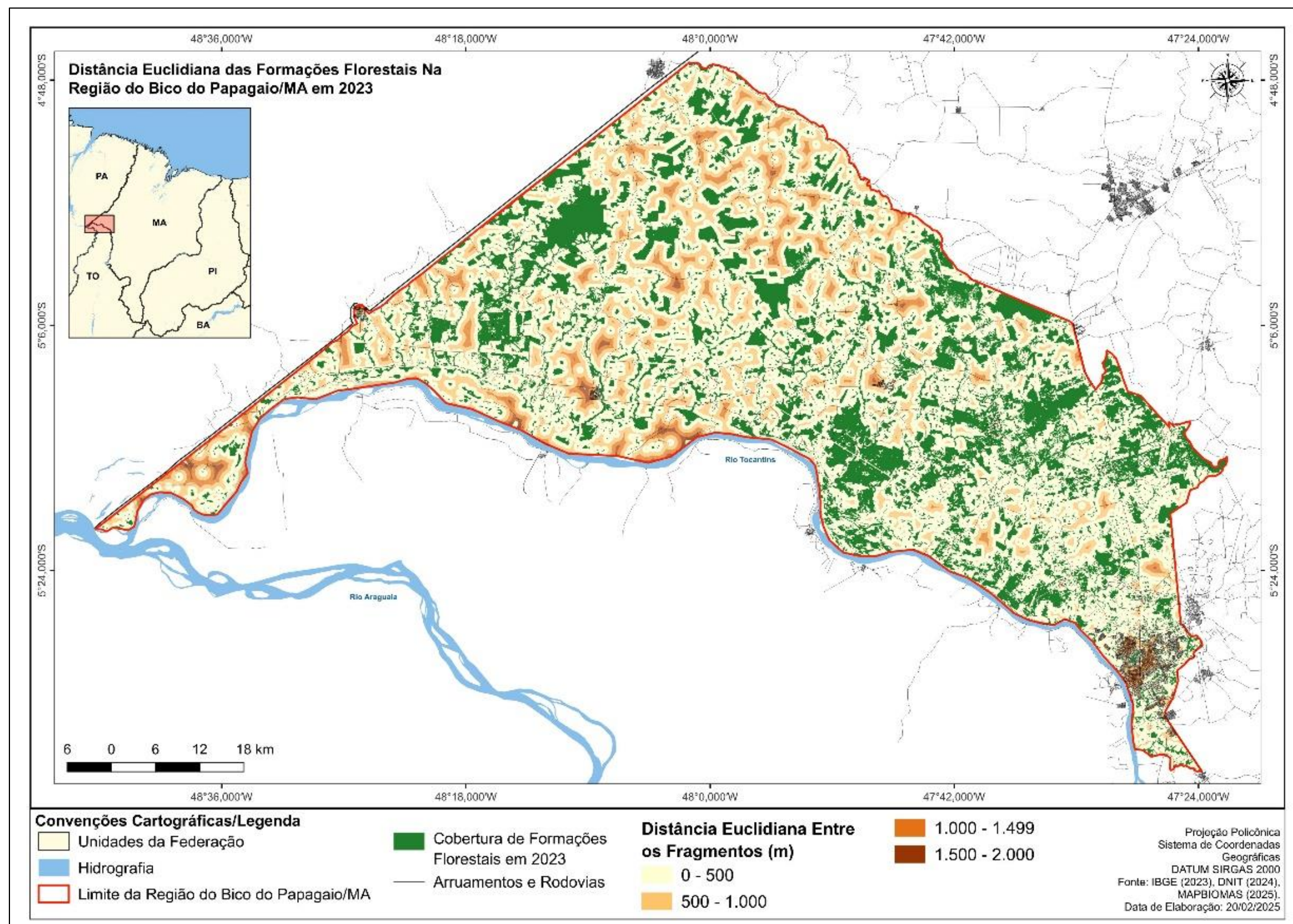
Pequenos núcleos de déficit de conectividade também são perceptíveis na região leste da área de estudo, nas proximidades do corredor de mancha urbana entre as sedes político-administrativas dos municípios de Imperatriz e João Lisboa. O leste do Bico do Papagaio é um considerável corredor que perpassa pelos territórios municipais de São Pedro da Água Branca e Vila Nova dos Martírios. Trata-se de regiões saudáveis do ponto de vista da distribuição das coberturas florestais, onde é possível identificar remanescentes florestais que se mantiveram resilientes mediante o intenso processo de fragmentação e alteração em suas bordas, na área de estudo. Para a melhor compreensão de como se deu as dinâmicas geoespaciais de desmembramentos no processo histórico de fragmentação analisado, remete-se a métrica de maior mancha, que apresenta o processo de fragmentação da maior mancha na paisagem desde 1985 (Figura 15).

Figura 13: Distribuição dos Fragmentos Florestais no Bico do Papagaio/MA



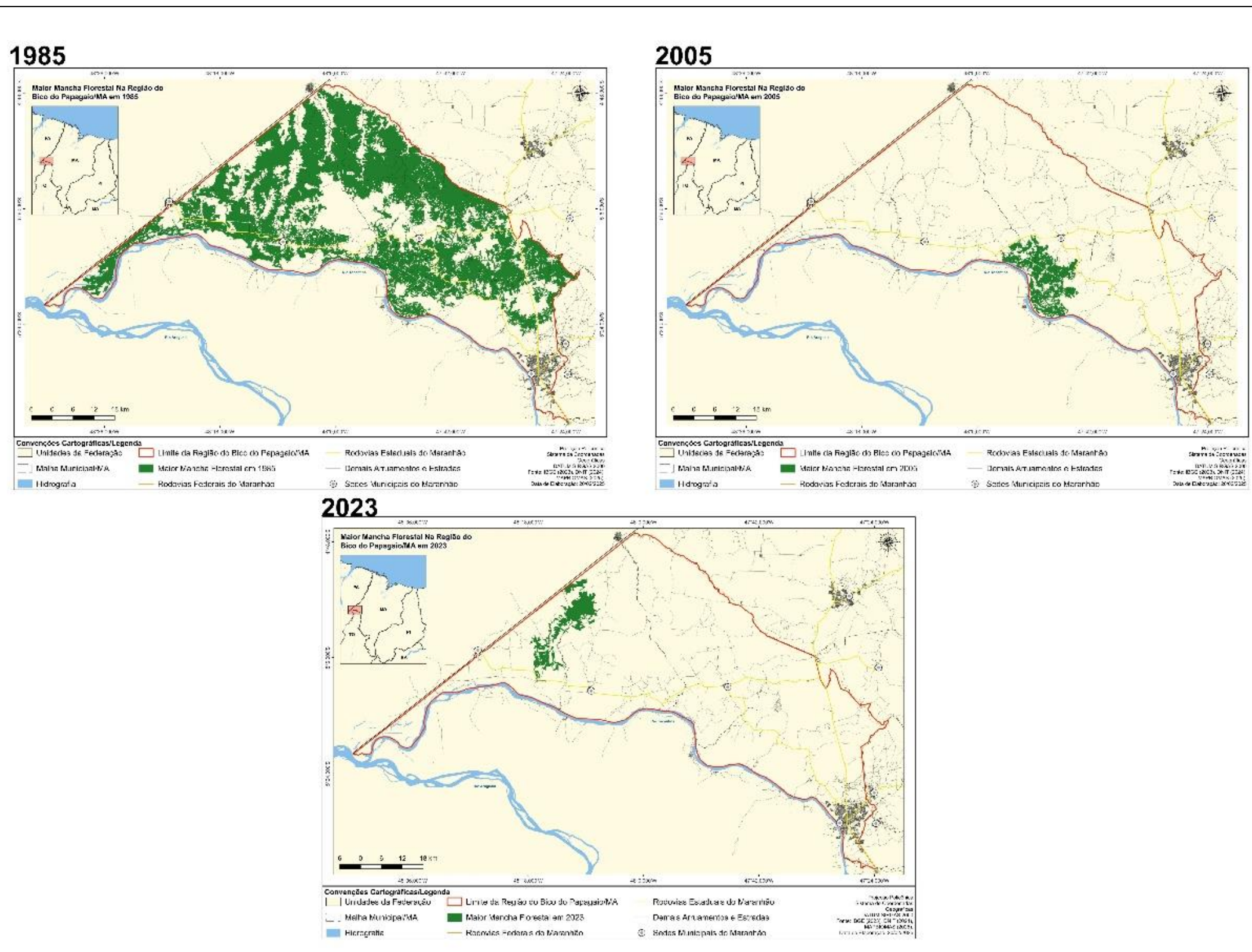
Fonte: IBGE (2023), DNIT (2024), MAPBIOMAS (2025), org. Costa, 2025.

Figura 14: Distância Euclidiana (Métrica de Conectividade) Entre as Formações Florestais



Fonte: IBGE (2023), DNIT (2024), MAPBIOMAS (2025), org. Costa, 2025.

Figura 15: Distribuição Espacial da Maior Mancha de Formação Florestal



Fonte: IBGE (2023), DNIT (2024), MAPBIOMAS (2025), org. Costa, 2025.

Em 1985, a maior mancha de formação florestal na Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, representava mais de 50% de toda sua extensão. Naquele ano, sua cobertura conectada somava 2.441,13 km². No entanto, entre 1985 e 2005, esse cenário alterou-se drasticamente. A maior mancha florestal conectada passou a ter apenas 178,15 km² de cobertura. Em 2023, essa mesma mancha já não é mais identificada como sendo o maior fragmento da região, o que indica que provavelmente passou por processos de fragmentação nas últimas duas décadas. No ano de 2023, a maior mancha registrada tem 118,08 km² e corresponde ao remanescente florestal já citado, que perpassa pelos territórios municipais de São Pedro da Água Branca e Vila Nova dos Martírios.

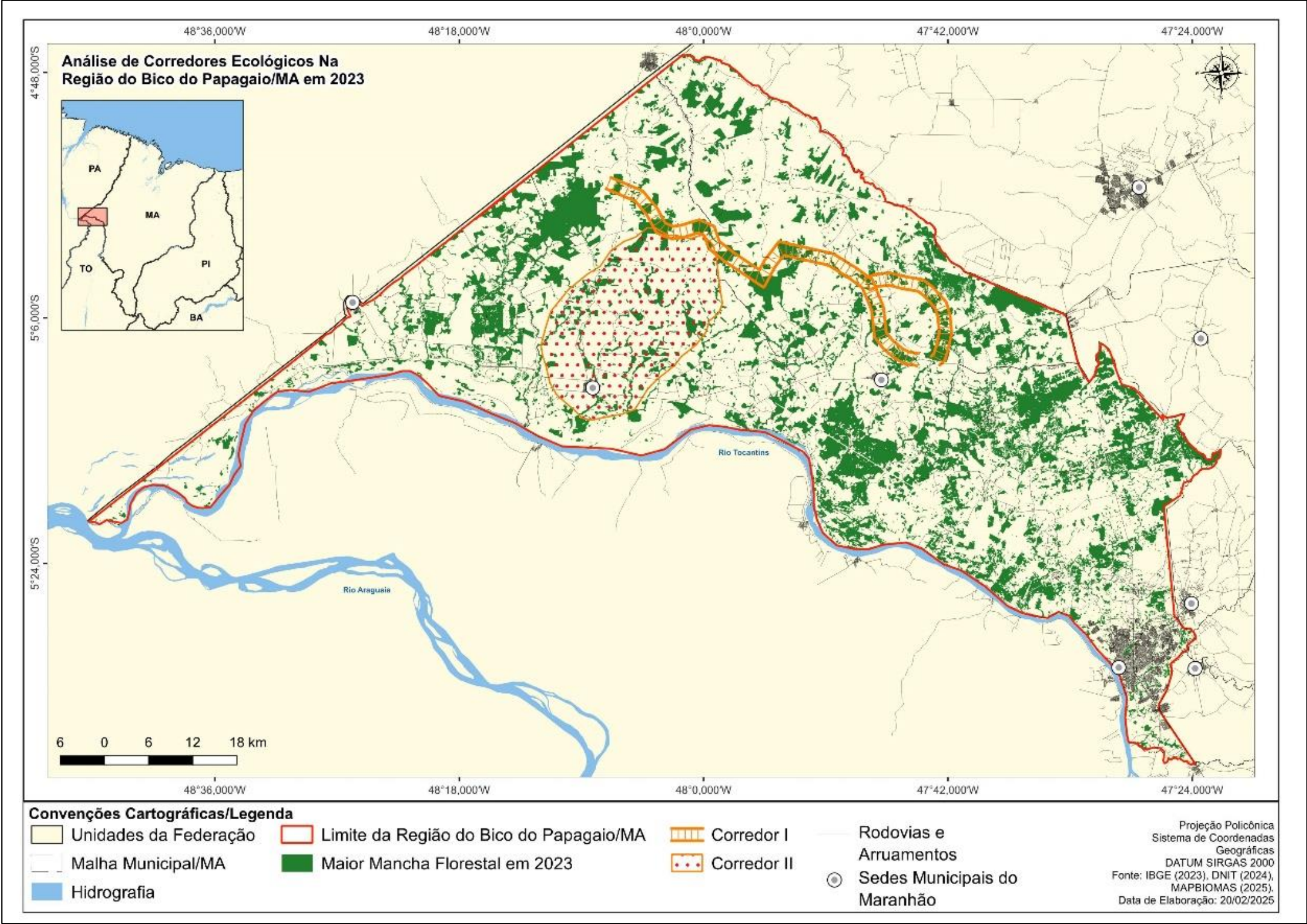
Dessa forma, a partir das análises dos resultados das métricas, é possível apontar regiões com maior criticidade, em relação a distribuição e conectividade das formações florestais. Portanto, duas áreas são apontadas, mediante a elaboração de um esboço espacialmente demarcado, levando em consideração as análises dos resultados obtidos, o mapa desses corredores (Figura 16) destaca duas áreas de maior criticidade, intituladas corredor I e Corredor II.

O corredor I compreende uma faixa que vai do norte do território de Vila Nova dos Martírios ao centro do território de Cidelândia, próximo ao seu perímetro urbano, abrange percorre uma distância de aproximadamente 80 km². Esse traçado tem como base as observações advindas da análise dos processos de desmembramento apresentados no índice de maior mancha, e nos núcleos de déficit de conectividade e considerável distanciamento entre as coberturas florestais apresentados na métrica de conectividade. Bacia hidrográfica do Córrego do Martírio, a bacia hidrográfica do Córrego do Jatobá, a bacia hidrográfica do Córrego da Lontra, Córrego do Frade, Córrego Brejão, Córrego Andirobal, córrego Bom Jesus. Trata-se uma faixa de divisor de água entre as bacias mencionadas, ambas, são contribuintes que seguem na direção do leito principal do Rio Tocantins.

Levando em consideração a distribuição espacial e dinâmica dessas hidrografias, pode supor-se que nessa faixa demarcada como corredor I, residem nascentes de muitos desses córregos aqui mencionados. Isso evidencia ainda mais a importância das discussões e apontamentos relacionados a criticidade de proteção dessas regiões.

O corredor II destaca a região de entorno do município de Vila Nova dos Martírios, evidenciando uma região que o mapa de conectividade (Figura 14) apresenta um *hotspot* de déficit de conectividade e considerável distanciamento entre as coberturas florestais. Nessa região de alta criticidade, destacam-se a Bacia hidrográfica do Córrego do Martírio e Córrego do Jatobá, ambos contribuintes do leito principal do Rio Tocantins.

Figura 16: Áreas com maior criticidade e potenciais corredores ecológicos



Fonte: IBGE (2023), DNIT (2024), MAPBIOMAS (2025), org. Costa, 2025.

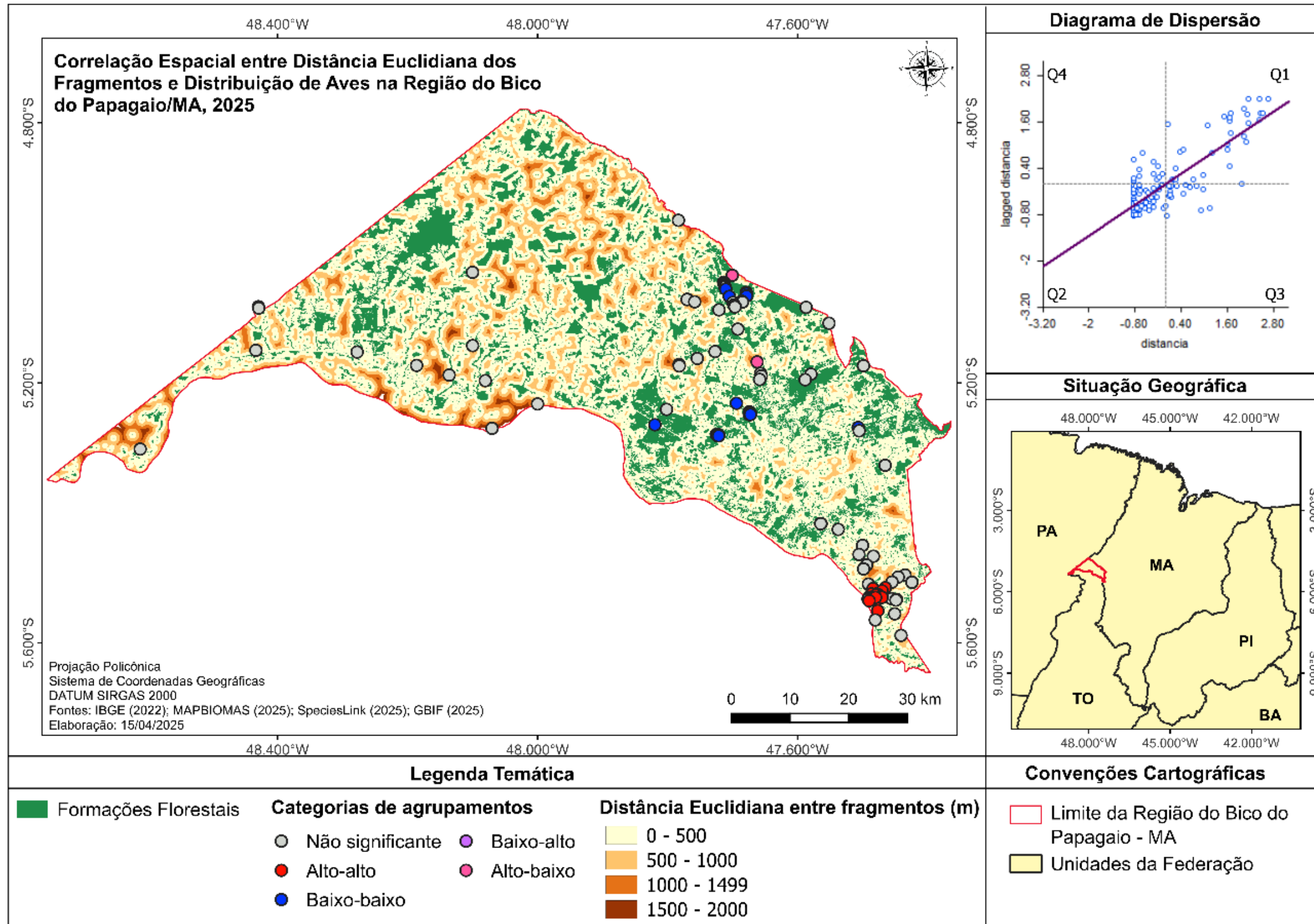
4.2 Análise da Distribuição de Ocorrências do filo *Chordata* e Padrões de Autocorrelação com a Distância Euclidiana entre os Fragmentos Florestais

Com o objetivo de identificar padrões espaciais na estrutura da paisagem relacionados à distribuição de ocorrências, foi realizada uma análise de autocorrelação espacial utilizando o Índice de Moran Global e Local (LISA), por meio do *software* GeoDa. A variável analisada foi a distância euclidiana entre fragmentos florestais, extraída para cada ponto de ocorrência de espécies registrado no estudo.

Conforme dados de ocorrência de representantes do filo *Chordata* descritos na tabela 2, para a classe Aves, valor do Moran's I Global foi de 0,672, há uma autocorrelação espacial positiva estatisticamente significativa. Esse resultado evidencia a existência de dependência espacial na distribuição das distâncias entre fragmentos florestais, com agrupamentos de pontos de ocorrência que compartilham valores semelhantes de conectividade ou isolamento. A distribuição espacial da variável, portanto, não é aleatória, o que reforça a influência da configuração da paisagem na distribuição dos pontos de ocorrência.

A análise local (LISA) permitiu a identificação de agrupamentos específicos. Foram detectados 24 pontos classificados como alto-alto, representando regiões com elevadas distâncias entre fragmentos florestais (entre 1000 e 2000 metros) circundadas por áreas com valores igualmente altos. Estes *clusters* podem indicar zonas de alto isolamento, que podem representar barreiras à dispersão de espécies. Por outro lado, 30 pontos foram classificados como baixo-baixo, localizados em áreas com menores distâncias entre fragmentos, refletindo maior conectividade estrutural da paisagem. Esses agrupamentos podem representar áreas prioritárias para a conservação, dada sua potencial função como corredores ou núcleos de habitat contínuo. Adicionalmente, foram identificados três pontos classificados como *outliers* espaciais: dois alto-baixo e um baixo-alto. Esses padrões representam discrepâncias locais, onde valores contrastantes em relação aos vizinhos sugerem heterogeneidade na paisagem ou a presença de transições abruptas no uso e cobertura do solo (figura 17).

Figura 17: Correlação espacial entre Distância Euclidiana entre Fragmentos e Distribuição de Ocorrências da classe Aves



Fonte: IBGE (2022), MAPBIOMAS (2025), SpeciesLink (2025), GBIF (2025). Org. Santos, 2025.

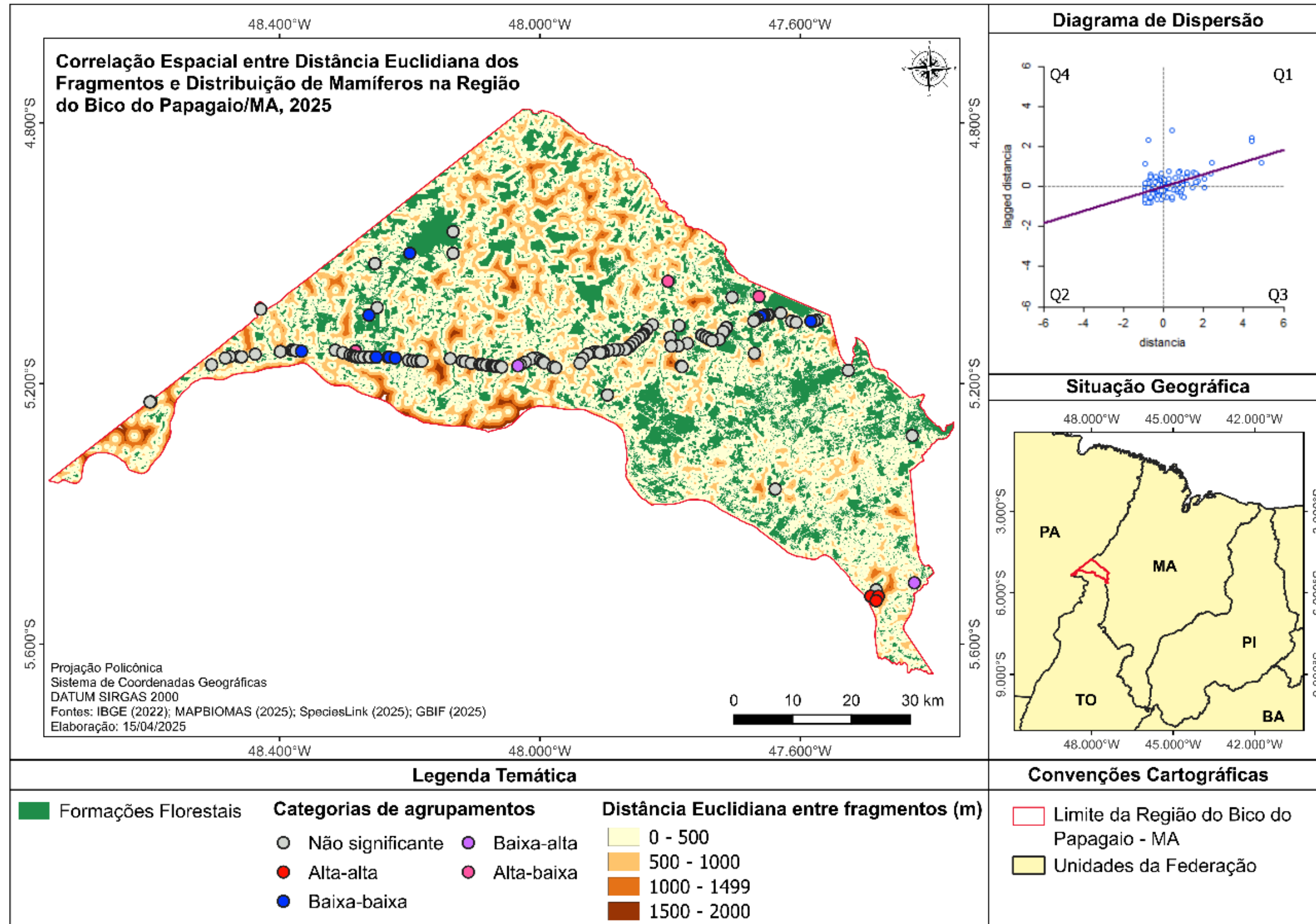
Quanto à significância estatística para as aves, dos 134 pontos analisados, 57 apresentaram autocorrelação espacial significativa, sendo 26 com $p = 0,05$, 17 com $p = 0,01$ e 14 com $p = 0,001$. Os 77 pontos restantes não apresentaram autocorrelação significativa. Por isso é possível perceber que, embora existam padrões de agrupamento bem definidos, há também áreas da paisagem com comportamento mais aleatório ou influenciado por variáveis ambientais não espaciais.

O valor do Índice de Moran Global para mamíferos foi de 0,305, revelando uma autocorrelação espacial positiva, embora moderada, entre as distâncias euclidianas. Esse valor sugere que há tendência de agrupamentos de pontos com valores semelhantes (tanto altos quanto baixos). Porém, na comparação ao padrão observado para as aves, há menor intensidade. Essa diferença pode refletir aspectos ecológicos distintos entre os grupos ou uma resposta menos sensível ao isolamento estrutural da paisagem.

A interpretação espacial local, baseada no LISA, identificou 5 pontos classificados como alto-alto e 12 como baixo-baixo. Os pontos alto-alto indicam áreas onde altas distâncias entre fragmentos (acima de 1000 m) ocorrem em vizinhanças com valores igualmente elevados, o que evidencia núcleos de isolamento mais severo dentro da paisagem analisada. Por sua vez, os agrupamentos baixo-baixo se localizam em zonas de maior conectividade florestal, com distâncias reduzidas entre fragmentos, potencialmente mais favoráveis ao deslocamento e persistência de populações de mamíferos. *Outliers* espaciais também foram detectados, com 3 pontos classificados como alto-baixo e 2 como baixo-alto, indicando áreas de transição na estrutura da paisagem, onde há contraste entre o valor do ponto e o padrão dos vizinhos. Essas zonas podem representar interfaces ecológicas importantes, e sugerem heterogeneidade na configuração dos fragmentos florestais (figura 18).

O gráfico de dispersão espacial (figura 18) reforça essa interpretação. Embora os dados estejam concentrados próximos ao centro dos eixos, a inclinação positiva da reta indica a presença de autocorrelação positiva. A dispersão é mais tênue do que a observada para as aves e reflete o menor valor do Moran Global. A maioria dos pontos se distribui entre os quadrantes Q1 (alto-alto) e Q3 (baixo-baixo), confirmando os agrupamentos detectados via LISA. Em relação à significância estatística para mamíferos, dos 157 pontos analisados, 21 apresentaram autocorrelação significativa: 9 com $p = 0,05$, 9 com $p = 0,01$ e 3 com $p = 0,001$. Os demais 136 pontos não apresentaram significância estatística, o que demonstra uma estrutura espacial menos marcada para os mamíferos, podendo estar relacionada a fatores como mobilidade, generalismo ecológico ou menor sensibilidade às barreiras físicas entre fragmentos.

Figura 18: Correlação espacial entre Distância Euclidiana entre Fragmentos e Distribuição de Ocorrências da classe Mamíferos



Fonte: IBGE (2022), MAPBIOMAS (2025), SpeciesLink (2025), GBIF (2025). Org. Santos, 2025.

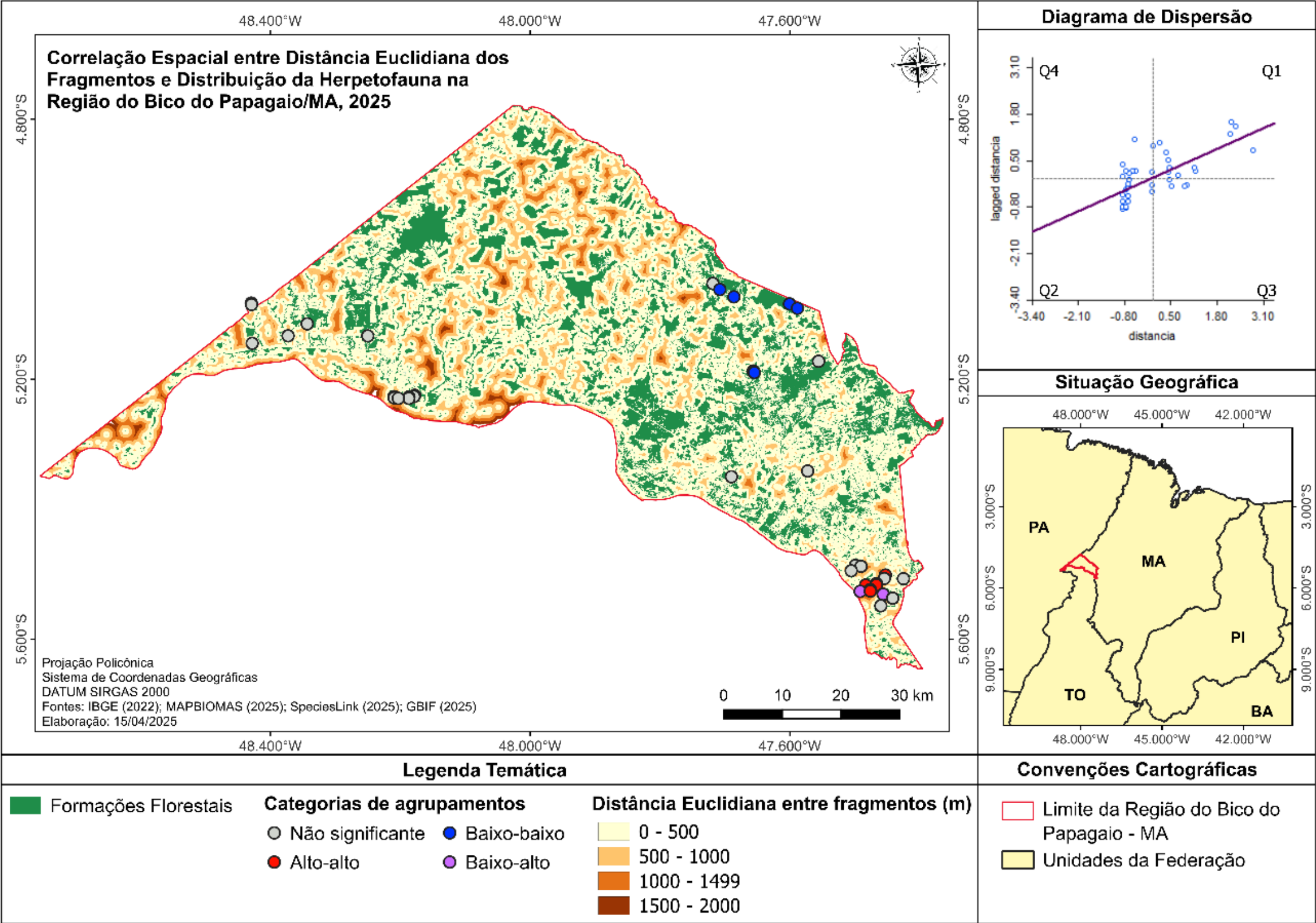
Quanto para a herpetofauna, a análise de autocorrelação espacial revelou um valor de Moran's I igual a 0,452, indicando a presença de autocorrelação espacial positiva moderada. Foram identificados 6 agrupamentos alto-alto, 9 baixo-baixo, 2 baixo-alto e nenhum alto-baixo, sugerindo padrões locais de similaridade nas distâncias entre fragmentos. Com relação à significância estatística dos agrupamentos, 26 pontos não foram significativos, enquanto 6 apresentaram $p = 0,05$, 5 $p = 0,01$ e 6 $p = 0,001$, totalizando 17 pontos com significância estatística (figura 19).

O diagrama de dispersão espacial (figura 19) para a herpetofauna mostra uma inclinação positiva na reta de tendência, indicando que pontos com valores altos de distância tendem a estar cercados por vizinhos com valores igualmente altos, e o mesmo ocorre para valores baixos. Os pontos estão dispersos, mas observa-se uma maior concentração nos quadrantes Q1 (alto-alto) e Q3 (baixo-baixo). A presença de poucos pontos em Q2 e Q4 reflete uma baixa ocorrência de *outliers* espaciais, reforçando o padrão geral de associação positiva entre valores vizinhos.

O valor de Moran's I (0,452) indica que, embora a autocorrelação espacial na herpetofauna não seja tão forte quanto a observada para as aves (0,672), ela é mais acentuada do que a dos mamíferos (0,305), sugerindo uma resposta mais evidente desse grupo à estrutura espacial da paisagem. A maior frequência de agrupamentos significativos nos quadrantes Q1 e Q3 sugere que a distribuição da herpetofauna está relacionada à conectividade entre fragmentos, refletindo padrões locais de isolamento ou continuidade. A ausência de pontos alto-baixo e a baixa incidência de baixo-alto também indicam uma menor ocorrência de transições abruptas, o que pode estar relacionado à baixa capacidade de dispersão desse grupo e à alta dependência por microambientes específicos. Esses resultados reforçam a importância da manutenção de corredores ecológicos para garantir a persistência de populações de anfíbios e répteis em paisagens fragmentadas.

A análise de autocorrelação espacial para a classe Peixes resultou em um valor de Moran's I de -0,045, indicando ausência de autocorrelação espacial negativa significativa para um padrão ativo de dissimilaridade espacial. Apenas um agrupamento baixo-baixo foi identificado, enquanto não houve ocorrência de agrupamentos alto-alto, alto-baixo ou baixo-alto. Em termos de significância estatística, 14 pontos não apresentaram significância, e apenas 1 ponto foi significativo com $p = 0,05$, sem registros de significância mais expressiva ($p = 0,01$ ou $p = 0,001$). Esses resultados refletem a baixa quantidade de pontos de ocorrência ($n=15$) e sugerem um padrão espacial aleatório ou altamente disperso (figura 20).

Figura 19: Correlação espacial entre Distância Euclidiana entre Fragmentos e Distribuição de Ocorrências de Herpetofauna



Fonte: IBGE (2022), MAPBIOMAS (2025), SpeciesLink (2025), GBIF (2025). Org. Santos, 2025.

Correlação Espacial entre Distância Euclidiana dos Fragmentos e Distribuição de Peixes na Região do Bico do Papagaio/MA, 2025

Projeção Policônica
Sistema de Coordenadas Geográficas
DATUM SIRGAS 2000
Fontes: IBGE (2022); MAPBIOMAS (2025); SpeciesLink (2025); GBIF (2025)
Elaboração: 15/04/2025

Legenda Temática

Formações Florestais	Categorias de agrupamentos	Distância Euclidiana entre fragmentos (m)
Formações Florestais	○ Não significativa	0 - 500
	● Baixa-baixa	500 - 1000
		1000 - 1499
		1500 - 2000

Diagrama de Dispersão

lagged distancia

distancia

Situação Geográfica

PA MA PI TO BA

Convenções Cartográficas

□ Limite da Região do Bico do Papagaio - MA

□ Unidades da Federação

91

O diagrama de dispersão espacial para peixes (figura 20) mostra uma reta de tendência praticamente horizontal, indicando que não há relação clara entre os valores dos pontos e seus vizinhos espaciais. A maior parte dos pontos está concentrada ao redor do centro do gráfico, e não há evidência de agrupamentos sistemáticos em nenhum dos quadrantes. O único ponto significativo (baixo-baixo) está isolado e não interfere no padrão geral.

A classe Peixes apresentou o menor valor de Moran's I entre todos os grupos analisados, reforçando a ausência de estrutura espacial nas distâncias observadas entre fragmentos. A baixa correlação pode ser atribuída a dois fatores principais. Por um lado, o baixo número de registros amostrais, que reduz o poder estatístico da análise e limita a detecção de padrões espaciais robustos. Além disso, é preciso considerar ainda a ecologia do grupo, que depende fortemente de corpos d'água contínuos e conectados, geralmente ausentes ou mal representados em áreas fragmentadas terrestres. A escassez de agrupamentos significativos e a predominância de pontos não significativos sugerem que, para peixes, a paisagem terrestre ao redor dos fragmentos florestais tem pouca influência sobre sua distribuição.

Esses resultados evidenciam a importância de considerar a estrutura espacial da paisagem na análise da distribuição de espécies, especialmente em contextos de fragmentação florestal. A identificação de áreas com elevado isolamento pode subsidiar estratégias de conectividade ecológica, enquanto as zonas de maior conectividade representam áreas estratégicas para a manutenção da biodiversidade local.

5 CONCLUSÃO

A adoção de métricas de paisagem é considerada uma ferramenta estratégica geocientífica para o planejamento biorregional e, portanto, adotada como uma das principais configurações procedimentais para a alocação de recursos humanos e financeiros para o estabelecimento de áreas prioritárias para a conservação, para a recuperação paisagística e para a composição de métodos para a condução técnica de esforços para a justificativa de criação de corredores ecológicos. Isso tudo reside no fato de que há nessa prática uma interface entre processos de ocupação do território, aliados à disposição da biodiversidade regional por classes de uso e à configuração de mosaicos de áreas de intensas pressões antropogênicas.

Assim, ao serem tratados os elementos analíticos citados como compositores e *drivers* para a restauração de funções ecológicas e biogeográficas locais e regionais, há que se ater ao

fato de que a viabilidade protetiva dos remanescentes de formações vegetais nativas somente terão efeitos se forem considerados elementos faunísticos sobrepostos ao que resta de feições fitogeográficas, mormente as consideradas primárias. Dessa feita, a região denominada Bico do Papagaio, localizada no extremo Oeste maranhense, permite que a metodologia discutida seja implementada com bastante clareza, sobretudo ao evidenciar que ainda existem elementos da biodiversidade animal endógena capaz de mobilizar-se e distribuir-se ao longo das articulações biorregionais sugeridas, condição expressa na porção Leste do território analisado.

Contudo, de forma bastante racional, é evidente que os processos de conversão das formações vegetais consideradas nativas em padrões homogêneos de uso da terra apontam para uma diminuta capacidade de conexão paisagística regional. Essa condição traz em seu bojo a complicada tarefa de desenhar corredores ecológicos (ou de biodiversidade) regionais, uma vez que os padrões e distanciamento euclidiano entre fragmentos florestais compõem-se sobretudo de áreas com mais de 500 metros de afastamento.

Isso tudo concorre para a ocorrência de limitações dispersivas de organismos animais, assim como a ampliação deletéria de ilhas de calor, efeitos de borda e tendências a ampliação de focos de calor. Estes, embora não tratados nesta pesquisa, são frequentes na área de trabalho e influenciam diretamente na diminuição do estoque de habitats saudáveis e atrativos para os grupos zoológicos abordados aqui.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, D.S. Biogeografia da região Neotropical. In: RAFAEL, J.A.; MELO, G.A.R.; CARVALHO, C.J.B. de; CASARI, S. & CONSTANTINO, R. (Eds). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. 2ª ed. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2024.

ANDERSON, Y; CASTRO, C. Dinâmica da paisagem da bacia hidrográfica do rio Itapecuru – MA. **Revista Brasileira de Geografia Física**. v.12, n.03. 2019.

ARRUDA, M.B. Corredores ecológicos no Brasil: gestão integrada de ecossistemas. In: ARRUDA, M.B; SÁ, L.F.S.N. (orgs). **Corredores ecológicos: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil**. Brasília: IBAMA, 2003.

BRASIL. **O corredor central da Mata Atlântica: uma nova escala de conservação da biodiversidade**. Brasil: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

BRASIL. **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. Institui o SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000.

BROWN, J. H. Why are there so many species in the tropics? **Journal of Biogeography**, v. 41, n. 1, p. 8–22, 2014.

BROWN, J.H.; LOMOLINO, M.V. **Biogeografia**. 2. ed. Ribeirão Preto: FUNPEC, 2006.

BUENO, E. S.; FURLAN, S. A. A fauna como instrumento de análise da complexidade geográfica dos ambientes naturais. O caso de *Carponis melanocephala* no Parque Estadual Intervalos e entorno– SP. **Revista do Departamento de Geografia**, [S. l.], v. 23, p. 152-186, 2012.

CAMARGO, J.C.G.; TROPPEMAIR, H. A evolução da Biogeografia no âmbito da ciência geográfica no Brasil. **Revista Geografia**. Rio Claro: AGETEO, vol. 27, n.3, 2002, p. 133-155.

CASEMIRO, P. C. Estrutura, composição e configuração da paisagem conceitos e princípios para a sua quantificação no âmbito da ecologia da paisagem. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, Janeiro/2009.

CIB - Conservation International do Brasil. **Avaliação e ações prioritárias para conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Brasília: MMA; SBF, 2000.

DIAS, L. J. **Biogeografia e Geoecologia da paisagem em um Centro de Endemismo na Amazônia Brasileira**. Curitiba: CRV, 2025.

DIAS, L. J. B.; COSTA, G. C.; FERREIRA, L. M.; COSTA, A. P.; GUIMARÃES, E. C.; OLIVEIRA, T. G. de. Evolução da dinâmica das pressões antropogênicas sobre paisagens naturais do Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 24, n. 96, p. 212–233, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/RCG249668694>. Acesso em: 14 jan. 2025.

ESCALANTE, T.; MORRONE J.J.; RODRÍGUEZ-TAPIA G. Biogeographic regions of North American mammals based on endemism. **Biological Journal of the Linnean Society**, 2013.

FHARIG, L; MERRIAM, G. Conservation of fragmented populations. **Conservation Biology**. v.8, n.1, p.50-59, 2003.

FONSECA G.A.B. Corredores de Biodiversidade: o corredor Central da Mata Atlântica. In: ARRUDA, M.B.; SÁ, L.F.S.N. (Orgs.) **Corredores ecológicos: uma abordagem integradora de ecossistemas no Brasil**. Brasília; IBAMA, 2003.

FURLAN, S.A.; NUCCI, J.C. **A conservação das florestas tropicais**. São Paulo: Atual, 1999.

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Relatório Técnico de Diversidade Faunística da Amazônia Maranhense: avaliação da composição, áreas prioritárias, ameaças e recomendações de ações para sua conservação do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão - Etapa Bioma Amazônico**. OLIVEIRA, T.G;

CATUNDA, P.H.A; DIAS, L.J.B.S (coords). São Luís: IMESC, 2019.

RUDNICK, D. A. *et al.* The Role of Landscape Connectivity in Planning and Implementing Conservation and Restoration Priorities. **Ecological Society of America**, n. 16, p.1-20, 2012.

SANTOS NETA, E.R; LARANJA, R.E.P; DIAS, L.J.B.; MENDES, N.S. Trajetórias Geoecológicas das Paisagens na Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, Brasil. **Revista Territorium Terram**, 7(13), p. 708–727, 2024. Disponível em: https://periodicos.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/5458. Acesso em: 13 dez. 2024.

STEIN, M. G. **Biogeografia e conservação dos anfíbios da Caatinga**. 2015. Brasília: Universidade de Brasília, 2015. (Dissertação - Mestrado em Ecologia).

TAYLOR, J.A. **Themes in Biogeography**. Croom Helm, 1984.

TEIXEIRA, G.G; REDONDO, G; QUESADA, H.B; FERREIRA, I.J.M; COUTO, E.V. Métricas de ecologia de paisagem em ambiente SIG para análise dos fragmentos florestais da bacia do Rio Claro – PR. **XIV ENEEAmb, II Fórum Latino e I SBEA – Centro-Oeste**. Brasília: 2016.

TIAN, X.; Yang, L.; WU, X.; WU, J.; GUO, Y.; CHEN, H.; LI, J.; LIN, Y. Landscape Fragmentation and Spatial Autocorrelation of a Typical Watershed in the Wenchuan Earthquake-Affected Area - A Case Study in the Longxi River Basin. **Forests**. 2023, 14, 2349. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/f14122349>. Acesso em: 25 fev. 2025.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos resultados obtidos na pesquisa, observou-se que a Região do Bico do Papagaio correspondente aos municípios de Imperatriz, Cidelândia, Vila Nova dos Martírios e São Pedro da Água Branca ocupa uma área de 4.652,89 km². A paisagem nesta região sofreu alterações significativas desde a sua gênese, seja com a divisão do território de Imperatriz em outros municípios, seja pelo extensivo uso e ocupação do solo com ciclos econômicos pautados em práticas agrícolas, pecuária, pastagem e silvicultura.

Avaliar as mudanças da paisagem nessa região permitiu visualizar a fragmentação de habitats e identificar duas unidades geoecológicas, que podem ser definidas como:

- a) **naturais** que atualmente corresponde a apenas 30,68% do território da Região do Bico do Papagaio; e
- b) **antropogênicas** que corresponde a 69,32%, ou seja, pouco mais de 1/3 não é mais natural, destacando a necessidade de conservação desta região considerada área prioritária com alto índice de biodiversidade segundo o Zoneamento Ecológico-Econômico para o Bioma Amazônico Maranhense.

A Região do Bico do Papagaio é indicada como uma área prioritária para conservação devido ao seu elevado índice de biodiversidade. Com base nisso, foi selecionado o filo *Chordata* para identificar o quantitativo de espécies presentes na região estudada em comparação com o total de espécies registrado em todo o bioma amazônico do Maranhão.

Utilizando os dados do GBIF para destacar a biodiversidade e do Salve (ICMBIO) para representatividade de riqueza deste filo em cada município da Região do Bico do Papagaio, os dados apresentaram que das 1.348 espécies deste filo presente em toda a Amazônica Maranhense. Dentre os quais há 512 presentes nos quatro municípios que compõe a Região do Bico do Papagaio, com 37,98% de representatividade, ou seja, mais de 1/3 está na área pesquisada.

Esses dados apontam que o filo *Chordata* é um bioindicador de biodiversidade regional de fauna, com elevado quantitativo de espécies encontradas nesta região. E, por isso, são necessárias medidas de conservação, sobretudo porque a região vem apresentando fragmentação florestal considerável em virtude dos diversos usos identificados nas unidades geoecológicas apontadas anteriormente.

Tais informações apontaram a necessidade de mensurar quantitativamente a real fragmentação de florestas na Região do Bico do Papagaio. Através do uso de geotecnologias que permitem visualizar dados a partir de 1985, foi apresentada alterações nos últimos 38

anos (1985 a 2023) e aplicação de métricas de paisagem para identificação de áreas com maior criticidade e potenciais corredores ecológicos.

Os dados apresentaram que entre 1985 e 2023 o total de fragmentos sofreu um aumento de 64,22% e a extensão total dos fragmentos diminuiu aproximadamente 59,53%. Ressalta-se que todos os resultados das métricas analisadas apontam para o aumento significativo dos processos de fragmentação florestal.

Para tornar viável a proposta de conexão de paisagem através de corredores ecológicos, foram identificadas manchas de formação florestal ao longo da área pesquisada. Em 1985, a maior mancha correspondia a 50% da área pesquisada, somando 2.441,13 km². Já em 2023 essa mancha foi reduzida a apenas 118,08 km². Esses dados permitiram identificar áreas com maior grau de criticidade em relação à distribuição e conectividade das formações florestais. A partir disso, foram propostos dois corredores ecológicos, denominados Corredor I e Corredor II. Ambos consideram as Áreas de Preservação Permanente (APPs) previstas em Lei, no entorno de cursos d'água.

Para demonstrar a importância dessa conectividade através de corredores ecológicos, foi levada em consideração os dados do filo *Chordata* e foi feita análise da distribuição de ocorrências e padrões de autocorrelação com a distância euclidiana entre os fragmentos florestais.

Destaca-se a classe Aves em que foram identificados 24 pontos classificados como alto-alto, ou seja, regiões com elevadas distâncias entre os fragmentos florestais (entre 1000 e 2000 metros) circundadas por áreas com valores igualmente altos, indicando áreas de alto isolamento, que podem representar barreiras à dispersão das espécies. Por outro lado, 30 pontos foram identificados como baixo-baixo, localizados em áreas com menores distâncias entre fragmentos, refletindo maior conectividade estrutural da paisagem, uma dessas áreas é justamente o Corredor I apontado anteriormente.

Desta forma, a hipótese dessa pesquisa foi confirmada. A perda substancial de áreas de florestas nativas contínuas foi acelerada pelos diversos usos e ocupação do solo, resultando em uma fragmentação significativa de habitats. O estudo identificou possíveis conexões entre fragmentos de Áreas de Preservação Permanente (APPs) através de corredores ecológicos. Essa proposta se mostra viável, especialmente devido à presença de espécies consideradas bioindicadores de biodiversidade na Região do Bico do Papagaio.

Acredita-se que, embora a metodologia proposta tenha alcançado resultados expressivos no apontamento de biodiversidade do filo *Chordata* e na delimitação de corredores ecológicos, ainda é possível aprimorá-la. Sugere-se, por exemplo, a inclusão de

dados não utilizados nesta etapa, como informações de flora, de elementos físicos da paisagem, inclusão de outros filós, entre outros. Ainda assim, destaca-se que as ideias desenvolvidas ao longo da pesquisa e as abordagens adotadas foram eficazes para compreender tanto a riqueza de espécies do filo *Chordata* quanto o processo histórico de fragmentação florestal na área pesquisada.

Obviamente esta pesquisa apresenta lacunas, sobretudo quanto aos dados quantitativos de riqueza de espécies, isso ocorre pelo fato da divulgação deficiente e dados incompletos, o que inviabiliza a correlação dos registros com as áreas de ocorrência real. Por isso é extremamente necessária a ampla divulgação da importância de alimentar banco de dados como o Salve e o IGBF. É fundamental para pesquisas futuras e também para a melhor compreensão da distribuição e riqueza de espécies, não apenas do filo *Chordata*, mas também de outros filós.

Ressalta-se que o levantamento de dados dos demais filós é uma necessidade e agrega valor à pesquisa. Considerando que a área pesquisada é reconhecida como uma região prioritária para conservação, torna-se essencial realizar o inventário das espécies presentes. Essa iniciativa contribui para uma compreensão mais ampla da biodiversidade regional.

A busca por outros modelos para a delimitação de corredores ecológicos agrega substancialmente na proposição ao poder público para criação dessas conexões. Trabalhos de campo mais aprofundados contribuem para uma investigação mais completa, além da identificação *in loco* das espécies presentes por meio de recursos, como câmeras noturnas de detecção de movimento.

A recuperação de biodiversidade através do plantio de espécies locais com parceria de ONG's e até mesmo da sociedade civil é uma alternativa, tendo em vista que muitas das Áreas de Preservação Permanente (APPs) encontram-se ocupadas. E, após a recuperação das áreas é possível propor novos corredores ecológicos.

Por fim destaca-se que apenas as estratégias de corredores ecológicos, embora fundamentais, não são suficientes, por si só, para garantir a conservação da biodiversidade. É indispensável a implementação de políticas públicas eficazes, que de fato crie as conexões e assegurem sua manutenção ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A.S.; VIEIRA, I.C.G., BARROS, M.N.R.B.; ROCHA, D.P.N. Áreas de endemismo Belém e Xingu: configuração e espacialização do uso da terra e da cobertura vegetal. In: EMILIO, T, LUIZÃO, F. (orgs). **Cenários para a Amazônia**: clima, biodiversidade e uso da terra. Manaus: INPA, 2014. p. 57-66.

BARBOSA, L.G. **Análise da variação da vegetação na paisagem baseada nos princípios da Geoecologia e na cartografia de paisagens**: estudo de caso em Altos, Nazárea e Teresina (Estado do Piauí, Brasil). Presidente Prudente: UNESP, 2020. Tese (Doutorado em Geografia)

BRASIL. **Lei no 12.651/2012 - Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis no 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências**. Brasília – DF: 2012.

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.985/2000 - Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Brasília – DF: 2000.

DIAS, L.J.B.S. **Corredores ecológicos, paisagens e variabilidades ecológicas regionais**: a fragmentação de habitats na Amazônia Oriental. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 2023. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE).

DIAS, L.J.B.; COSTA, G.C.; FERREIRA, L.M.; COSTA, A.P.; GUIMARÃES, E.C.; OLIVEIRA, T.G. Evolução da dinâmica das pressões antropogênicas sobre paisagens naturais do Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 24, n. 96, p. 212–233, 2023. Doi: 10.14393/RCG249668694. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/68694>. Acesso em: 16 fev. 2025.

FAGAN, C. Tropical forests: a protected area strategy for the twenty-first century. In: W. LAURANCE, W; PERES, C.A. (org.). **Emerging threats to tropical forests**. University of Chicago Press, Chicago, EUA, 2005.

FORMAN, R.R.T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. John Wiley & Sons: 1986.

FURLAN, S.A.; NUCCI, J.C. **A conservação das florestas tropicais**. São Paulo: Atual, 1999.

GONÇALVES, D.L. **Políticas ambientais na raia divisória São Paulo-Paraná-Mato Grosso do Sul**: estudo das áreas potenciais para a criação de corredores ecológicos. São Paulo: Presidente Prudente, 2020. (Tese de Doutorado em Geografia).

IMESC - Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Zonificação do território – etapa Bioma Amazônico**. São Luís: IMESC, 2019.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Monitoramento da floresta amazônica**

brasileira por satélite: Projeto Prodes. INPE, São José dos Campos, São Paulo, 2004. Disponível em: Seminário PRODES 2005 — Coordenação-Geral de Observação da Terra. Acesso em: 15 de novembro de 2024.

MATEO-RODRIGUEZ, J.M.; SILVA, E.V. **Teoria dos Geossistemas - o legado de V. B. Sochava:** fundamentos teórico-metodológicos. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

MATEO-RODRIGUEZ, J.M.; SILVA, E.V. **Planejamento e Gestão Ambiental.** Fortaleza: Editora Universidade Federal do Ceará - UFC, 2013.

MATEO-RODRIGUEZ, J.M.; SILVA, E.V. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator (Fortaleza. Online)**, v. 1, p. 95-112, 2007. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/198/164>. Acesso em: 13 de abril de 2025.

METZGER, J.P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropical** [online]. 2001, v. 1, n. 1-2, pp. 1-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>. Acesso em: 13 fev. 2024.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**. v. 10, n. 2, p.58-62, 1995. Disponível em: Efeitos de borda em florestas fragmentadas: implicações para a conservação - ScienceDirect. Acesso em: 20 fev. 2025.

RIBEIRO, A.S.; OLIVEIRA, R.C. Geoecologia da Paisagem: a construção de uma abordagem geossistêmica pela Geografia para análise ambiental. **Boletim Paulista de Geografia**, v. 1, n. 113, p. 36-62, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.61636/bpg.v1i113.3650>. Acesso em: 18 abr. 2025.

SANTOS NETA, E.R; LARANJA, R.E.P; DIAS, L.J.B.; MENDES, N.S. Trajetórias Geoecológicas das Paisagens na Região do Bico do Papagaio no Estado do Maranhão, Brasil. **Revista Territorium Terram**, 7(13), p. 708-727, 2024. Disponível em: https://periodicos.ufsj.edu.br/territorium_terram/article/view/5458. Acesso em: 13 dez. 2024.

SILVA, J. M. C.; RYLANDS, A. B.; FONSECA, G. A. B. O destino das áreas de endemismo da Amazônia. **Megadiversidade**, v.1, n.1, p. 124-131, 2005.

SOCHAVA, V. B. Por uma teoria da classificação de geossistemas da vida terrestre. **Biogeografia**, São Paulo, v. 14, p. 1-24, 1978.

TROLL, C. A paisagem geográfica e sua investigação. **Espaço e Cultura**, Rio de Janeiro, v. 4, p. 1-7, 1997.

VALENTE, R.O.A. **Definição de áreas prioritárias para conservação e preservação florestal por meio da Abordagem Multicriterial em ambiente SIG.** 2015. 121p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.