



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
BIODIVERSIDADE E BIOTECNOLOGIA – REDE  
BIONORTE**



**Uema**  
UNIVERSIDADE ESTADUAL  
DO MARANHÃO

**CORREDORES ECOLÓGICOS, PAISAGENS E VARIABILIDADES  
ECOLÓGICAS REGIONAIS: A FRAGMENTAÇÃO DE HÁBITATS NA  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

**LUIZ JORGE BEZERRA DA SILVA DIAS**

**SÃO LUÍS – MA  
2023**

LUIZ JORGE BEZERRA DA SILVA DIAS

**CORREDORES ECOLÓGICOS, PAISAGENS E VARIABILIDADES  
ECOLÓGICAS REGIONAIS: A FRAGMENTAÇÃO DE HÁBITATS NA  
AMAZÔNIA ORIENTAL**

Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE, na Universidade Estadual do Maranhão, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Tadeu Gomes de Oliveira

SÃO LUÍS – MA  
2023

Dias, Luiz Jorge Bezerra da Silva.

Corredores ecológicos, paisagens e variabilidades ecológicas regionais: a fragmentação de habitats na Amazônia Oriental./ Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias. – São Luís, 2023.

200 f.

Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE) - Universidade Estadual do Maranhão, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Tadeu Gomes de Oliveira.

1.Geoecologia. 2.Dinâmicas de paisagens. 3.Pressões de uso. 4.Biogeografia da Amazônia. 5.Planejamento biorregional. I. Título.

CDU: 574.2(81)

LUIZ JORGE BEZERRA DA SILVA DIAS

## **CORREDORES ECOLÓGICOS, PAISAGENS E VARIABILIDADES ECOLÓGICAS REGIONAIS: A FRAGMENTAÇÃO DE HÁBITATS NA AMAZÔNIA ORIENTAL**

Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE, na Universidade Estadual do Maranhão, como requisito parcial para a obtenção do Título de Doutor em Biodiversidade e Biotecnologia.

Aprovada em: 24 de novembro de 2023.

### **BANCA EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente



**TADEU GOMES DE OLIVEIRA**

Data: 20/12/2023 11:46:50-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

**Prof. Dr. Tadeu Gomes de Oliveira – UEMA**  
**Orientador**  
UEMA

Documento assinado digitalmente



**EDSON VICENTE DA SILVA**

Data: 20/12/2023 17:15:48-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

**Prof. Dr. Edson Vicente da Silva – UFC**  
**1º Avaliador(a)**

Documento assinado digitalmente



**LEONARDO SILVA SOARES**

Data: 26/12/2023 20:34:47-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

**Prof. Dr. Leonardo Silva Soares – UFMA**  
**2º Avaliador(a)**

Documento assinado digitalmente



**ALLISON BEZERRA OLIVEIRA**

Data: 27/12/2023 17:21:42-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

**Prof. Dr. Allison Bezerra Oliveira – UEMASUL**  
**3º Avaliador(a)**

Documento assinado digitalmente



**RUTH ELIAS DE PAULA LARANJA**

Data: 21/12/2023 18:14:08-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

**Profa. Dra. Ruth Elias de Paula Laranja – UnB**  
**4º Avaliador(a)**



## TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO

Eu, Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias, autorizo a publicação da versão final aprovada de minha Tese de Doutorado intitulada “Corredores ecológicos, paisagens e variabilidades ecológicas regionais: a fragmentação de habitats na Amazônia Oriental no Portal do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Biotecnologia – Rede BIONORTE (PPG-BIONORTE), bem como no repositório de Teses da CAPES ou junto à biblioteca da Instituição Certificadora.

São Luís (MA), 28 de dezembro de 2023.

Documento assinado digitalmente  
 LUIZ JORGE BEZERRA DA SILVA DIAS  
Data: 29/12/2023 01:30:36-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias**

Dedico este trabalho à minha família e aos meus poucos, porém verdadeiros amigos, base incontestada de sustentação e motivação durante todos os momentos leves ou difíceis pelos quais passei. Vida longa e próspera a vocês!

## AGRADECIMENTOS

Ao Criador, arquiteto e engenheiro supremo de tudo o que há, provedor de todos os dons que alguém pode vir a desenvolver.

A Jorge Luiz Dias e Djanira Bezerra da Silva Dias, meus pais, a quem muito devo por me proporcionarem experiências incríveis de cuidado e de vida. E às minhas irmãs Suanny Gomes e Djane Susan e Janaína Susan, por simplesmente serem quem são.

Ao grande amigo e orientador, Prof. Dr. Tadeu Gomes de Oliveira, cujo maior de todos os exemplos é o de ser um vencedor incansável, uma mente brilhante de coração pleno. Modelo de dignidade e de competência em todos os continentes por onde passou ou passará. Uma luz em um mundo tão difícil de lidar.

A Maria Leda Memoria Dias, esposa atenciosa e afetuosa, que me reergueu em momentos em que eu duvidei de mim mesmo e por todo um peculiar amor que por mim nutre. Àquela que enxugou lágrimas e que é a nave-mãe das duas maiores pérolas que tive a oportunidade de criar nesta vida.

A Adélia Cristina Memoria Dias e a Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias Filho, filhos muito queridos e amados, razões de minha atual existência, aqueles que me ensinam a cada gesto e a cada ato a graciosidade e a responsabilidade advindas da paternidade e a quem dedico o suor, os sorrisos e as lágrimas contidas ou escondidas dos meus dias.

À saudosa memória de Antonio Bezerra da Silva (avó materno), Maria Dóris da Silva (avó Materna), Doralice Ribeiro da Silva (minha mãe-vó por afinidade e minha mãe de criação e de alma), Adélia Bezerra da Silva (tia única, amiga inesquecível) e Maristela Ribeiro (a tia que a Igreja Católica me presenteou), por terem sido meus maiores anjos da guarda em vida e após ela. Saibam que seus ensinamentos trazidos pelo verdadeiro amor que me deram jamais serão perdidos, apenas serão multiplicados.

A Ana Bezerra da Silva, minha tia e madrinha, por sempre ter confiado absolutamente sempre em mim e por todo o amor que me tem dado durante toda a minha vida.

Ao grande amigo e querido irmão de alma Prof. Emanuel Lima da Silva (*in memoriam*), que, juntamente com sua esposa Profa. Maria Luzia Borges, me acolheu por quase oito anos quando trabalhei em Imperatriz. O carinho, o cuidado, o sentimento fraterno, os almoços felizes e nossos sempre lindos diálogos definiram uma amizade que caminhará para a eternidade. Minha eterna gratidão.

A Concita Dias Mousinho, tia querida, e Tacílio Dias, tio inspirador, pelo carinho e cuidado sempre demonstrado em gestos e palavras de afeto e compreensão. Seus sorrisos acalmam a alma.

Às minhas amigas de coração, Pollyana Travassos, Helisvânia Moraes e Priscilla Nogueira, por me suportarem há quase um milhão de anos. E a Augusto Gomes Bastos Filho, o amigo-irmão “mais maluco do que eu” que a vida me deu de graça como presente.

Ao incrível e fascinante amigo e mestre Prof. Dr. José Ribamar Trovão, um irmão espiritual e guia de luz em minhas caminhadas pelo mundo da Geografia.

Aos amigos da vida, em nome de Juraneide Bastos e Abdias Alves (*in memoriam*), Carlos Araújo (Capitão) e Terezinha Araújo (Vó Tereza, *in memoriam*) e Denilson Moraes, pessoas importantes por definirem como deve ser o caráter de jovens em relação às pessoas mais experientes e que, ao passarem seus conselhos de vida, me tornaram uma pessoa muito melhor.

Aos professores da Rede BIONORTE, em especial ao grande mestre e amigo Prof. Dr. Glécio Machado Siqueira, ser humano altamente admirável e profissional brilhante, e à admirável Profa. Dra. Alana Lislea de Sousa, pesquisadores fascinantes e seres humanos exemplares a quem tenho a honra de dizer que deles fui aluno e que suas posturas me inspiram.

Aos amigos que a Geografia me trouxe, em nome de Francisco Roberto Brandão Ferreira (eterno guru e mestre que me conduziu para seguir na profissão de geógrafo ainda no Ensino Médio), José Edgar Freitas Tarouco (*in memoriam*), José Ribamar Pinheiro Júnior (o biólogo mais geógrafo que já conheci), Wasti Cunha, Luiz Carlos Araújo dos Santos, Jorge Hamilton Souza dos Santos (grande amigo e xará), Nadja Bessa dos Santos, Juarez Diniz, Antonio José de Araújo Ferreira (eterno orientador) e César Labre, a quem agradeço por serem referências para minha vida pessoal e profissional. Somam-se a eles os companheiros e amigos de atuação profissional Erick Guimarães (biólogo brilhante) e Vivian Reis, que sempre me deram motivos para continuar firme em minhas ideias, por vezes quixotescas.

A Allana Pereira Costa, pelo auxílio na elaboração de boa parte da cartografia temática presente neste trabalho, pelas profícuas discussões metodológicas e pelo compartilhamento de informações e dados geográficos para esta pesquisa.

A Gabriel Costa da Costa, que muito se solidarizou comigo na elaboração e na análise das métricas de paisagens descritas no presente estudo.

A Wenderson Carlos da Silva Teixeira e Fabiana Correia (a mui querida Faby), alunos queridos da primeira turma que dei aula na vida, hoje profissionais de grandiosa capacidade técnica e dois dos mais leais e fraternos amigos que tenho na vida, agradeço por tudo o que representam em minha carreira profissional e em minha vida pessoal.

A Paulo Henrique Aragão Catunda, amigo e conselheiro de alma nobre e simples, um gigante diplomata e um dos maiores gestores que conheci na vida, por sua capacidade única de fazer as pessoas serem maiores do que pensam ser, sem perder a sua identidade.

A Gustavo Pereira da Costa, em sinal de eterna gratidão por ter me dado a mão quando eu mais precisei. Por toda a grandeza de espírito e pelo altruísmo sempre demonstrado em sua incansável jornada pela busca do bem comum, exemplo que deve ser por mim seguido por toda a minha vida.

A Walter Canales Sant'Anna, grande gestor e modelo de dignidade e seriedade no Setor Público, por sua amizade sempre presente. Agradeço por sua confiança constante, algo que me deu motivos para acreditar que eu sempre poderia evoluir como profissional e como pessoa.

A todos os meus alunos que nesses 19 anos de docência no Ensino Superior compartilharam comigo momentos prazerosos na UFMA e da UEMA, aos quais agradeço em nome dos ex-alunos que se tornaram grandes amigos, Brenda Nunes e Letícia Moura (representando os alunos que tive nos Cursos de Geografia da UEMA\CECEN), Jéssica Conceição Silva e Elza Ribeiro Neta (representando todos os alunos de Ciências Biológicas e Geografia que tive em Imperatriz), Nicollas Mendes (em nome de quem agradeço todos os meus bolsistas de IC), Francisco Carvalho Júnior (representando todos os alunos que tive na UFMA), Janes Cruz, Ritts Oliveira e Victor Silva (representando todos os alunos que tive em projetos de interiorização do Ensino de Graduação).

Ao IMESC, em nome do ex-presidente Dionatan Silva Carvalho, por ter proporcionado cinco anos de muito aprendizado coletivo com o Projeto ZEE-MA e com a Diretoria de Estudos Ambientais e Geoprocessamento.

À Senhora Sônia Dias e a toda a equipe de profissionais da Biblioteca Domingos Soares Ferreira Pena, vinculada ao Campus de Pesquisa do Museu Paraense Emílio Goeldi, por todo o auxílio prestado durante a finalização da pesquisa documental deste trabalho.

Aos colegas dos Departamentos de Geografia da UEMA/CECEN e de Geociências da UFMA/CCH, pelo respeito com que sempre me trataram.

À turma de 2019 do PPG-BIONORTE do Maranhão, pelo companheirismo e pelas boas lembranças.

Por fim, a todos os que, direta ou indiretamente, me fizeram aprender nesta pesquisa pelos Estados do Maranhão, do Pará e do Tocantins, aos quais agradeço em nome Jacenilson Borges (o Seu Nílson), que me acompanhou em quase todos os campos realizados no Centro de Endemismo Belém.

*“O regional e o setorial, integrados ao nacional devem ser valorizados. Se não houver uma administração mais direta, não haverá solução para um país de dimensões continentais como o Brasil. A ideia que tenho do espaço brasileiro me faz pensar na necessidade de um bom método de abordagem e de muitas estratégias. Não adianta ter noção de espaço se não houver um conjunto de estratégias que viabilizem o que se julga correto. Mas para isso é preciso o apoio de todos os grupos”*

*Aziz Nacib Ab’Sáber*

DIAS, Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias. **Corredores ecológicos, paisagens e variabilidades ecológicas regionais: a fragmentação de habitats na Amazônia Oriental**. 2023. 199 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2023.

## **RESUMO**

As alterações impostas pelas pressões humanas no território amazônico brasileiro nas últimas décadas culminaram em vários impactos diretos aos sistemas ambientais associados a esse bioma holocênico, que rapidamente transformou-se em um conjunto de antromas, ou paisagens biomáticas antropocênicas. Apesar de ser a maior área florestal da Terra, a Amazônia perdeu no último século 59,53% de toda a sua biomassa original. Além das queimadas e do desmatamento, a abertura de novas fronteiras para implantação do agronegócio e a implantação de grandes projetos de integração de transportes e de geração de energia elétrica deram a tônica para tais perturbações, que foram mais expressivas em sua porção Leste. Esta, por sua vez, representa uma das suas oito regiões biogeográficas, denominada Centro de Endemismo Belém (CEB). Através da compilação e atualização de bases de dados, com a sistematização destas com o auxílio de técnicas de geoprocessamento, foi possível elaborar um banco de dados capaz de agregar dados de Geodiversidade, de formações vegetais e de padrões de uso e cobertura da terra, estes últimos entre os anos de 1985 e 2020. Como resultados, observou-se que a Geologia e a Geomorfologia devem ser consideradas parcialmente para a definição dos limites do CEB e as sete formações vegetais originais deram lugar a um mosaico de 51 categorias diferentes na atualidade. Os efeitos desse processo de alterações na cobertura nativa das terras foram advindos das pressões humanas pelo uso, responsáveis pela perda de 82,58% do total de florestas no CEB em apenas 35 anos. Os mosaicos contínuos de vegetação não ultrapassam os 20.885,80 km<sup>2</sup> de um total de 247.635,44 km<sup>2</sup>. O uso de métricas de paisagem para a implantação de corredores ecológicos apresenta-se como uma possibilidade a depender das questões geopolíticas e econômicas para a configuração de cenas de uma Amazônia Oriental que não é mais natural.

**Palavras-chave:** Geoecologia. Biogeografia Amazônica. Dinâmicas de Paisagens. Pressões Antropogênicas. Planejamento Biorregional.

DIAS, Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias. **Ecological corridors, landscapes and regional ecological variability: habitat fragmentation in the Eastern Amazon**. 2023. 199 f. Thesis (PhD in Biodiversity and Biotechnology) – State University of Maranhão, São Luís, 2023.

## ABSTRACT

The changes imposed by human pressures on the Brazilian Amazon territory in recent decades have culminated in several impacts on the environmental systems associated with this Holocene biome, which quickly became a set of anthromes, or anthropocene biomatic landscapes. Despite being the largest forested area on Earth, the Amazon lost 59.53% of all its original biomass in the last century. In addition to the fires and deforestation, the opening of new frontiers for the implementation of agribusiness and the implementation of large transport integration and electricity generation projects set the tone for such disturbances, which were more expressive in its eastern portion. This, in turn, represents one of its eight biogeographic regions, called Centro de Endemismo Belém (CEB). Through the compilation and updating of databases, with the systematization of these with the aid of geoprocessing techniques, it was possible to develop a database capable of aggregating data on Geodiversity, plant formations and patterns of use and land cover, these The last between the years 1985 and 2020. As a result, it was observed that Geology and Geomorphology should be partially considered to define the limits of the CEB and the seven original plant formations gave rise to a mosaic of 51 different categories today. The effects of this process of changes in the native land cover came from human pressures for use, responsible for the loss of 82.58% of the total forests in CEB in just 35 years. The continuous vegetation mosaics do not exceed 20,885.80 km<sup>2</sup> out of a total of 247,635.44 km<sup>2</sup>. The use of landscape metrics for the implementation of ecological corridors is presented as a possibility depending on geopolitical and economic issues for the configuration of scenes of an Eastern Amazon that is no longer natural.

**Keywords:** Geocology. Amazon's Biogeography. Landscape Dynamics. Antropogenic Pressures. Biorregional Planning.



## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1:</b> Domínios de Paisagens brasileiros segundo modelo cartográfico proposto por Aziz Ab'Sáber como Domínios Morfoclimáticos Brasileiros.....                                                                                        | 31 |
| <b>Figura 2:</b> Mapa oficial dos biomas brasileiros de 2004 – um modelo criado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e pelo Ministério do Meio Ambiente. ....                                                                   | 36 |
| <b>Figura 3:</b> Nova delimitação oficial dos biomas brasileiros publicada em 2019 em comparação com a de 2004. ....                                                                                                                            | 41 |
| <b>Figura 4:</b> Evolução dos antromas no contexto territorial da Amazônia Brasileira entre os anos de 1700 a 2000. ....                                                                                                                        | 47 |
| <b>Figura 5:</b> Evolução dos percentuais de avanço da configuração dos antromas na Amazônia Brasileira. ....                                                                                                                                   | 48 |
| <b>Figura 6:</b> Tipos de elementos paisagísticos presentes em um mosaico de paisagens alteradas pelas pressões antropogênicas. ....                                                                                                            | 56 |
| <b>Figura 7:</b> Principais articulações epistemológicas, metodológicas e procedimentais adotadas na Pesquisa.....                                                                                                                              | 59 |
| <b>Figura 8:</b> Centros de Endemismo definidos para a Amazônia Internacional através de critérios cartográficos e biológicos. ....                                                                                                             | 66 |
| <b>Figura 9:</b> Delimitações mais antigas do Centro de Endemismo Belém (CEB). ....                                                                                                                                                             | 66 |
| <b>Figura 10:</b> Localização do Centro de Endemismo Belém no contexto do Bioma Amazônia. ....                                                                                                                                                  | 68 |
| <b>Figura 11:</b> Distribuição das formações litológicas ou rochosas do Centro de Endemismo Belém e das estruturas geológicas a elas vinculadas.....                                                                                            | 73 |
| <b>Figura 12:</b> Feições paisagísticas relacionadas ao barramento artificial do Rio Tocantins, porção Oeste do Centro de Endemismo Belém, município de Jacundá (PA) localidade Porto Novo, em outubro de 2021. ....                            | 74 |
| <b>Figura 13:</b> Composição dos terrenos por Eras Geológicas no contexto do Centro de Endemismo Belém. ....                                                                                                                                    | 74 |
| <b>Figura 14:</b> Mapa de altimetria do Centro de Endemismo Belém, com destaque para a distribuição geográfica dos tipos de estruturas geotectônicas presentes no território. ....                                                              | 76 |
| <b>Figura 15:</b> Mapa de geomorfologia do Centro de Endemismo Belém. ....                                                                                                                                                                      | 77 |
| <b>Figura 16:</b> Arco Férrer Urbano-Santos no Estado do Maranhão, especificamente em Cachoeira Grande (MA), extremo Nordeste do CEB. ....                                                                                                      | 78 |
| <b>Figura 17:</b> Lineamento Picos-Santa Inês na porção Centro-Oriental do CEB. ....                                                                                                                                                            | 78 |
| <b>Figura 18:</b> Zona de Cisalhamento Tentugal na porção Centro-Oriental do CEB, município de Santa Luzia (MA). ....                                                                                                                           | 79 |
| <b>Figura 19:</b> Distribuição percentual de áreas por classes altimétricas no CEB. ....                                                                                                                                                        | 79 |
| <b>Figura 20:</b> Porção Sul da Terra Indígena Awá, um dos maiores mosaicos de vegetação nativa remanescente no contexto do CEB. ....                                                                                                           | 80 |
| <b>Figura 21:</b> Topo de tabuleiros soerguidos e em fase de dissecação natural acelerada por ações antropogênicas vinculadas à expansão de fronteiras produtivas em Paragominas (PA), Oeste do Centro de Endemismo Belém, Rodovia BR-010. .... | 82 |

|                                                                                                                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 22:</b> Extensas planícies inundáveis situadas às margens do Rio Itapecuru (MA), em município homônimo, no Nordeste do CEB. Assoreamento tem intensificado o extravasamento lateral do rio para além de seu leito normal nos últimos anos. .... | 82  |
| <b>Figura 23:</b> Depósitos aluvionares holocênicos predominantemente arenosos e de origem fluvial na planície de inundação do Rio Tocantins, região do Bico do Papagaio, entre o Maranhão e o Tocantins. ....                                            | 83  |
| <b>Figura 24:</b> Campos inundáveis em planícies flúvio-lacustres de nível de base com morfogênese tectônica (aulacógeno), com presença de depósitos silto-argilosos holocênicos associados ao Lago Cajari, Baixada Maranhense. ....                      | 84  |
| <b>Figura 25:</b> Depósitos litorâneos holocênicos em planícies costeiras manifestados por ecossistemas de manguezal, de marismas tropicais, de apicuns e, pró-parte, estuários conectados de pequenas cursos hídricos e a Baía de São José. ....         | 85  |
| <b>Figura 26:</b> Mapa de localização geográfica das estações meteorológicas oficiais adotadas para o estabelecimento dos índices climáticos para a classificação das tipologias de climas do Centro de Endemismo Belém. ....                             | 88  |
| <b>Figura 27:</b> Mapa dos volumes médios de precipitação anual acumulada no Centro de Endemismo Belém referente à normal climatológica 1961-1990. ....                                                                                                   | 90  |
| <b>Figura 28:</b> Mapa dos volumes médios de precipitação anual acumulada no Centro de Endemismo Belém referente à normal climatológica 1991-2020. ....                                                                                                   | 91  |
| <b>Figura 29:</b> Número de dias com precipitações registradas no Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1961-1990. ....                                                                                                                   | 92  |
| <b>Figura 30:</b> Número de dias com precipitações registradas no Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1991-2020. ....                                                                                                                   | 93  |
| <b>Figura 31:</b> Temperaturas mínimas espacializadas no Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1961-1990. ....                                                                                                                            | 95  |
| <b>Figura 32:</b> Temperaturas mínimas espacializadas no Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1991-2020. ....                                                                                                                            | 96  |
| <b>Figura 33:</b> Temperaturas máximas espacializadas no Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1961-1990. ....                                                                                                                            | 97  |
| <b>Figura 34:</b> Temperaturas máximas espacializadas no Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1991-2020. ....                                                                                                                            | 98  |
| <b>Figura 35:</b> Mapa de classificação climática do Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1961-1990, segundo o modelo proposto por Thornthwaite e Mather (1955). ....                                                                    | 108 |
| <b>Figura 36:</b> Mapa de classificação climática do Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1991-2020, segundo o modelo proposto por Thornthwaite e Mather (1955). ....                                                                    | 109 |
| <b>Figura 37:</b> Mapa de vegetação pretérita ou original do Centro de Endemismo Belém. ....                                                                                                                                                              | 114 |
| <b>Figura 38:</b> Mapa da vegetação atual do Centro de Endemismo Belém. ....                                                                                                                                                                              | 117 |
| <b>Figura 39:</b> Configuração dos territórios dos municípios que constituem o Centro de Endemismo Belém entre as décadas de 1940 e 2020. ....                                                                                                            | 122 |
| <b>Figura 40:</b> Mapa de malhas logísticas territoriais presentes no Centro de Endemismo Belém. ....                                                                                                                                                     | 124 |
| <b>Figura 41:</b> Processos de uso e cobertura da terra no Centro de Endemismo Belém entre os anos de 1985 e 2020. ....                                                                                                                                   | 126 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 42:</b> Pastagens usadas para pecuária extensiva no âmbito no Sudeste do Centro de Endemismo Belém, especificamente em Bom Jesus das Selvas. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 127 |
| <b>Figura 43:</b> Área preparada para lavouras temporárias de grãos presentes no contexto do Centro de Endemismo Belém, município de Itinga (MA), perto da divisa com o Pará. ....                                                                                                                                                                                                                                                           | 128 |
| <b>Figura 44:</b> Lavouras permanentes em uma de suas principais culturas no Centro de Endemismo Belém, o cultivo de dendê ( <i>Elaeis guineenses</i> ) perto da sede do município de Mãe do Rio (PA). .                                                                                                                                                                                                                                     | 128 |
| <b>Figura 45:</b> Uso da terra na forma de silvicultura de eucaliptos na Região do Bico do Papagaio Maranhense, nos divisores de águas das Bacias do Ararandeua-Capim, Tocantins e Gurupi, Sul do Centro de Endemismo Belém. ....                                                                                                                                                                                                            | 129 |
| <b>Figura 46:</b> Mapa de indicativo de maior mancha de áreas de vegetação nativa contínua no Centro de Endemismo Belém entre os anos de 1985 e 2020. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 131 |
| <b>Figura 47:</b> Mapa de fragmentos de formações vegetais nativas amazônicas no contexto territorial do Centro de Endemismo Belém entre 1985 e 2020. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 133 |
| <b>Figura 48:</b> Feição-tipo de fragmento de formações florestais no Centro de Endemismo Belém, em Nova Ipixuna (PA). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 134 |
| <b>Figura 49:</b> Mapa demonstrativo das distâncias euclidianas entre os fragmentos de vegetação nativa presentes no Centro de Endemismo Belém em 2020. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 136 |
| <b>Figura 50:</b> Mapa de áreas protegidas no contexto do Centro de Endemismo Belém para o ano de 2020. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 138 |
| <b>Figura 51:</b> Vegetação fixadora de dunas no município de Raposa (MA), extremo Nordeste do Centro de Endemismo Belém. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 141 |
| <b>Figura 52:</b> Ecossistema de manguezais extensivos, intercalados por ambientes de restingas, município de Raposa (MA). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 141 |
| <b>Figura 53:</b> Apicuns extensivos adjacentes ao estuário do Rio Pericumã, Baía de Cumã, Bequimão (MA), Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses, nas proximidades de campos inundáveis extensivos. ....                                                                                                                                                                                                                    | 142 |
| <b>Figura 54:</b> Mosaico de Áreas de Preservação Permanentes do tipo margens de rios no extremo Noroeste do Estado do Tocantins na localidade Encontro das Águas dos Rios Tocantins e Araguaia, município de Esperantina (TO). ....                                                                                                                                                                                                         | 142 |
| <b>Figura 55:</b> Mosaico de vegetação de Áreas de Preservação Permanentes às margens do lago natural Aquiri, Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense, Viana (MA). ....                                                                                                                                                                                                                                                             | 143 |
| <b>Figura 56:</b> Vegetação protetora de sistema de nascentes que fazem parte da Bacia do Rio Itinga, em Dom Eliseu (PA), próximo à divisa interestadual Pará-Maranhão. Esse tipo de paisagem é bastante típico das microbacias formadoras da Bacia Hidrográfica Interfederativa do Gurupi, em seu alto curso, que configura ambientes ecotonais de florestas ombrófilas abertas em direção aos Domínios Climatobotânicos dos Cerrados. .... | 143 |
| <b>Figura 57:</b> Áreas de vertentes com mais de 45° de elevação com presença esparsa de vegetação em diversos estágios sucessionais na Serra do Tiracambu-Coroados, entre Bom Jesus das Selvas e Açailândia (MA). ....                                                                                                                                                                                                                      | 144 |
| <b>Figura 58:</b> Cartografia propositiva atual para as Áreas Prioritárias para a Conservação do Centro de Endemismo Belém. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 146 |

|                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Figura 59:</b> Mapa de Unidades de Conservação, Terras Indígenas (ambas com proposta de zona de amortecimento de 10 km de buffer) e Áreas Prioritárias para a Conservação no Centro de Endemismo Belém. .... | 150 |
| <b>Figura 60:</b> Design, em escala de paisagens, dos corredores ecológicos propostos para o Centro de Endemismo Belém. ....                                                                                    | 152 |
| <b>Figura 61:</b> Distribuição espacial dos fragmentos de formações florestais remanescentes, na forma de fragmentos, no Corredor Gurupi - Arariboia, Centro de Endemismo Belém. ....                           | 154 |
| <b>Figura 62:</b> Maior fragmento (mancha) de formações florestais remanescentes espacializadas no contexto territorial do Corredor Gurupi - Arariboia, Centro de Endemismo Belém. ....                         | 155 |
| <b>Figura 63:</b> Mapeamento da proximidade entre os fragmentos (em metros) inseridos no Corredor Ecológico Gurupi - Arariboia. ....                                                                            | 156 |
| <b>Figura 64:</b> Distribuição espacial dos fragmentos de formações florestais remanescentes, na forma de fragmentos, no Corredor Tucuruí - Bico do Papagaio, Centro de Endemismo Belém. ....                   | 158 |
| <b>Figura 65:</b> Maior fragmento (mancha) de formações florestais remanescentes espacializadas no contexto territorial do Corredor Tucuruí - Bico do Papagaio, Centro de Endemismo Belém. ....                 | 159 |
| <b>Figura 66:</b> Mapeamento da proximidade entre os fragmentos (em metros) inseridos no Corredor Ecológico Tucuruí - Bico do Papagaio. ....                                                                    | 160 |
| <b>Figura 67:</b> Comparativo dos Corredores Ecológicos propostos para o CEB frente às indicações de variabilidades climáticas entre 1961-1990 e 1991-2020.....                                                 | 161 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabela 1:</b> Unidades de planejamento territorial com base nas teorias geossistêmica, geoecológica e de Ecologia de Paisagens e suas possibilidades de interpretação escalar. ....           | 30  |
| <b>Tabela 2:</b> Áreas estimadas de cada domínio morfoclimático brasileiro segundo o modelo de Aziz Ab'Sáber. ....                                                                               | 32  |
| <b>Tabela 3:</b> Comparativos de áreas e percentuais entre a delimitação oficial dos biomas brasileiros publicada em 2004 em comparação com a de 2019. ....                                      | 42  |
| <b>Tabela 4:</b> Classificação dos antromas presentes na Amazônia Brasileira e sua evolução por categoria ao longo dos anos 1700 aos 2000. ....                                                  | 48  |
| <b>Tabela 5:</b> Registros das espécies e grupos avaliados que compõem o banco de dados utilizados para as análises do ZEE do Bioma Amazônia no Estado do Maranhão. ....                         | 69  |
| <b>Tabela 6:</b> Parâmetros alfanuméricos de correlação entre índices de umidade e tipologias climáticas segundo o modelo de Thorntwaite (1948) modificado por Thorntwaite e Mather (1955). .... | 100 |
| <b>Tabela 7:</b> Subtipos Climáticos conforme aplicação dos índices de aridez e hídrico por Thornthwaite e Mather (1955). ....                                                                   | 101 |
| <b>Tabela 8:</b> Subdivisão climática pela evapotranspiração potencial anual segundo Thontwaite e Mather (1955). ....                                                                            | 101 |
| <b>Tabela 9:</b> Classificação climática pelo modelo de Thonthwaite e Mather (1955) para as estações meteorológicas de referência para a normal climatológica 1961-1990. ....                    | 102 |
| <b>Tabela 10:</b> Classificação climática pelo modelo de Thonthwaite e Mather (1955) para as estações meteorológicas de referência para a normal climatológica 1991-2020. ....                   | 105 |
| <b>Tabela 11:</b> Área total de cada classe climática para as normais climatológicas de 1961-1990 e de 1991-2020 no Centro de Endemismo Belém. ....                                              | 110 |
| <b>Tabela 12:</b> Percentual e área total das coberturas vegetais nativas ou originárias do Centro de Endemismo Belém. ....                                                                      | 115 |
| <b>Tabela 13:</b> Dados de tipologias de coberturas vegetais do Centro de Endemismo Belém em sua composição atual. ....                                                                          | 118 |
| <b>Tabela 14:</b> Quantitativos de área por cada unidade paisagística relacionada ao uso e cobertura da terra no Centro de Endemismo Belém entre os anos de 1985 e 2020. ....                    | 127 |
| <b>Tabela 15:</b> Percentual de crescimento decadal e anual de cada célula paisagística de uso e cobertura da terra no Centro de Endemismo Belém entre os anos 1985 e 2020. ....                 | 129 |
| <b>Tabela 16:</b> Índice de maior mancha para as principais feições paisagísticas naturais do Centro de Endemismo Belém para os anos de 1985 a 2020. ....                                        | 132 |
| <b>Tabela 17:</b> Métricas relacionadas a fragmentos de formações vegetais nativas amazônicas no Centro de Endemismo Belém entre 1985 e 2020. ....                                               | 134 |
| <b>Tabela 18:</b> Quantitativo de áreas protegidas no Centro de Endemismo Belém por tipologia e com respectivas áreas em km <sup>2</sup> . ....                                                  | 139 |
| <b>Tabela 19:</b> Classificação das Áreas Prioritárias para a Conservação por prioridade, nome da ação, área e percentual. ....                                                                  | 147 |

|                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabela 20:</b> Situação evolutiva do Corredor Ecológico Gurupi – Arariboia e do Corredor Ecológico Tucuruí – Bico do Papagaio quanto às classificações climáticas regionais entre 1961-1990 e 1991-2020..... | 161 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS .....</b>                                                                                                                                                    | <b>12</b>  |
| <b>LISTA DE TABELAS .....</b>                                                                                                                                                    | <b>16</b>  |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                                                                                                                                       | <b>17</b>  |
| <b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                                                                                                                             | <b>22</b>  |
| <b>2.1. A Expressão Geográfica dos Biomas: uma necessária revisão histórica e conceitual .....</b>                                                                               | <b>22</b>  |
| 2.1.1. O Conceito de Bioma e de Domínios Climatobotânicos e sua Evolução no Mundo....                                                                                            | 23         |
| 2.1.2. Os modelos de integração das macropaisagens e a “aurora” dos Biomas no Brasil....                                                                                         | 30         |
| 2.1.3. Os Biomas Brasileiros: a aplicação cartográfica de um conceito e as críticas dela advindas                                                                                | 35         |
| <b>2.2. Dos Biomas Holocênicos aos Antromas Antropocênicos: A Amazônia Brasileira e suas diversas faces nos últimos séculos .....</b>                                            | <b>43</b>  |
| <b>2.3. Pressões Antropogênicas e as Demandas por Corredores Ecológicos.....</b>                                                                                                 | <b>52</b>  |
| <b>3. MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                                                                                                                                              | <b>58</b>  |
| <b>4. RESULTADOS.....</b>                                                                                                                                                        | <b>64</b>  |
| <b>4.1. Centro de Endemismo Belém: Subsídios ao Entendimento Integrado da Composição das Paisagens da Amazônia Oriental .....</b>                                                | <b>64</b>  |
| <b>4.2. A Geodiversidade Presente no Centro de Endemismo Belém: as principais componentes abióticas do território.....</b>                                                       | <b>70</b>  |
| <b>4.3. Dinâmicas Climáticas e sua Materialização no Centro de Endemismo Belém .....</b>                                                                                         | <b>85</b>  |
| <b>4.4. A Cobertura Vegetal do Centro de Endemismo Belém .....</b>                                                                                                               | <b>111</b> |
| <b>4.5. As Pressões de Uso e Cobertura da Terra no Centro de Endemismo Belém e sua Relação com os Corredores Ecológicos .....</b>                                                | <b>119</b> |
| <b>4.6. Áreas Protegidas, Áreas Prioritárias para a Conservação e a Configuração Propositiva de Corredores Ecológicos para o Centro de Endemismo Belém .....</b>                 | <b>137</b> |
| <b>5. DISCUSSÕES.....</b>                                                                                                                                                        | <b>163</b> |
| <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                                                                                                                                                | <b>174</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                                                                                                                         | <b>177</b> |
| <b>ANEXO 01 – Frontispício de publicação derivada da Tese na revista “Caminhos de Geografia”, qualificada como A1 no quadriênio 2017-2020 para a área de Biotecnologia. ....</b> | <b>200</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

O século XXI apresenta um forte conjunto de fatores reais e cotidianos que conduzem à certeza científica de ocorrência de perturbações antropogênicas nos sistemas naturais. Problemas diversos, como expansão demográfica, poluições atmosféricas e hídricas, uso e ocupação de espaços urbanos e rurais, aumento do número de veículos circulantes, demanda por novos espaços industriais, bem como diminuição da cobertura vegetal e da fauna associada, geram graus diferenciados de estresse ambiental, comprometendo a resiliência dos ecossistemas. Tais pressões impostas pelas sociedades humanas são bastante frequentes e já modificaram significativamente os biomas brasileiros (MARENGO, 2007; DIAS et al., 2017).

Nesse contexto, as questões relacionadas ao clima, com suas variabilidades, mudanças e implicações na configuração dos espaços naturais, são das mais discutidas na atualidade (COLACIOS, 2017), sobretudo no que tange à conservação de áreas naturais remanescentes e à proteção da biodiversidade a elas associadas. Isso é um reflexo das demandas voltadas para reconhecimento dos impactos ambientais antropogênicos, o que concorre para um entendimento integrado das dinâmicas dos sistemas atmosféricos que envolvem os espaços construídos pelas sociedades e suas implicações diretas nos habitats naturais e nas áreas antropizadas do território (LOPES et al., 2017).

Aliás, a variabilidade das ações humanas em amplas escalas cartográficas, contudo, tem proporcionado a alteração dos ecossistemas naturais (ELLIS et al., 2020). No tocante ao Brasil, nas últimas três décadas (1990, 2000 e 2010) há indicativos de aumento de focos de calor e de queimadas, ampliação de ocorrências quantitativas de precipitações concentradas e facilidade de escoamento superficial. Isso face à perda de coberturas vegetais, o que leva ao comprometimento da integridade ambiental dos habitats de grandes mamíferos, por exemplo, dada à fragmentação de suas áreas de ocorrência derivada dos padrões de uso e cobertura impostos (LYRA et al., 2016).

Com base nessa lógica tem-se a diminuição paulatina dos refúgios biogeográficos, as “ilhas” definidas pela Biogeografia (MACARTHUR e WILSON, 1967; HAFFER, 1982; AB’SÁBER, 2004a), concorrendo para a perda de biodiversidade, de patrimônio genético e evolutivo associados (WHITTAKER e FERNÁNDEZ-PALACIOS, 2013). A fragmentação de habitats (METZGER, 2001) aprofunda essa ruptura dentro de regiões biogeográficas, o que ocasiona a perda de continuidade de formações vegetais em detrimento dos esforços humanos relacionados à concretização de uma malha econômica expressa no território.

De forma a ilustrar essa questão, o caráter de exploração e de exploração dos recursos naturais acaba por configurar diminuição de comunidades animais e contribuindo para a sua redistribuição



zoogeográfica e fitogeográfica regional entre regiões biogeográficas, mormente aquelas definidas por endemismos. A perda de comunidades bióticas e de um conjunto cada vez maior de habitats pelas ações antropogênicas traduz a condição das pressões sociais, culturais, econômicas e históricas em curso. Assim, dentre outros efeitos, isso acaba por ocasionar declínios populacionais e ruptura de cadeias tróficas, por exemplo. Estratégias de subsistência, como a caça e a pesca, são utilizadas há milênios, contudo a perda de habitats e a exploração descontrolada dos estoques de biodiversidade dão a tônica para processos de perda de fauna e flora regionais.

Dessa forma, em tempos de discussões acerca da gestão territorial, dos processos de conversão de paisagens naturais em recursos econômicos e das variabilidades e mudanças climáticas e ambientais em múltiplas escalas espaciais e temporais, é cada vez mais necessário desenvolver propostas de trabalho que envolvam a integração lógica entre os fatos naturais e os fenômenos sociais à luz da dinâmica das paisagens e territórios em uma perspectiva voltada para o planejamento regional, com base biorregional ou geoecológica (MARQUES, 2016; DIAS et al., 2017; MATEO-RODRIGUEZ; SILVA, 2019; CATUNDA e DIAS, 2019). Nesse contexto, a Área ou Centro de Endemismo Belém, este último termo foi preferido nesta abordagem, haja vista ter uma conotação mais geográfica, conforme indicado por HAFFER (1982), representa 5,88% do total de 4,5 milhões de km<sup>2</sup> da Amazônia Brasileira. Outrossim, essa região corresponde ao extremo Nordeste e Leste da área de abrangência da Amazônia Internacional.

Palco de intenso processo de conversão de paisagens florestadas naturais em ambientes antropogênicos extensivos nos últimos 50 anos, o Centro de Endemismo Belém passou a ser um dos principais *hotspots* de perda de habitats no contexto da Amazônia Internacional, que tem uma área de aproximadamente 6 milhões de km<sup>2</sup>. Isso, *di per si*, corresponde a 1,18% de toda a superfície do Planeta Terra e é responsável pela dinâmica de distribuição de chuvas, por exemplo, em quase 60% da América do Sul, formatando um macroterritório climatológico e biogeográfico associado, portanto geoecológico e ecodinâmico, na ordem de aproximadamente 10,4 milhões de km<sup>2</sup>.

Por conseguinte, é no CEB, especificamente no Estado do Maranhão, que se inicia geograficamente, do oceano para o continente, o arco de fogo e desmatamento (BECKER, 2007a), que se estende até o Estado do Acre e, após, ao Peru, na base da Cordilheira dos Andes, e ocupa uma zona de fronteiras ecológicas e econômicas de mais de 1,4 milhão de km<sup>2</sup> em que a perda de densidade florestal e de biodiversidade e patrimônios culturais materiais e imateriais são uma constante (CLEMENT, 2018).

Historicamente, da colonização à atualidade, o manejo das paisagens do CEB foi pautado por ciclos de exploração visando os ditames econômicos de cada época. Assim como até o final do século

XIX representou o Ciclo dos Povoamentos Costeiros, o seguinte representou o Ciclo da Madeira e o Ciclo da Castanha (DIAS et al., 2019).

Atualmente, pauta-se um Ciclo da Biodiversidade, onde todos os contextos espaciais dos ecossistemas da Amazônia Internacional, Brasileira e Oriental podem ser considerados como espaços para a “descoberta” de produtos que atendam às preferências ou necessidades do mercado. Consequentemente, a conversão de florestas em áreas de produção para suprir de commodities as economias internas e externas também passam a ser considerada nesse processo de transmutação de paisagens biomáticas para paisagens antropogênicas. Convém destacar que para fins desta pesquisa, o termo biomático e suas variações serão adotado como sinônimos adjetivados para tudo o que for relativo diretamente ao vocábulo bioma, bem como suas relações paisagísticas e biodiversas. Por consequência, o termo antromático terá a mesma conotação que esta, mas voltada para as paisagens dos antromas, ou seja, aquelas parcelas do território de significativa expressividade geográfica alteradas pelas atividades humanas, descaracterizando os biomas holocênicos.

As perspectivas de múltiplos usos do CEB configuraram vários cenários de conflitos sociais e, sobretudo, ambientais, limiares onde a Geoecologia das Paisagens e a Biogeografia atuam. O próprio Plano de Valorização Econômica da Amazônia, datado de 1966, orienta para uma perspectiva de desenvolvimento auto-sustentado das atividades produtivas e do bem-estar das populações amazônicas (BRASIL, 1966), mas sem necessariamente ter a previsão de ocorrência de conflitos sociais e ambientais, o que é pauta de permanência para práticas que levam ao subdesenvolvimento regional crônico (VALVERDE, 1989; DRUMMOND, 2002; COSTA e FERNANDES, 2016).

Embora desde a década de 1990 existam estratégias e políticas públicas em curso que visam à diminuição dessas perspectivas ruins atreladas à baixa sustentabilidade ambiental das práticas econômicas amazônicas, ainda há marcas indeléveis destas nas paisagens naturais remanescentes, com perda de serviços ecossistêmicos, de biodiversidade e de culturas autóctones (BECKER, 2007b).

Nesse contexto, a Amazônia Oriental, que neste texto é tida como sinônimo de Centro de Endemismo Belém (CEB), constitui uma das oito regiões biogeográficas em que se divide a Amazônia Internacional (SILVA et al., 2005). Dentre todas as demais, é, em conjunto, aquela mais impactada pelas ações antropogênicas e, portanto, a que requer maior atenção quanto à perda de cobertura vegetal nativa, à proteção do patrimônio biodiverso e à expansão de atividades econômicas consideradas territorialmente expansivas e predatórias (ALMEIDA et al., 2014).

É nesse sentido que a presente pesquisa é inserida, ao apresentar um panorama evolutivo acerca das condições do macroterritório ora apresentado, com vistas a propor uma indicação cartográfica das pressões de uso da terra e coberturas vegetais remanescentes, em que são destacados os produtos de sensoriamento remoto e geoprocessamento disponíveis. Estes, pois, retratam um

mosaico geográfico que é de fato viável para a implementação de políticas públicas voltadas para a conservação.

Isso, por si só, é capaz de configurar as bases de planejamento biorregional, tão discutido atualmente em âmbitos nacional e internacional (FENECH et al., 2008; BANCO MUNDIAL, 2010; FIGUEIRÓ, 2015; CATUNDA; DIAS, 2019) e tão necessário para Centro de Endemismo Belém, que ainda, como será visto adiante, é tão desprovido de estudos de integração analítica nas diversas escalas de composição das paisagens. Tal propósito está centrado em seis linhas de análise, que compõem o presente texto:

- a) revisão de literatura disponível para o tratamento mais adequado dos termos biomas, ecossistemas e antromas no contexto da área de pesquisa, conforme será visto no Capítulo 2 desta pesquisa;
- b) exposição dos materiais e métodos e de suas descrições procedimentais no contexto da pesquisa, o qual está disposto no Capítulo 3;
- c) definição geográfica do Centro de Endemismo Belém, presente no Capítulo 4;
- d) apresentação dos aspectos geológicos e geomorfológicos do Centro de Endemismo Belém, em conjunto com o panorama das coberturas vegetais originais e atuais. A isso segue a análise acerca das condições evolutivas das pressões de uso e cobertura da terra no território analisado, em conjunto com a aplicação de métricas de ecologia da paisagem para a compreensão de viabilidades conservacionistas e de implantação de corredores ecológicos locais ou regionais. As dinâmicas atmosféricas e a variabilidade climática são tratadas sequencialmente. Isso está contido igualmente no Capítulo 4;
- e) no Capítulo 5 são apresentadas as principais discussões sobre a necessidade de uso dos dados e informações contidos nos capítulos precedentes para o correto uso no planejamento biorregional aplicado ao Centro de Endemismo Belém;
- f) por fim, nas Considerações Finais há disposta a síntese de todo o trabalho, com as proposições consideradas adequadas para a melhor aplicação das ideias de conservação e de manejo das paisagens analisadas durante a pesquisa ora desenvolvida.

A premissa da configuração de mosaicos geoecológicos para a conectividade das paisagens remanescentes (ÅNGREN, ANDERSSON, 2012) e a indicação das unidades das paisagens naturais ou antropogênicas, por exemplo, apresentam-se como uma estratégia integrada sólida para a manutenção do território ora discutido para fins de salvaguarda biogeográfica (TRICART; KILLIAN, 1982; ROSS, 2006). E o acervo de informações produzido será capaz de nortear novas pesquisas,

como a ora proposta, para subsidiar formas de manejo integrado do território, com bases técnicas e científicas.

A pesquisa em tela teve por objetivo geral analisar as inter-relações das pressões de uso da terra na Amazônia Oriental com base aos remanescentes de paisagens naturais e à sua geodiversidade como subsídio ao planejamento e manejo adequado dos fragmentos de coberturas vegetais remanescentes. Já como objetivos específicos foram estabelecidos:

- elaborar o cenário atual dos principais componentes da relação Geodiversidade e Biodiversidade no contexto do Centro de Endemismo Belém e sua importância para a conservação da Amazônia Oriental;
- construir, com o apoio de base cartográfica adequada, um banco de dados e informações para o reconhecimento das principais paisagens naturais e antropocênicas no contexto do Centro de Endemismo Belém, subsídio para a gestão integrada do patrimônio natural antromático ainda passível de proteção;
- reconhecer, através de métricas de paisagem, quais as áreas são mais estratégicas atualmente para a proteção da biodiversidade remanescente e qual o comportamento biogeográfico dos fragmentos de formações nativas remanescentes;
- apresentar proposta de corredores ecológicos viáveis para o Centro de Endemismo Belém, partindo da definição cartográfica de Unidades de Conservação, de Terras Indígenas e de Áreas Prioritárias para a Conservação.

Assim, a principal hipótese da pesquisa reside no fato de que há perda substantiva de áreas florestais nativas contínuas, o que, além de ter sido ela ocasionada pelas ações humanas em período relativamente curto, pode colaborar para a ampliação dos níveis de criticidade quanto à salvaguarda do patrimônio remanescente no Centro de Endemismo Belém.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para alcançar os objetivos propostos na presente pesquisa, fez-se necessário rever conceitos relacionados a termos bastante usuais em Biogeografia nas últimas décadas e questionar a sua validade e aplicação reais na atualidade. Dessa forma, apresentam-se nos próximos tópicos um resgate histórico do que são os biomas holocênicos para que, a seguir, seja apresentada uma discussão quase inédita em âmbito nacional, que está relacionada às paisagens antropocênicas, materializadas na forma de antromas. Essa ideia e condução de raciocínios técnico-científicos são aplicados na revisão de concepções sobre a natureza remanescente na Amazônia Brasileira, em que uma de suas oito regiões biogeográficas, o Centro de Endemismo Belém, está situado.

### 2.1. A Expressão Geográfica dos Biomas: uma necessária revisão histórica e conceitual

Muitos são os termos adotados em Ecologia, Geografia e Análises Ambientais no Brasil para tratar de paisagens naturais ou, quando muito, de territórios passíveis de exploração pelas sociedades humanas. Biomas, ecossistemas, regiões naturais, ecorregiões e geossistemas, por exemplo, são comumente citados e referenciados como o cerne de um conjunto de elementos conceituais indispensáveis a toda e qualquer avaliação do meio natural. Apesar de alguns deles serem sinônimos, é necessário apreciar sua evolução conceitual e, então, delinear novas abordagens e que estas possam ser aplicadas à interpretação da “natureza” face às pressões impostas pelo homem em diferentes escalas espaciais e temporais, sobretudo em um país de escala continental.

Assim, optou-se neste trabalho por discutir o conceito e os contextos do termo bioma, sobretudo aplicado ao Brasil, território onde a lógica de supressão dos ambientes vegetacionais nativos (originais) tem sido a tônica para a apropriação de espaços e recursos, gerando marchas de destruição que marcaram indelevelmente o seu território. É razoável a tentativa de elucidação conceitual das principais conjunturas em que ainda deve ser aplicada a expressão geográfica dos biomas no Brasil e seguir para uma elucidação de contextos sobre as marchas ocupacionais antrópicas que já não mais os caracterizam como macrorregiões ecológicas puramente naturais.

Para tal propósito, faz-se necessária uma revisão histórica de como o termo bioma surgiu e evoluiu, bem como de que modo foi relacionado a outros conceitos e, por fim, quais os seus “destinos” científicos em face da antropização massiva dos territórios naturais contemporâneos. Para que as discussões acerca da definição do conceito de *bioma* sejam realizadas, é preciso desvendar conceitualmente essa categoria de planejamento territorial biorregional e geoecológico.

Cientificamente, o termo deriva do grego, onde *bio* significa vida e *oma* designa grupo ou conjunto (WALTER, 1986).

Mesmo sendo tal acepção bastante genérica, ela acaba por ser muito pedagógica e, por vezes, funcional em discursos políticos e ambientalistas. Contudo, do ponto de vista das políticas públicas de conservação da natureza, o termo, embora largamente adotado, expressa alguns problemas quando é encarado sob a ótica da diversidade das fitofisnomias neles inseridos e da heterogeneidade paisagística brasileira, o que é refletido na definição de reservas legais, por exemplo (BRASIL, 2012).

Nacionalmente, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) popularizaram o termo bioma em 2004, quando foi publicado o “Mapa de Biomas do Brasil 1:5.000.000 (primeira aproximação)”, o que geraria grande impacto nas políticas de gestão ambiental no país (IBGE, 2004). Mesmo tendo sido baseado na classificação da vegetação brasileira oficial, que é um remanescente cartográfico do Projeto RADAMBRASIL, que contou com a publicação de 34 volumes sobre os recursos naturais brasileiros entre 1973 e 1987, estando quatro adicionais ainda inéditos, a definição dos grandes biomas brasileiros é seguramente criticada (COUTINHO, 2016; AB’SÁBER, 2021).

A título de ilustração crítica, a taxonomia genérica das macropaisagens brasileira, embora seja em parte herdeira da classificação dos domínios morfoclimáticos, climatobotânicos, de natureza ou paisagísticos de AB’SÁBER (1967; 1971; 2006), não possui delimitadas áreas ecotonais (ou faixas de transição e contato na linguagem dos biogeógrafos). Ademais, não apresenta as formas de ocupação do território, que já estavam expressas na cartografia oficial brasileira de média escala desde os anos 1970, e que oficialmente já eram considerados como macrovetores de desenvolvimento territorial pelas políticas públicas do Governo Federal brasileiro uma década antes da popularização do termo (MMA, 1995).

Em tempos onde a marcha de incorporação da natureza pelas ações humanas levou os grandes conjuntos de biodiversidade às margens dos limites planetários (ATTENBOROUGH, 2022), discussões como a presente são cada vez mais necessárias, mormente aplicadas a países de dimensões continentais, como o Brasil.

#### 2.1.1. O Conceito de Bioma e de Domínios Climatobotânicos e sua Evolução no Mundo

O uso do termo bioma foi inserido efetivamente no Brasil apenas nos anos 1980, logo após a publicação do livro *Vegetação e Zonas Climáticas: tratado de Ecologia Global* (WALTER, 1986), sendo logo popularizado no meio acadêmico. Essa obra reflete extensa compilação de pesquisas realizadas pelo citado autor quanto aos desdobramentos teórico-práticos relativos às possíveis

indicações de que, mundialmente, cada zona climática reflete a caracterização de um macroconjunto paisagístico, em que o conceito matriz, *zonobioma*, acaba por destacar um ambiente uniforme no contexto da biosfera. Este, por sua vez, condicionaria relações ecológicas específicas em um contexto macroecológico (COUTINHO, 2006). Embora haja críticas sólidas quanto à abordagem da zonação climática ou latitudinal, que conduz à classificação dos grandes biomas, a mesma ainda é adotada em países como o Brasil.

De forma a elucidar essa questão conceitual, é necessário informar que a perspectiva conceito-pragmática de zonação climática ou latitudinal dada por WALTER (1986) é um desdobramento das identidades geográficas das formas de vida apontadas por HUMBOLDT (1851), ao frisar que a vegetação é um reflexo do clima. Epistemologicamente ela é um indicativo de que as coberturas vegetais, vistas em macroescala, carecem exclusivamente de condições de climas estáveis para seu pleno desenvolvimento. Por consequência, questões relacionadas ao relevo ou mesmo aos demais elementos e processos que compõem a geodiversidade, ou ainda às dinâmicas socioeconômicas impetradas sobre o meio natural, não são consideradas, o que tem se demonstrado como um equívoco sensível, frente às alterações antropogênicas impostas aos mais diversos espaços biogeográficos.

Destaca-se, pois, que embora haja validação dessa perspectiva, há que se ater ao fato de que as ideias dos autores retromencionados são dois extremos de uma preparação conceitual que culmina nas indicações de políticas de proteção e conservação da natureza nos dias atuais, como é o caso brasileiro (IBGE, 2019). As nuances necessárias para uma maior compreensão conceito-pragmática de como o estabelecimento das políticas da natureza devem ser propostas não estão, portanto, presentes.

Dessa forma, convém mencionar que o termo bioma aparece primeiramente na literatura científica com CLEMENTS (1916). Ele representava o conjunto das associações e relações entre fauna e flora em larga escala espacial (ou geográfica), contendo a máxima expressão da vida em suas maiores concepções. Em outros termos, embora os biomas fossem as macropaisagens que podem garantir identidade ecológica a parcelas consideráveis dos continentes (quando forem retratadas apenas as áreas emersas da Terra), eles não devem ser definidos unicamente a partir da vegetação, devendo se ater igualmente à fauna a ela associada.

Endemismos faunísticos, por exemplo, dependem diretamente de relações intrabiomas, o que concorre para sua verdadeira integração analítico-pragmática e isso não apenas sob o ponto de vista vegetacional, mas também sob as perspectivas climática e pedológica (MARQUES NETO, 2018). Acrescenta-se a isso a necessidade de reconhecimento de “barreiras biogeográficas”, muitas vezes delimitadas por rios e sistemas geomorfológicos.

HUGGETT (2004) e BONAN (2013) recentemente convergiram suas abordagens acerca dos biomas como máxima expressão ecológica e biogeográfica do clima. Contudo, há reflexões mais contundentes e analíticas quanto à participação desses grandes conjuntos de paisagens no próprio equilíbrio climático. A sua perda de integridade físico-biótica pode representar não apenas a diminuição da diversidade biológica, mas, sobretudo, a alteração das dinâmicas atmosféricas e sua sucessão habitual sobre espaços geográficos na própria área alterada.

Os biomas passaram a ser entendidos, portanto, como reflexos dos grandes meios naturais continentais da Terra (DEMANGEOT, 2000), como já preconizava CLEMENTS (1916). Somaram-se a isso as teleconexões de causa e efeito entre a supressão da biodiversidade em meso e macroescalas geográficas com regiões naturais ou antropogênicas situadas a distâncias expressivas de centenas ou milhares de quilômetros das áreas-fonte de conversão antrópicas das paisagens (FEARNSIDE, 2003; CANDIDO et al., 2007; MARENGO, 2007; PIVELLO, 2011; COUTO-SANTOS, LUIZÃO e CARNEIRO FILHO, 2014; MAURANO, ESCADA e RENNO, 2019).

Perante tais argumentos, a vegetação não deveria ser tão somente considerada como um reflexo do clima, mas este deve ser considerado como intimamente associado a ela. É uma relação sinérgica, a qual HUMBOLDT (1851) e CLEMENTS (1916) não preconizavam dada a ausência de dados para tal em suas épocas. Assim, as alterações sistemáticas, históricas e recorrentes que as ações humanas causaram nos macrocompartimentos denominados biomas através de suas fitofisionomias e formações vegetais associadas causaram alterações climáticas, e vice-versa. Tais fatos concretos acabam por originar novas respostas mesológicas regionais, que concorrem para a ruptura das relações abióticas e bióticas que sustentaram os até então denominados biomas.

Para melhor elucidar essas questões, é importante voltar ao conceito originalmente estabelecido por CLEMENTS (1916). Ainda no início do século XX, em um momento de ebulição de ideias e de tentativas de autoafirmações científicas na Ecologia e na Geografia, a definição do que eram os biomas abriria a possibilidade de um reconhecimento mais transversal da diversidade de paisagens naturais existentes no Globo. E naquela época, com poucas significativas alterações antropogênicas dos diversos sistemas ecológicos e geográficos macroescalares (ATTENBOROUGH, 2022), era possível geograficamente concebê-los como a máxima expressão da evolução recente da Terra, sobretudo na forma de remanescentes do Período Quaternário (AB'SÁBER, 2008).

Tal abordagem viria a ser retratada por HAFFER (1969), AB'SÁBER (1971; 2006; 2021), PRANCE (1982) e VANZOLINI (1992; 2010a; 2010b), que evidenciaram em seus trabalhos os domínios de natureza integrados no Brasil (sem ainda adotar o termo bioma). Seriam eles as heranças paisagísticas de processos holocênicos ou um estágio “recente” na evolução ecológica da Terra, mormente na América do Sul. Em outras palavras, essa fase geocronológica associada aos eventos



sin e pós-glaciais estaria restrito aos últimos 11,5 mil anos, no máximo. É nessa fase em que se estabeleceu a extensão biogeográfica dos biomas de CLEMENTS (1916) e de WALTER (1973; 1977), bem como os domínios de natureza, morfoclimáticos ou ainda climatobotânicos de AB'SÁBER (1967; 1971; 2021) e os biomas do IBGE (2004, 2019).

Havendo uma certa complicação e dificuldade na adoção do termo bioma, TANSLEY (1935) propôs uma revisão do conceito de CLEMENTS (1916), que já tinha sido aprimorado alguns anos depois de sua proposição inicial (CLEMENTS, 1928). À guisa de uma proposta de inovação conceitual, o primeiro citado autor informava que o bioma, como uma comunidade biológica formadora de um organismo complexo no campo da Ecologia, seria algo difícil de delimitar e de entender em suas sinúsias ou particularidades nas comunidades faunísticas a elas associadas. Assim, o conceito de ecossistema seria proposto pelo segundo autor, preterindo a definição escalar dos biomas. Haveria a partir dele uma lógica integrativa de abordagens, conduzindo a propostas reais de análises do meio biótico com o meio abiótico para espaços cuja área de abrangência geográfica fosse mais restrita. Hoje seria o equivalente a afirmar que as análises temáticas ecológicas através da abordagem ecossistêmica fossem complementadas pelo conhecimento da geodiversidade regional ou local, mapeadas e compreendidas com maior profundidade analítica. E foi exatamente isso que Troll (1939) ratificaria ao propor a Ecologia de Paisagem como um ramo de integração e interação entre a Geografia e a Ecologia.

Foi assim que TANSLEY (1935) optou por aprimorar as definições de CLEMENTS (1916; 1928), ao indicar que, antes de analisar as condições ecológicas em espaços ecológicos mais amplos, era preciso conhecer as particularidades abióticas e bióticas presentes em unidades geográficas menores. Surgia dessa maneira o conceito de ecossistema, termo que revolucionaria a compreensão da Ecologia e, com atrasos epistêmicos consideráveis, da própria Geografia (SOTCHAVA, 1977; TRICART, 1976; TROPPEMAIR, 2012). Contudo, para longe de serem sinônimos, como viria a propor ODUM (1988), o termo bioma continuava voltado para a compreensão das interações biótico-abióticas em macroescalas ecológicas e geográficas, enquanto que o ecossistema definiria os mesmos processos, todavia restritos a escalas locais (WEAVER e CLEMENTS, 1938; COLINVAUX, 1986).

A década de 1940 apresentou desdobramentos de ambos os conceitos, sendo que o ecossistema rapidamente seria popularizado após a Segunda Guerra Mundial (GOLLEY, 1993; AB'SÁBER, 2006). E isso gerou uma grande profusão de trabalhos em Ecologia de Ecossistemas, sobretudo aqueles associados a ambientes de clima temperado, conforme indicam ÅGREN e ANDERSSON (2012).

Na década seguinte, DE MARTONNE (1953) trouxe contribuição importante ao considerar o reconhecimento das funções ecológicas macropaisagísticas em uma possível integração entre a

Ecologia e a Geografia. Conquanto o autor não cite os termos *bioma* e *ecossistema*, ele conduz a sua discussão para a interpretação do que ele conveniu chamar de *associações ecológicas de larga escala*. E embora o termo *di per se* não tenha sido reproduzido em trabalho futuros, ele claramente poderia ser tratado como os processos existentes dentro de cada bioma.

A partir de desdobramentos do citado estudo, a comunidade mundial de geógrafos físicos passaria a elaborar conceitos e técnicas pautados em uma lógica analítica voltada para a compreensão de grandes domínios de paisagem. Essa perspectiva representaria a síntese do Globo em blocos, algo muito similar ao que seria adotado por Heinrich Walter na década de 1960. Surgem, então, os conceitos de domínios morfoclimáticos, grandes áreas compostas por paisagens geomorfológicas e de origem climática similares, e de domínios estruturais, áreas de primeira ordem de grandeza cuja geologia e relevo eram bem relacionáveis num nível de abordagem inicial de análise. Aliás, o primeiro conceito passaria a ser adotado como sinônimo de domínios climatobotânicos, áreas com clima e vegetação homogêneos e com mais de 100 mil km<sup>2</sup> de área total (CAILLEUX e TRICART, 1957). E foi essa perspectiva, puramente acadêmica e geográfica, que se difundiu no Brasil, sendo primeiramente aplicada no Brasil às macropaisagens do Nordeste do país (TRICART, 1977) e ao território denominado geograficamente como Brasil Tropical Atlântico (ROMARIZ, 1972).

Ao sintetizar e atualizar a classificação global das zonas climáticas com os dados disponíveis no início dos anos 1960, BIROT (1962) apontava, na Geografia, para a necessidade dos ecólogos e biogeógrafos trabalharem com a *epiderme* da Terra. Esta seria um amplo conjunto de características abióticas indispensáveis para a implantação e o desenvolvimento das formas de vida e suas paisagens associadas em um amplo espectro, chamado de estrato geográfico (ROSS, 2012). Assim, foi configurada a base para uma revisão sistemática da classificação dos grandes sistemas de vegetação continentais e suas biotas associadas, o que foi elaborado para a América do Sul por Kurt Hueck, em sua obra magna *Die Waelder Südamerikas*, de 1965, traduzida para o português apenas em 1972 (HUECK, 1972). Ali nasceria não a primeira, contudo a mais aproximada classificação das formações vegetais sul-americanas até aquele momento, o que subsidiaria a elaboração do que se conveniaria chamar posteriormente de domínios morfoclimáticos e climatobotânicos (AB'SÁBER, 1967; 1971; 2021), de classificação fitogeográfica brasileira de VELOSO (1992) e de biomas brasileiros (IBGE, 2019).

Após essa convergência metodológica relacionadas à climatologia global, as divergências conceituais entre as definições de biomas, de domínios morfoclimáticos e de ecossistemas passaram a ser retomadas nos anos 1960 e 1970. Muitas delas ocorreram para a problematização e ressystematização dos conceitos em evidência por causa de três motivos:

- a) o primeiro foi a comprovação da Teoria da Tectônica de Placas por Deriva Continental, que embora fosse de 1912 (WEGENER, 1966), ainda carecia de aprofundamentos metodológicos para a sua confirmação, o que somente seria atestada após trabalhos pioneiros no Brasil e na África desenvolvidos por DU TOIT (1951). Estes, junto a uma larga produção de geocientistas do mundo inteiro, acabariam por revolucionar as Ciências da Natureza a partir de meados dos anos 1960, com desdobramentos para o Brasil a partir dos trabalhos de ALMEIDA (1967; 1977);
- b) o segundo foi a popularização de uma teoria estruturalista, fundamentada na dinâmica da natureza, vista sob o prisma da integração e das inter-relações, a qual seria denominada de Teoria Geral dos Sistemas (BERTALANFFY, 1973), que percolou pela Geografia Física, residindo até a atualidade na Biogeografia, por exemplo;
- c) já o terceiro foi o distanciamento das discussões geográficas das matrizes conceituais ecológicas, dadas a questões dicotômicas entre as perspectivas epistêmicas naturais e sociais inerentes à Geografia, que, a partir do final dos anos 1960, passaria a naturalizar substantivamente a Geografia Física e a tratar apenas de problemas socioeconômicos na Geografia Humana. Em outros termos, a Ciência Geográfica se dicotomizaria e seria logo preterida pela comunidade biogeográfica, ecológica e biológica pelas décadas seguintes nas discussões acerca das macropaisagens mundiais e brasileiras.

A partir disso, a Ecologia e a Biogeografia de matriz biológica (portanto não geográfica) passaram a revisar suas bases conceituais, sobretudo em função de evidências evolutivas e co-evolutivas presentes em continentes atualmente distantes entre si. Complementarmente, a Geologia e a Fitogeografia revolucionariam, na década de 1960, a compreensão do que seriam conceitualmente os biomas e os ecossistemas. Destaca-se nessa fase a tentativa de WALTER (1962) de entender o comportamento regional das coberturas vegetais do globo a partir de estudos locais comparativos, com forte tendência à compreensão das inter-relações físico-bióticas pautadas na ecofisiologia vegetal, parte da Botânica em ascensão entre os pesquisadores europeus naquele período. O mesmo autor evoluiu em sua abordagem para a compreensão dos ciclos biogeoquímicos como o cerne da questão ecológica, os quais deveriam ser analisados local ou regionalmente na definição e delimitação das áreas ecológicas através das condições mesológicas, mormente o clima, com suas respectivas respostas vegetacionais (WALTER, 1971).

E nessa concepção regional, o autor em evidência passa a entender que as trocas de matéria e energia entre as biotas podem concorrer para a ampliação ou retração dos espaços vegetados. Por outro lado, há a confirmação cartográfica em ambos os trabalhos de Heinrich Walter quanto ao

gradiente latitudinal em florestais tropicais, com indicação de que há certos padrões globais que favorecem a atual distribuição biogeográfica desse tipo de paisagem vegetal. Contudo, a fauna é pouco ou quase nada considerada nesses estudos, o que os difere conceitualmente das proposições conceituais clássicas relativas aos biomas de CLEMENTS (1916), CLEMENTS (1928) e WEAVER e CLEMENTS (1938). Por conseguinte, não há qualquer menção nas obras de Heinrich Walter até aqui citadas sobre a presença humana, que estão continuamente a alterar e a transmutar as dinâmicas intra e inter-biomas. Em outros termos, as ações antropogênicas não são discutidas ou valorizadas em suas pesquisas. As paisagens herdadas do Holoceno seriam, para ele, da mesma forma distribuídas até os dias atuais, sem grandes alterações naturais ou, sobretudo, induzidas pelas pressões humanas cumulativas.

De forma complementar, os pesquisadores de matriz soviética de pensamento ecológico e geográfico integrados passaram, desde o final dos anos 1960, a tratar das comunidades vegetais como o cerne de toda uma biogeografia e de uma ecologia de paisagem epistemologicamente própria, por eles denominadas Geoecologia das Paisagens (MATEO-RODRIGUEZ et al., 2013; MATEO-RODRIGUEZ e SILVA, 2019). Essa forma de concepção estaria voltada para a compreensão interligada das biocenoses com as produções territoriais e sócio-históricas humanas, com único propósito de as sociedades buscarem nas paisagens dos biomas, denominadas de geossistemas, os recursos que seriam admitidos como suas bases de sustentação.

Têm origem nessa época os conceitos de geômeros (ou unidades ecológicas e geográficas homogêneas) e de geócoros (unidades ecológicas e geográficas que são diferenciadas daquelas de seu entorno imediato), conforme o entendimento de SOTCHAVA (1977; 1978). Esses termos, por seu turno, trouxeram uma revolução na concepção de como aliar a cartografia das paisagens às abordagens ecológicas e geográficas, ao concorrerem para a concepção das unidades de paisagem (ROSS, 2006; CAVALCANTI, 2014). Esta foi a primeira proposta de integração entre a Ecologia e a Geografia concebida após o aprofundamento das dicotomias geográficas em todo o mundo. A ideia era aliar o fator humano aos ambientes naturais para explicar as paisagens em larga escala, sem expressar, contudo, tendência de valorização plena dos aspectos ecológicos ou humanas, mas, sim, à consequência dos atos destes sobre aqueles.

Essa perspectiva analítica tratava de um conjunto especializado e espacializado de coberturas vegetais nativas, que seriam cartografadas com auxílio de técnicas específicas de mapeamento, sempre obedecendo à questão da escala e da tipologia de projeção adotada (MATEO-RODRIGUEZ; SILVA, 2019). Sem adotar as concepções ecossistêmicas ou relativas a biomas, isso em plena Guerra Fria, os pesquisadores do Bloco Socialista criaram uma abordagem integrativa entre os biomas e os geômeros, bem como entre os ecossistemas e os geócoros. Entretanto, não se devem fazer analogias

entre este e os biócoros, uma vez que tal conceito está mais relacionado aos ciclos ecológicos de larga escala (macroecologia) em terras firmes, sendo os biomas as suas divisões. Ademais, o termo atualmente pouco é adotado.

### 2.1.2. Os modelos de integração das macropaisagens e a “aurora” dos Biomas no Brasil

Ao desdobrar os conceitos biogeográficos e aplicá-los a outras áreas da Geografia Física, TRICART (1969; 1978), em um trabalho relacionado à Geomorfologia Aplicada, hoje denominada de Geomorfologia Ambiental, indicava a necessidade de cartografia sistemática dos meios naturais do Globo, ao que ele denominou de grandes sistemas biogeográficos. Para o autor, havia a necessidade de integração dos métodos ecológicos e geográficos de mapeamento, numa perspectiva coesa de compreensão das macropaisagens. Contudo, devido à sua gênese epistêmica estar em uma escola biogeográfica e geoecológica de matriz russa, isso colaborou naquele momento histórico para a baixa aceitação internacional da proposta, ao menos em sua concepção elementar.

Ao propor táxons de mapeamento, TRICART (1965) e BERTRAND (1968) revolucionariam a concepção geográfica como base dos trabalhos em Ecologia, isso pelo fato de discernirem o que nas Geociências poderiam ser considerados biomas (ou domínios de natureza) e ecossistemas (os já tratados geossistemas da Escola de Geografia Soviética). Essa perspectiva, embora restrita à Europa no final dos anos 1960 e início dos anos 1970, traria relevantes colaborações no entendimento posterior das escalas em Ecologia de Ecossistemas e em seu desdobramento conceitual das abordagens relativas aos biomas. Em trabalho do final da década de 2010, DIAS et al. (2017) sistematizaram essa concepção em um quadro comparativo de escalas (Tabela 1), uma vez que elas já eram adotadas sinonimicamente há décadas.

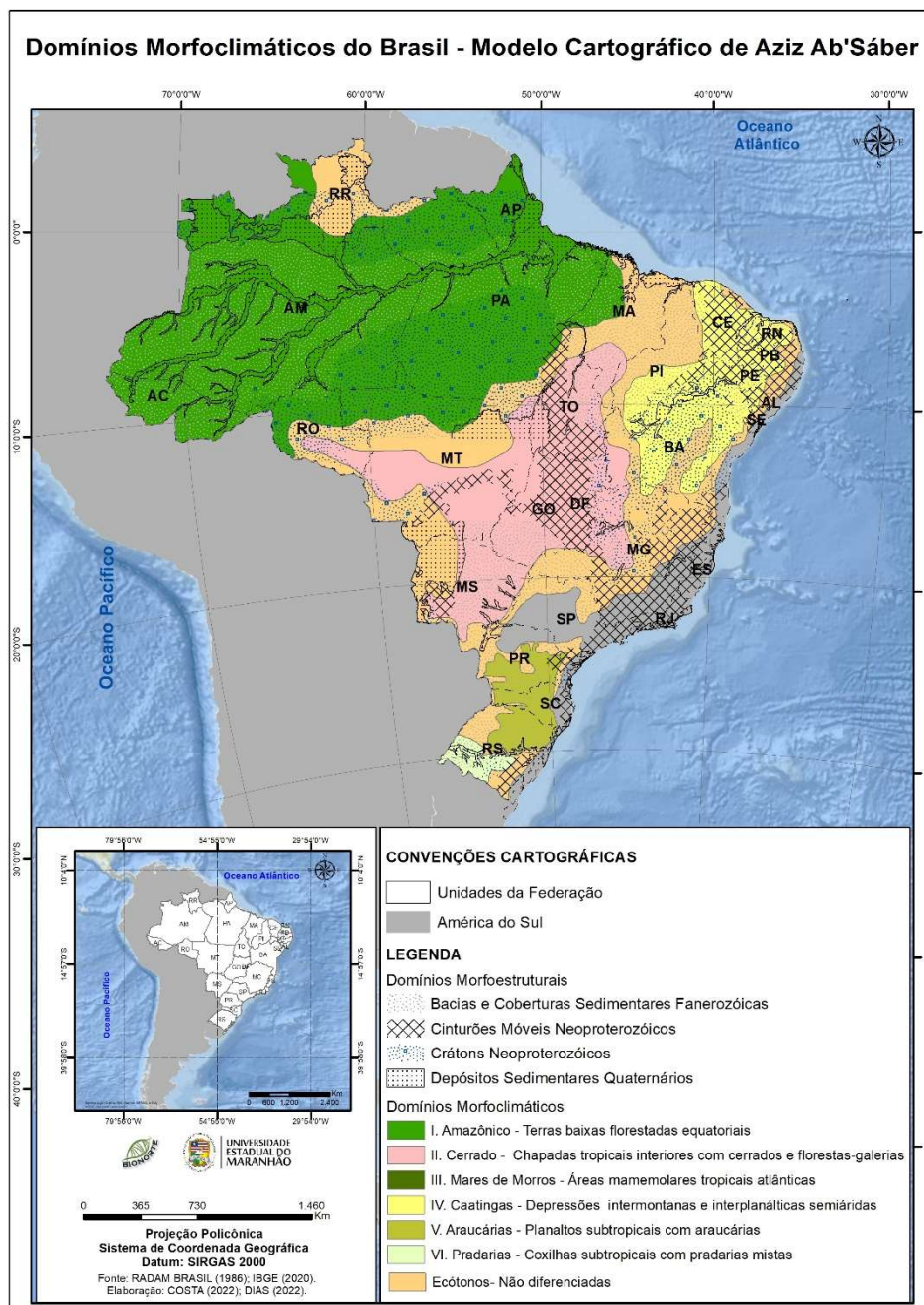
**Tabela 1:** Unidades de planejamento territorial com base nas teorias geossistêmica, geoecológica e de Ecologia de Paisagens e suas possibilidades de interpretação escalar.

| TIPO DE<br>TÁXONS              | TÁXONS<br>GEOGRÁFICOS | TÁXONS<br>ECOLÓGICOS | ÁREA TOTAL A<br>CARTOGRAFIAR                              | ESCALAS<br>CARTOGRÁFICAS |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------|
| <b>Unidades<br/>Superiores</b> | Zona                  | Zona Bioclimática    | Superiores a 5.000.000 km <sup>2</sup>                    | Inferiores a 1:5.000.000 |
|                                | Domínio               | Bioma                | Entre 100.000 km <sup>2</sup> e 5.000.000 km <sup>2</sup> | 1:500.000 – 1:5.000.000  |
|                                | Região Natural        | Ecorregião           | Entre 1.000 km <sup>2</sup> e 100.000 km <sup>2</sup>     | 1:100.000 – 1:500.000    |
| <b>Unidades<br/>Inferiores</b> | Geossistema           | Ecossistema          | Entre 10 km <sup>2</sup> e 1.000 km <sup>2</sup>          | 1:15.000 – 1:100.000     |
|                                | Geofácia              | Ecótopo ou Biótopo   | Entre 1 km <sup>2</sup> e 10 km <sup>2</sup>              | 1:5.000 – 1:15.000       |
|                                | Geótopo               | Ecótopo ou Biótopo   | Inferiores a 1 km <sup>2</sup>                            | Superiores a 1:5.000     |

Fonte: Adaptado de DIAS et al. (2017).

No que concerne ao Brasil, o país seria pioneiro no processo de integração concepto-metodológica entre Ecologia e Geografia, quando AB'SÁBER (1967) propôs a divisão dos domínios morfoclimáticos e climatobotânicos brasileiros em seis grandes conjuntos de áreas nucleares, percoladas por mosaicos heterogêneos de paisagens ecotonais entre eles, denominadas de faixas de transição e contato (Figura 1 e Tabela 2). Isso acabou por gerar novas interpretações da realidade biogeográfica brasileira, ao que o referido pesquisador denominaria de domínios de natureza, ou seja, heranças naturais de um conjunto paisagístico primário holocênico (AB'SÁBER, 1977b, 2021).

**Figura 1:** Domínios de Paisagens brasileiros segundo modelo cartográfico proposto por Aziz Ab'Sáber como Domínios Morfoclimáticos Brasileiros.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023) com adaptações de AB'SÁBER (1967, 1971) e IBGE (2022).

**Tabela 2:** Áreas estimadas de cada domínio morfoclimático brasileiro segundo o modelo de Aziz Ab'Sáber.

| <b>Domínios Morfoclimáticos</b> | <b>Denominação Geográfica</b>                                    | <b>Área Total (km<sup>2</sup>)</b> | <b>Percentual (%)</b> |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|
| <b>Amazônico</b>                | Terras baixas florestadas equatoriais                            | 3.591.507,53                       | 42,20                 |
| <b>Mares de Morros</b>          | Áreas mamelonares tropical-atlânticas florestadas                | 538.274,06                         | 6,32                  |
| <b>Araucárias</b>               | Planaltos subtropicais com araucárias                            | 229.089,72                         | 2,69                  |
| <b>Cerrado</b>                  | Chapadões tropicais interiores com cerrados e florestas-galerias | 1.434.638,54                       | 16,86                 |
| <b>Caatingas</b>                | Depressões intermontanas e interplanálticas semiáridas           | 708.473,14                         | 8,32                  |
| <b>Pradarias</b>                | Coxilhas subtropicais com pradarias mistas                       | 72.603,90                          | 0,85                  |
| <b>Faixas de Transição</b>      | Indiferenciadas                                                  | 1.935.758,64                       | 22,75                 |
| <b>Total</b>                    |                                                                  | <b>8.510.345,54</b>                | <b>100,00</b>         |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023) com adaptações de AB'SÁBER (1967, 1971) e IBGE (2022).

As necessidades cartográficas para fins de zoneamento territorial advindas das demandas nacionais e internacionais de reconhecimento da Amazônia e de quase todo o Brasil deram a tônica para essa proposta de articulação metodológica e conceitual, sobretudo a partir do Projeto RADAMBRASIL entre os anos 1970 e 1980 (AB'SÁBER, 2004a). Destarte, o mapeamento das macropaisagens passou a ser evidenciado como uma abordagem necessária ao tratamento do uso dos espaços disponíveis para a produção, bem como para a concepção de uma abordagem conservacionista. Esta ainda era bastante incipiente, mas já consideradas pelos ensaios e estudos acadêmicos, ou no todo ou em partes dos domínios morfoclimáticos (CRUZ, 1974; ANDRADE, 1977; LINS, 1978; MELO, 1983; AB'SÁBER, 1986) os quais conduziram a novas tônicas que seriam desdobradas nas décadas posteriores, ao buscarem a proteção de áreas consideradas estratégicas para o Brasil e proporem o manejo adequado dos recursos e espaços disponíveis.

Por outro lado, as marchas ocupacionais e de devastação nesse período impactaram sobremaneira as paisagens ecológicas herdadas da natureza (AB'SÁBER, 2004a; 2021) e a incorporação de novas áreas ao tecido territorial nacional por antropismos cumulativos concorreu para substantivas alterações nas dinâmicas das paisagens naturais em escalas micro, meso e macrorregionais. Havia, portanto, uma necessidade maior de compreensão de como era a natureza brasileira de forma a correlacionar os conhecimentos acerca das formas de apropriação dos recursos naturais disponíveis em cada região e contexto macropaisagístico do país.

Cada uma das macropaisagens brasileiras passou, então, a ser compreendida por identidades próprias, que as transformariam conceitualmente em áreas e unidades territoriais ecológicas e biogeográficas nucleares. Integrariam, por conseguinte, territórios geográficos de um ou mais biomas nesses recortes areais que as compreenderia, o que apresenta como consequência uma diversidade intradomínial bastante expressiva de formações vegetais ou fitofisionomias, tal como de faunas a elas

associadas. É de se notar também um avanço substantivo do modelo de Aziz Nacib Ab'Sáber para a época em que foi proposto, que é o reconhecimento cartográfico de um conjunto de faixas de transição e contato entre eles (ecótonos), baseado em trabalhos de campo em todo o território nacional, que permeiam as seis unidades macropaisagísticas por ele mapeadas.

Assim sendo, segundo AB'SÁBER (1967, 1971, 2006), os seis domínios morfoclimáticos e climatobotânicos brasileiros podem ser divididos em três com tipologias florestais (Amazônico, Mares de Morros e Araucárias), dois com formações savânicas (Cerrados, Caatinga) e um com classificação campestre (Pradarias). Este último, por seu turno, embora seja uma forma original de savanas subtropicais, tem paisagens expressivas de composição e fisionomias de campos. Já as faixas de transição e contato não são inseridas nesse tipo de classificação dominial, uma vez que são mosaicos bastante heterogêneos, isso na visão do autor. De forma global, os 8.510.345,54 km<sup>2</sup> do território brasileiro seriam compostos, no modelo cartográfico de Aziz Nacib Ab'Sáber, por domínios florestais em 51,22% do país, enquanto os savânicos ocupariam 25,18% e os campestres 0,85%. Todavia, 22,75% do Brasil estaria em faixas transicionais ou ecotonais, que, como já dito, estão dispostas entre todos os domínios naturais citados e nelas estariam localizadas a maior quantidade de fauna e flora ameaçadas de extinção (AB'SÁBER, 2021).

Para chegar a esse modelo, é evidente que houve um caráter analítico que integrava clima, vegetação e, em parte, padrões megageomorfológicos, algo comum na Geografia Física do Brasil do final dos anos 1960. Isso conduziu a uma abordagem coevolutiva entre os grandes conjuntos de elementos e processos abióticos que configuram as várias macropaisagens brasileiras com suas biotas associadas. A natureza, aqui tida como contexto de paisagens originais, daria a tônica da distribuição e localização atuais da máxima expressão geográfica das macropaisagens ecológicas brasileiras. Contudo, o termo bioma sequer é citado nas obras do propositor dessa abordagem, embora a metodologia para sua definição seja similar, guardadas as devidas proporções, à de WALTER (1986).

Após a definição desse padrão clássico de entendimento biogeográfico e geoecológico do Brasil, foram realizados estudos complementares pelo propositor desse modelo de reconhecimento da natureza brasileira, com destaque para os domínios morfoclimáticos das Caatingas (AB'SÁBER, 1974) e dos Cerrados (AB'SÁBER, 1981), sobretudo. Com o RADAMBRASIL e a grande atenção dada à Geomorfologia e à Fitogeografia do Brasil, as ideias presentes na concepção modelada por Aziz Ab'Sáber ganhariam tanta força que seria rapidamente assimilada até na proposta do Governo Federal para a sistematização de informações geográficas e pedagógicas associadas a livros didáticos de Geografia ainda nos anos 1970 (AB'SÁBER, 1975).



Na mesma época e sem adotar as perspectivas advindas de países sob orientação soviética por razões políticas imperantes nos anos 1970, na Alemanha Ocidental, WALTER (1977) retomou com bastante intensidade o conceito de bioma, ao passar a denominá-lo como um mosaico de ecossistemas de grande extensão territorial e de expressiva composição de espécies. Embora seja uma retomada elegante em relação às propostas conceituais originais, foi nesse sentido que o termo em si passaria a ser definido contemporaneamente, mas com bastante evidência dada à componente vegetacional. O autor inovou em relação às suas propostas anteriores ao tratar de coberturas vegetais de macroescala vinculadas às tipologias de solos, às formas de relevo e suas estruturas geológicas associadas, bem como o clima. Os conjuntos faunísticos, que não foram considerados de forma expressiva anteriormente, passaram a ter atenção na composição analítica dos biomas, porém sem significativos desdobramentos práticos momentâneos em sua proposta.

Essas inovações conceito-pragmáticas chegaram com bastante força no Brasil a partir de meados dos anos 1980, quando o termo *bioma* passou a ser largamente adotado em trabalhos sobre conservação da natureza. O livro de WALTER (1986), denominado “Vegetação e Zonas Climáticas: Tratado de Ecologia Global”, teve participação fundamental na popularização do conceito entre os pesquisadores brasileiros, até então restrito a poucas práticas de professores universitários. Com a adoção desse “novo” modelo conceitual no Brasil, somando ao advento das discussões ambientais de cunho político-constituente pelo momento em que vivia o país (AB’SÁBER, 1986), o vocábulo em questão passaria a ter destaque, concorrendo com a palavra *ecossistema*. Embora tratados indiferentemente nessa época por pesquisadores brasileiros nesse período, mesmo representando em sua gênese fatos ecológicos e geográficos de escalas heterogêneas, ambos os termos se fortaleceriam na década seguinte.

Os anos 1990 chegaram e, com eles, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também denominada Conferência Eco-92. O Governo Federal Brasileiro criou, sem critérios técnicos rigorosos, diversas áreas protegidas, denominadas Unidades de Conservação, nas diversas paisagens brasileiras. As pressões pela salvaguarda da biodiversidade e dos conjuntos macropaisagísticos que as abrigariam contrastavam com as pressões de conversão de ambientes naturais para espaços produtivos nos domínios de natureza brasileiros. Era esse o período de maior expansão de atividades como pecuária, agricultura temporária e de silvicultura, cuja base física era pautada no desmatamento, nas queimadas e na expropriação de comunidades tradicionais e de seus espaços de moradia e de relações de subsistência.

Isso concorreu para dois fatos práticos: a criação do Ministério do Meio Ambiente (MMA), em 1992, como Pasta única, desvinculada de outras temáticas; e a divulgação de uma série de políticas públicas de cunho ambiental, como a sistematização da Política Nacional de Gerenciamento Costeiro

(GERCO), a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Notadamente, todos esses marcos não possuem em sua legislação de amparo qualquer menção ao termo *bioma*. Apenas este aparece pela primeira vez na Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, ao tratar dos crimes contra a flora na Mata Atlântica (BRASIL, 1998). Em seguida, o Decreto Federal nº 4.297, de 10 de julho de 2002, que dispõe sobre o Zoneamento Ecológico-Econômico no Brasil e seus critérios de elaboração (BRASIL, 2002), aponta a necessidade de zonear partes do território nacional, em que pese os biomas considerados patrimônios estratégicos, o que é considerado terminologicamente uma redundância conceito-legal.

Contudo, no intervalo entre esses dois marcos, a criação do MMA e a implantação das políticas ambientais, que durou exatamente uma década, o Ministério aludido lançou um grande e importante estudo, denominado “Os Ecossistemas Brasileiros e os Principais Macrovetores de Desenvolvimento: subsídios ao planejamento e gestão ambiental” (MMA, 1995). Nele, as linhas-mestras do pensamento sobre os biomas foram estabelecidas técnica e politicamente em âmbito federal, ainda que timidamente. O grande destaque da obra é a forma com que trata a antropização do Brasil, ao apresentar as grandes alterações dos grandes conjuntos de paisagens nacionais (já não mais tão naturais quanto na época do RADAMBRASIL). Fazia-se necessária uma evolução dessa perspectiva analítica para uma real compreensão dos biomas brasileiros, bem como de suas alterações. Isso seria feito a partir da década de 2000, como será visto a seguir.

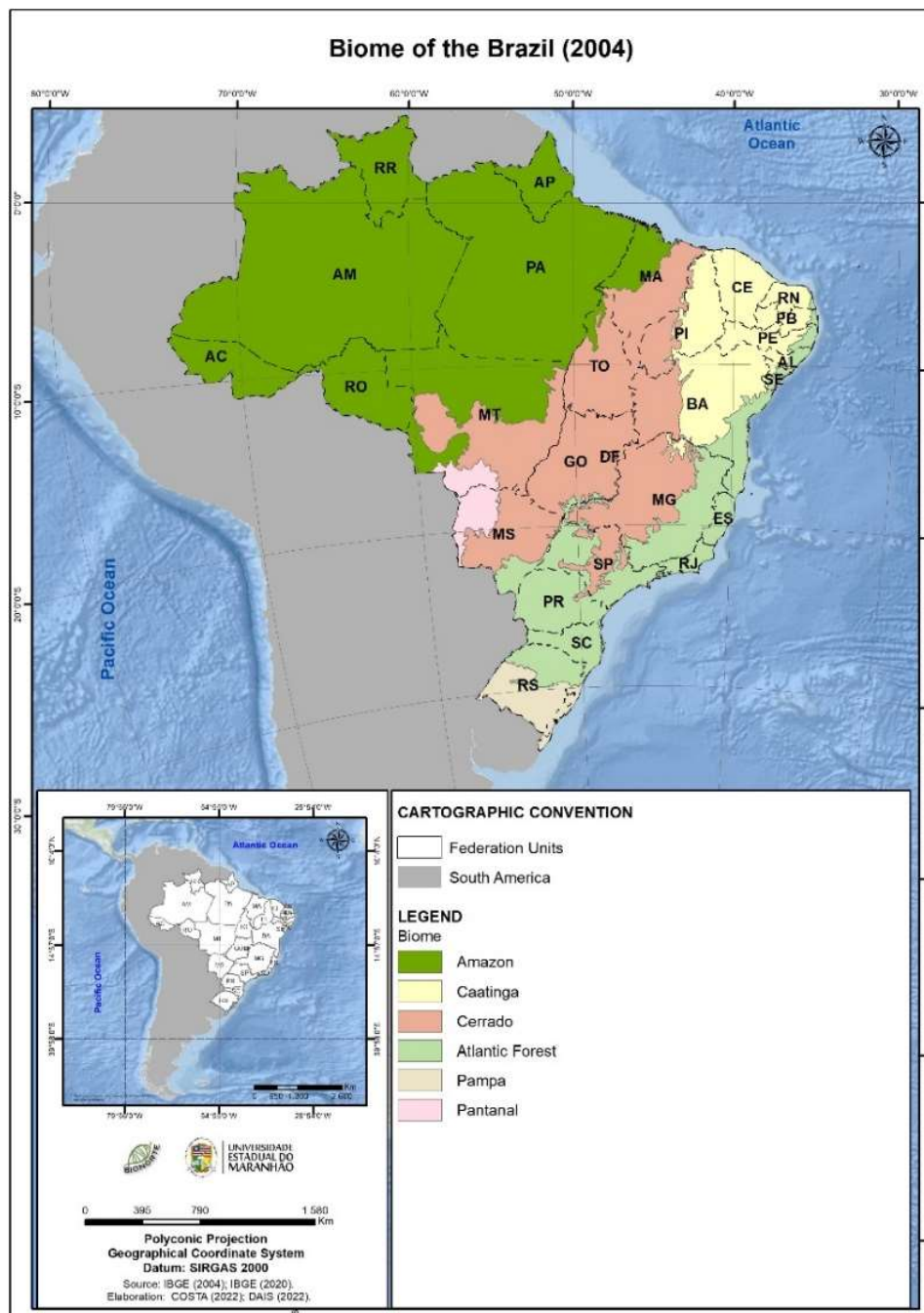
### 2.1.3. Os Biomas Brasileiros: a aplicação cartográfica de um conceito e as críticas dela advindas

Os anos 2000 iniciaram com dois marcos importantes para a institucionalização e ampliação da abordagem dos biomas no Brasil. O primeiro foi o estabelecimento de políticas de controle de desmatamentos e queimadas no país, através de sua setorização por regiões naturais. O segundo foi a necessidade de cartografar essas macropaisagens brasileiras, com auxílio de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, ferramentas que estavam em uso no Brasil há pouco mais de uma década, mas ainda restritos a algumas universidades e institutos de pesquisa.

Assim, com base em uma orientação acadêmica cartográfica, contudo de essência biocêntrica, em um esforço conjunto do IBGE e do MMA, com apoio de um grupo seletivo de pesquisadores, foi elaborado o primeiro mapa oficial de biomas do Brasil (IBGE, 2004), disposto na Figura 2. Os estudos para essa composição foram pautados nos já citados trabalhos pioneiros de AB’SÁBER (1968; 1971; 1977a; 1977b; 1984) e na produção bibliográfica sobre as grandes regiões ecológicas brasileiras, nomeadamente a Mata Atlântica (COUTINHO, 1962), o Cerrado (WARMING e FERRI, 1973; EITEN, 1977; COUTINHO, 1978; RIZZINI, 1997) e a Amazônia (AB’SÁBER, 2004a). Somaram-

se a eles os estudos do Projeto RADAMBRASIL e as obras que sintetizaram as características vegetacionais macropaisagísticas do Brasil (SAMPAIO, 1945; JOLY, 1970; ROMARIZ, 1972; FERRI, 1980; FERNANDES, BEZERRA, 1990; RIZZINI, 1997; FERNANDES, 2000; MANTOVANI, 2003).

**Figura 2:** Mapa oficial dos biomas brasileiros de 2004 – um modelo criado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e pelo Ministério do Meio Ambiente.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023) com adaptações de IBGE (2004).

Com o avanço na definição do que seriam os biomas brasileiros, foram elaboradas desde então políticas públicas de uso e conservação para os seus grandes domínios considerados “naturais”.

Todavia, a despeito de sua abordagem pedagógica acerca de como os elementos paisagísticos naturais foram descritos, não houve objetividade na concretude do modelo conceitual estabelecido. Isso foi complementado por uma ausência crítica da definição das áreas ou centros de endemismos faunísticos, mesmo já havendo um grande lastro de pesquisas e registros dessa importante componente analítica, algo exigido nas abordagens clássicas já citadas. Uma outra crítica necessária é o comportamento das macropaisagens naturais, tratadas como se fossem terminantemente primitivas, ou seja, como se não estivessem pró-parte alteradas pelas ações humanas. Mais uma vez, a identificação cartográfica da natureza brasileira expressa forma de biomas não considerou as ações antropogênicas, algo idêntico ao modelo conceitual de AB'SÁBER (1967).

Outro fato a ser destacado é que não houve qualquer menção às faixas ecotonais entre os limites dos biomas estabelecidos. Em outras palavras, no modelo conceitual dos biomas de 2004 não há nenhuma transição cartográfica entre essas macrounidades paisagísticas. Isso isoladamente é considerado uma inferência cartográfica irreal, já que não foram observadas ou consideradas as tipologias vegetacionais transicionais entre os mosaicos maiores ou áreas nucleares com outras áreas adjacentes, algo que rudimentarmente já tinha sido proposto por AB'SÁBER (1967; 1971) mesmo sem ele ter ao seu alcance tecnologias e procedimentos metodológicos tão avançados de mapeamento, como os que existiam nos anos 2000. Afora essa concepção, houve a indicação de que cada uma das macrocélulas espaciais (Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampas) compunham certa homogeneidade paisagística interna e característica, com destaque para as formações de florestas, savanas, campos e solos expostos, por exemplo.

COUTINHO (2006) reflete que a inexistência de contatos na forma de ecótonos dispostos cartograficamente dão-se pela escassez de detalhes que a escala de trabalho, que é de 1:5.000.000, apresenta. Contudo, em caráter preliminar, mesmo nessa escala já seria possível adotar essa perspectiva biogeográfica especializada, como propõe o já comentado modelo de Ab'Sáber, igualmente genérico.

Sem ter uma definição conceitual clara no Brasil, os mapas de biomas passaram a ser entendidos como a unidade biótica de maior extensão geográfica (um domínio macroterritorial), na ordem de milhares a milhões de quilômetros quadrados, que compreende várias comunidades em diferentes estágios de evolução, porém denominada de acordo com o tipo de vegetação característica. Assim, na configuração do Mapa de Biomas do Brasil, Amazônia e a Mata Atlântica passaram a ser os biomas de florestas. As savanas brasileiras constituíram-se como Cerrado e Caatinga. Por outro lado, os Pampas tiveram sua identificação como campos. Já o Pantanal, mosaico de biodiversidade e de fitofisionomias como é, não se enquadrariam em nenhuma dessas pretensas grandes sinúrias.

Daí, e sem ter esse propósito, um verdadeiro conflito conceitual foi originado e os biomas nacionais convergiram para a aceção de uma biocoria que não se aplica necessariamente ao Brasil. Não que isso esteja errado *di per si*, mas a incompletude e generalização absoluta dos termos ecológicos para um país megadiverso como o Brasil, aliado à compreensão simplificada de que há homogeneidade nas formações vegetais relacionadas a cada um dos biomas definidos no modelo do IBGE e do MMA, proporcionou conflitos analíticos, dado seu reducionismo simplificativo.

Com consequência, isso propagou a concepção de que haveria unidade vegetacional dentro dos biomas brasileiros, conforme interpretação prevista na Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que instituiu o novo Código Florestal Brasileiro e deu outras providências (BRASIL, 2012), algo improcedente na prática. Indicar que no Bioma Amazônia, por exemplo, existem apenas florestas, campos e cerrados é uma abstração irreal fitofisionômica, que leva a vários equívocos quanto às políticas de uso e conservação da natureza do território em si, seja do ponto de vista natural-biótico, seja em função das relações produtivas existentes em seu contexto territorial, sobretudo ecotonal.

A título de exemplo, só na Amazônia Maranhense, porção oriental do bioma em si, ROCHA et al. (2020) indicaram que há trinta e dois tipos de formações vegetais heterogêneas. Aliás, apenas oito delas são de florestas, todas remanescentes de um mosaico maior que outrora se desenvolveu pelo macroterritório amazônico. Por outro lado, das outras vinte e quatro formações vegetais remanescentes, quatro são estritamente relacionadas aos Cerrados, duas são de campos e outras dezoito não estão inseridas em nenhuma tipologia de formações vegetais biocorais que definem oficialmente e legalmente os biomas brasileiros. A despeito dessa indicação, que para além de cartográfica é técnica e científica, a visão generalista predomina e tem gerado muitos conflitos, inclusive de interpretação das bases legais em vigor no País quanto à própria salvaguarda dos patrimônios ambientais remanescentes.

Apenas dois anos após a divulgação do mapa oficial de Biomas Brasileiros, COUTINHO (2006) indicava a delicada necessidade de revisão prática do conceito de bioma, uma vez que, ao refletir sobre os que estão distribuídos no Brasil em caráter oficial serem, na verdade, mosaicos de biomas. Noutros termos, as formações vegetais e a biodiversidade faunística que elas engendram caracterizam, de fato, biomas em escalas cartográficas maiores do que as previstas no modelo conceitual de 2004. O pesquisador então propunha uma discussão mais aprofundada, ao apontar um detalhe presente em WALTER (1986): os biomas podem ter milhões de quilômetros quadrados de área total, mas dependendo de sua disposição, evolução e componentes bióticos e abióticos, podem estar cingidos a espaços ecológicos (e biogeográficos) menores. A vegetação ainda seria a principal componente ecológica e biogeográfica para a análise e individualização dos biomas e de suas

particularidades, contudo passaria a contar com uma avaliação aprofundada, também, da fauna e de áreas prioritárias para a conservação. Isso foi abordado parcialmente pelo MMA (2007; 2018). Com base nesses estudos, haveria condições de identificar vários biomas brasileiros, não apenas os seis existentes na cartografia oficial.

Segundo essa linha de pensamento, a Amazônia, por exemplo, não seria um bioma *di per se*, mas um conjunto de vários biomas definidos por alguma homogeneidade climática, pedológica, fitofisionômica e, pró-parte, geomorfológica. O mesmo valeria para os Cerrados e Caatingas (grafados no plural para representar suas heterogeneidades ecológicas), com suas formações fitogeográficas savaniformes, bem como as outras expressões biogeográficas disjuntas de savanas, como os lavrados roraimenses ou as áreas de cerrados amazônicos, isolados de outras áreas de ocorrência dadas à expansão florestal da Amazônia Central.

Em função de que cada macro ou (agora) mesopaisagem a que se pode denominar de biomas teria sua própria identidade paisagística, florística e faunística, portanto ecológica e biogeográfica, houve uma necessária revisão de conceitos no Brasil, mormente no que concerne às políticas de uso, manejo e conservação dos seus remanescentes. Dessa forma, COUTINHO (2006) já alertava para o fato de haver uma *crise dos biomas*, ou seja, uma perda expressiva de ambientes e ecossistemas naturais frente às pressões antropogênicas em curso. Isso em um sentido *lato* e prático faz vir à tona os argumentos de BATALHA (2011) ao indicar que o conceito de bioma ficou reduzido a uma compreensão puramente florística e pró-parte de estratos vegetacionais ou feições paisagísticas impetradas pela vegetação dita “predominante”. E assim não haveria, na prática, uma incorporação dos conhecimentos zoogeográficos e zoológicos na acepção clara dos biomas brasileiros, a despeito de tantos materiais já publicados em todos os quadrantes do território nacional.

Nesse sentido, o próprio COUTINHO (2016) propôs uma revisão da classificação dos biomas brasileiros, uma vez que a oficial é por demais simplista e não refletiria a realidade transicional ou ecotonal entre as macro-unidades paisagísticas nacionais. Esse mesmo fator de revisão também é destacado por DEXTER et al. (2018). A definição de biomas adotada no Brasil em função dos conceitos de Heinrich Walter acabaria por voltar à sua origem mais clássica, ao passo que tais pesquisadores apontam para as necessidades de inserção de outros elementos de difícil equação no balanço dinâmico entre proteção e uso dos territórios, como a fauna e as áreas prioritárias para a conservação, ao passo que estas já são utilizados direta ou indiretamente pelo homem, por vezes de forma bastante intensiva e extensiva.

Invariavelmente, para além desse tipo de classificação taxonômica, os anos recentes foram marcados pela necessária inserção das pressões humanas nas avaliações ecológicas e geográficas que desconfiguraram paulatinamente os biomas no Brasil. Nesse sentido, ao avaliar a ineficácia dos mapas

já estabelecidos até o início do século XXI, OLSON et al. (2001) indicam a necessidade de retomada de discussões sobre as grandes comunidades biodiversas, sobretudo em contextos paisagísticos macroescalares, que devem ter a representação cartográfica para a prática da conservação da biodiversidade. Isso contribuiria para estratégias mais coerentes de gestão do patrimônio natural nos países megadiversos, como é o caso do Brasil, na forma do que os autores conveniaram denominar de unidades de ação para a conservação.

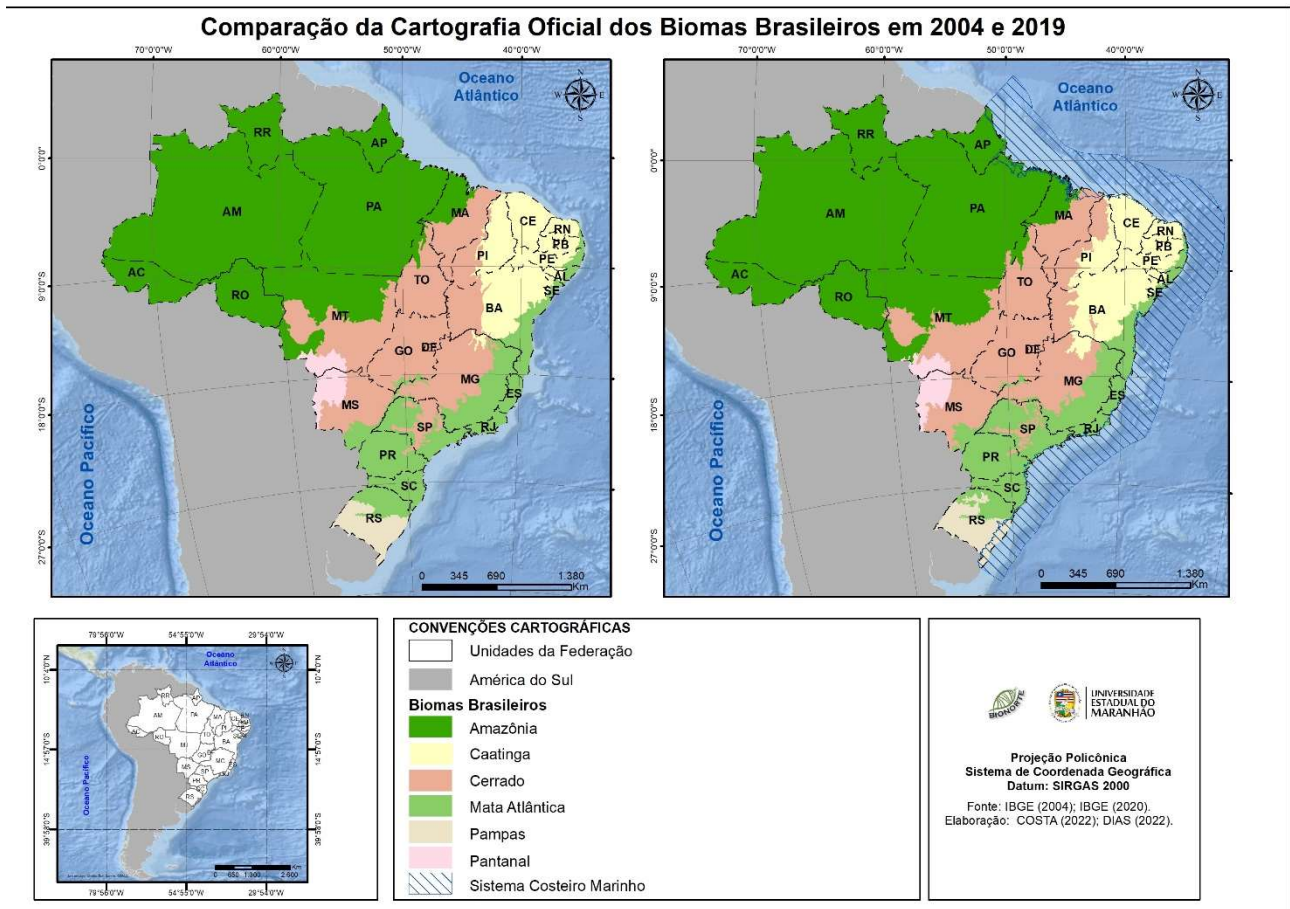
A despeito do uso efetivo dessa abordagem proposta mais recentemente, o IBGE atualizou o Mapa de Biomas do Brasil em 2019 (IBGE, 2019), ao revisar as áreas de abrangência dos seis já mencionados biomas de 2004 (Figura 03). Esse produto é resultado de um conjunto de workshops realizados pelo Instituto entre 2017 e 2019 que contaram com a presença de vários especialistas brasileiros que atuam nas macropaisagens ecológicas nacionais, seguidos de alguns trabalhos de campo e de uma revisão cartográfica em gabinete. A partir disso, foram propostas algumas alterações consideradas importantes. A primeira foi a adequação da cartografia para uma escala regional, na ordem de 1:250.000. A segunda é a revisão dos limites dos biomas, sobretudo da Caatinga. O terceiro é a delimitação de um Sistema Costeiro e Marinho, única grande inovação desse modelo conceitual.

Convém mencionar que até então o Brasil, país com o maior conjunto de sistemas ecológicos costeiros intertropicais e subtropicais quentes do Planeta, não possuía em sua cartografia oficial a delimitação dos ambientes costeiros e dos sistemas ecológicos marinhos adjacentes ao continente. Ademais, novos estudos ecológicos de áreas de contato entre os biomas foram desenvolvidos em todo o país para entender melhor a dinâmica da biodiversidade em áreas de maior criticidade. Contudo, nem o Sistema Costeiro e Marinho não foi apontado oficialmente como um bioma, antes passou a ser caracterizado como um mosaico de ambientes integrados.

Outrossim, as faixas ecotonais novamente foram excluídas do produto de mapeamento temático. A explicação dada pelo elaborador da cartografia foi que as faixas ecotonais foram assimiladas pelas áreas confrontantes a partir de similaridades paisagísticas e tipologia vegetacional (IBGE, 2019). Observa-se que, embora fitossociologicamente esse seja um procedimento adequado, o mesmo não deve ser aplicado para a extensão do Brasil e de suas macropaisagens ecológicas e consequentes extrapolações cartográficas.

Esse método é deveras delicado, haja vista que paisagens transicionais do Cerrado para a Caatinga, por exemplo, próximas ao Sistema Costeiro e Marinho, apresentam feições florestais similares às da Mata Atlântica em brejos de altitude. Porém, em cotas altimétricas ligeiramente mais baixas, estão presentes matas secas arbustivo-arbóreas, sendo fitofisionomicamente compatíveis tanto com o Cerrado, quanto com a Caatinga. Isso é visto no Ceará, próximo à divisa com o Piauí.

**Figura 3:** Nova delimitação oficial dos biomas brasileiros publicada em 2019 em comparação com a de 2004.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023) com adaptação de IBGE (2004 e 2019).

O mesmo pode ser dito quanto à ocorrência de feições de caatinga em trechos do médio e do baixo curso do Rio Parnaíba no Maranhão (ROCHA et al., 2021), que são cartografados no mapa como áreas de Cerrado. Ainda sobre o Maranhão, o médio curso do Rio Mearim, apontado como divisor biomático Amazônia e Cerrado é claramente associado a paisagens deste último, não tendo elementos ecológicos, climáticos, geomorfológicos ou paisagísticos compatíveis com espaços amazônicos (DIAS et al., 2021). Estudo de DIAS (2019) já demonstrava, para a transição Cerrado – Amazônia, a imprescindível revisão dos métodos oficial de cartografia.

Em outros termos, é arbitrário o uso desse argumento para a sustentação do não uso de tão importante e estratégico quesito científico e cartográfico para a conservação da biodiversidade. Por outro lado, com a revisão da distribuição territorial dos biomas, alguns deles aumentaram sua área de abrangência, enquanto outros diminuíram. Ao fazer a confrontação cartográfica (Tabela 1), biomas como o Pampa aumentaram bastante a sua área de ocorrência, perfazendo um total de 13,5% de ampliação areal. O mesmo ocorreu com a Caatinga, cuja revisão dos seus limites acarretou em sua



expansão em direção ao Sudoeste do Piauí e ao Norte de Minas Gerais, totalizando 8,01% de aumento territorial. Ao passo que o Pantanal perde espaço para o Cerrado, na ordem de 3,92%, e a Mata Atlântica perde em relação ao Pampa, no Rio Grande do Sul, 1,05%. A unidade macropaisagística do bioma Amazônia praticamente é mantida, com pequeninas perdas territoriais.

**Tabela 3:** Comparativos de áreas e percentuais entre a delimitação oficial dos biomas brasileiros publicada em 2004 em comparação com a de 2019.

| BIOMA                         | AREA-2004<br>(km <sup>2</sup> ) | AREA-2019<br>(km <sup>2</sup> ) | DIFERENÇA<br>2019-2004 (km <sup>2</sup> ) | PERCENTUAL DE<br>VARIAÇÃO (%) |
|-------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Amazônia</b>               | 4.247.001,51                    | 4.211.433,44                    | -35.568,07                                | -0,84                         |
| <b>Mata Atlântica</b>         | 1.118.601,04                    | 1.106.845,51                    | -11.755,53                                | -1,05                         |
| <b>Cerrado</b>                | 2.018.117,40                    | 1.984.553,63                    | -33.563,77                                | -1,66                         |
| <b>Caatinga</b>               | 798.623,02                      | 862.604,61                      | 63.981,59                                 | 8,01                          |
| <b>Pampa</b>                  | 170.881,86                      | 193.947,30                      | 23.065,44                                 | 13,50                         |
| <b>Pantanal</b>               | 157.120,71                      | 150.961,04                      | -6.159,67                                 | -3,92                         |
| <b>Total (km<sup>2</sup>)</b> | <b>8.510.345,54</b>             | <b>8.510.345,54</b>             | -                                         | -                             |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023) com adaptação de IBGE (2004 e 2019).

Ante todo o exposto, note-se que nem a famosa classificação dos domínios morfoclimáticos, nem a cartografia absolutamente didática dos biomas brasileiros estabelece qualquer indicativo de alterações das paisagens pelas atividades antropogênicas em curso, isso em sentido lato. Em outros termos, tanto o modelo conceitual de Aziz Nacib Ab'Sáber quanto as duas classificações dos biomas brasileiros realizada pelo IBGE concorrem para uma compreensão do Brasil apenas sob o ponto de vista da natureza ou sob os pretensos auspícios de sua inviolabilidade dos domínios naturais pelas antropogêneses, como se isso fosse possível.

É evidente que propostas de classificação dos biomas, como a de 2004, não poderiam contemplar os corredores ecológicos formados pelas áreas de preservação permanentes associadas a corpos hídricos, algo que em 2019, com a escala devidamente revista, já deveria ser demonstrado. Outros argumentos poderiam vir, à guisa de discussões. Contudo, há que se ater ao fato de que a natureza biogeográfica original brasileira se transmutou ao longo dos séculos, sobretudo nas últimas sete décadas. As macropaisagens, outrora intransponíveis ou pouco modeláveis pelo homem, agora são mosaicos de fragmentos, cujas áreas nucleares de paisagens e de biodiversidade já passaram por alterações, por vezes profundas, como é o caso do Brasil Tropical Atlântico (DEAN, 2004), do Nordeste Seco, dos Pampas do Sul do país (FIGUEIRÓ, 2021) e, mais recentemente, do Brasil Central (RIBEIRO e WALTER, 1998) e da Amazônia. É nesse sentido que o presente trabalho ganha outra perspectiva, ao propor outra classificação das paisagens brasileira para além do modelo dos domínios morfoclimáticos e dos biomas do IBGE.

## 2.2. Dos Biomas Holocênicos aos Antromas Antropocênicos: A Amazônia Brasileira e suas diversas faces nos últimos séculos

Com o término do Último Máximo Glacial (UMG), ARRUDA e SCHAEFER (2020) afirmam que foram configuradas novas paisagens geológicas, geomorfológicas e sobretudo ecológicas. Assim, as expressões em macroescala paisagística do final do Pleistoceno e início do Holoceno, distribuídas biogeograficamente há pouco menos de 20 mil A.P. (anos antes do presente), são correlacionáveis aos biomas, conforme discutido no tópico anterior. Houve um certo equilíbrio dinâmico relacionado a climas mais amenos que os da época geológica anterior, com maior distribuição dos volumes de precipitação e certa homogeneidade das condições atmosféricas quanto à temperatura, o que proporcionou, dentre outras coisas, a coalescência de faunas e, sobretudo, floras, que formariam os grandes conjuntos vegetacionais a partir do início do Holoceno. Destarte, as condições de constituição biomática, mormente em áreas intertropicais do Globo, estavam postas.

Mesmo com a ampliação dos agrupamentos humanos em quantidade e em volume populacional, os biomas, como o caso da Amazônia, tiveram relativa homogeneidade territorial e de biodiversidade a eles associadas ao menos nos últimos 10 mil anos (HAFFER, 1992; AB'SÁBER, 2006). Assim, a coevolução holocênica das biomassas florestais teve expressiva distribuição biogeográfica e sua máxima expansão possivelmente esteve relacionada a eventos geológicos e climáticos favoráveis no que se conveniu denominar de *optimum climático holocênico* (RUBIRA e PEREZ FILHO, 2021), entre 7.100 A.P. e 4.900 A.P.. Desde então, houve uma estabilização paisagística, o que apresentaria tendência de alterações somente na primeira Revolução Industrial, no final do século XVII e início do século XVIII.

Atribuído como o mais recente estágio da história geológica e biogeográfica da Terra, o Antropoceno passou a ser considerado recentemente como uma nova época vinculada ao período Quaternário (LEWIS, MASLIN, 2015; KAWA, 2016; MALHI, 2017; VEIGA, 2019). Essa perspectiva é caracterizada pelo predomínio das ações humanas, também denominadas de antropismos ou antropogêneses (PINAGÉ et al. 2014, MAGALHÃES et al., 2019, BAGOLY-SIMÓ, 2021), que são responsáveis pelas principais alterações regionais e globais vinculadas à perda de biodiversidade, ao comprometimento da composição e integridade de habitats, às condições mesológicas insatisfatórias para a manutenção das cadeias tróficas, bem como alterações das dinâmicas climáticas em diversas escalas geográficas, com consequente diminuição da resiliência dos ecossistemas frente às alterações impostas pelas ações humanas em curso. Teria iniciado essa época geológica por volta do ano 1700 D.C.

Embora não haja consenso ainda quanto à formalização estratigráfica do Antropoceno (DAVIES, 2016), é evidente que as marcas associadas às atividades humanas nos diversos biomas têm colaborado para a ruptura dos sistemas ecológicos e biogeográficos, como já identificadas em áreas ou centros de endemismo (SILVA et al., 2005, ALMEIDA et al., 2014, BRAZ et al., 2016), sobretudo naquelas não suficientemente bem delimitadas e definidas cartograficamente. No contexto amazônico brasileiro, por exemplo, as pressões de uso sobre os recursos disponíveis têm colaborado para a reconfiguração dos territórios naturais, sobretudo pelas marchas de ocupação produtiva, denominadas de fronteiras, que, dentre outros efeitos, ocasionaram frentes de desmatamentos para implantação de infraestruturas e sítios produtivos agrossilvopastoris (PERZ et al., 2008), o que gera aumento do número de focos ativos de calor (LEMES et al., 2020), fragmentação de habitats (ALENCAR et al., 2015), perda da biodiversidade (ARTAXO, 2020) e alterações das dinâmicas climáticas regionais (ESQUIVEL-MUELBERT et al., 2019).

As consequências biogeográficas advindas das ações antropogênicas que criam paisagens antropocênicas são diversas e adversas. Nesse contexto, são destacadas a criação de novas barreiras aos fluxos gênicos regionais, a ampliação dos riscos de perdas de água para a atmosfera (geralmente associadas a um balanço hídrico deficitário, indicativo de mudanças climáticas regionais), a erosão de solos, bem como o assoreamento de canais fluviais e lagos e o comprometimento da dinâmica do modelado regional (DIAS et al., 2017). Por conseguinte, a defaunação e a extinção de espécies (ENQUIST et al., 2020) são características que conseguem materializar a real necessidade de reconhecimento das marchas ocupacionais humanas e suas relações com a biodiversidade remanescente.

Mesmo diante de esforços cada vez mais incisivos de organismos internacionais que tratam das questões ambientais frente às necessidades por conservação da natureza e mitigação das pressões antrópicas sobre o meio natural, as ações de entidades supranacionais que buscam a manutenção da qualidade ambiental dos grandes biomas apresentam um problema crasso: a ausência de pensamento integrativo associada à escala geográfica de atuação, já que as articulações são globais ou macrorregionais, porém as ações são locais e regionais. Geopoliticamente, na prática, há uma cada vez mais intensa conversão dos ecossistemas naturais em antropossistemas ou geossistemas, como preconiza a escola russa de Geografia (SOTCHAVA, 1977; ROSS, 2006; MATEO-RODRIGUEZ, SILVA, 2019). Isso por causa de articulações de uma Geografia Política que não obedece aos mesmos parâmetros legais nem em unidades territoriais infranacionais (os Estados brasileiros, por exemplo), nem entre países que possuem o mesmo bioma.

A Amazônia, o maior bioma intertropical da América do Sul e que congrega a maior floresta tropical do mundo, apresenta na atualidade uma tendência de ampliação crescente da presença

humana em seu espaço total, tanto de forma direta, quanto indireta sobretudo nas últimas décadas (SOARES-FILHO et al., 2005, SAITO et al., 2011, FEARNSIDE e LAURENCE, 2012). Nesse sentido, as transformações no contexto de bioma passam a ser cada vez mais nítidas e, portanto, seu monitoramento tende a ser mais crítico, uma vez que existem trabalhos que já indicam possibilidade desse macroterritório ecológico atingir um ponto ou limiar de não retorno ainda na primeira metade do século XXI (NOBRE et al., 2016; LOVEJOY, NOBRE, 2018; BANERJEE, 2021).

Com mais de  $4,5 \times 10^6$  km<sup>2</sup> de área de ocorrência e distribuição biogeográfica somente no Brasil, a Amazônia ainda configura o bioma menos impactado pelas ações humanas em território nacional. Ao ocupar um pouco mais de 53% do território nacional, conter totalmente sete estados brasileiros e estar presente parcialmente em mais três unidades federativas, tal macrodomínio ecológico apresenta feições ecotonais em direção ao Bioma Cerrado, ao Bioma Caatinga e mesmo em direção ao Bioma Pantanal (AB'SÁBER 2006; 2021) e ao Sistema Ecológico Costeiro e Marinho. Ademais, as terras amazônicas são ocupadas há milênios pelas diversas civilizações humanas (BUENO, 2010), que imprimiram no território suas marcas, sobretudo nos solos (SOUZA et al., 2016; SILVA et al., 2021) e na domesticação de espécies vegetais para uso alimentar (CLEMENT, 2018).

Contudo, foi no processo de conquista territorial marcado pelas marchas para o Oeste no Norte da América do Sul a partir do século XVIII que as faces humanas, doravante denominadas paisagens antropocênicas, acabam por serem materializadas de forma mais expressiva no espaço total amazônico. E daí advém o objetivo principal dessa discussão, que é o de oferecer subsídios geocientíficos para repensar a forma como a Amazônia brasileira evoluiu nos últimos séculos para um mosaico integrado de paisagens naturais e antropogênicas integradas. Portanto, a presente discussão propõe, ainda, ir além da compreensão biomática do maior conjunto de paisagens tropicais com remanescentes florestais do Globo, já que desenvolve um entendimento complementar das dinâmicas sociedade-natureza que configuraram cenas e cenários do Antropoceno amazônico, que já são considerados marcas geográficas incontestes e que desafiam as políticas de conservação de áreas naquela macrorregião.

Desde a segunda metade dos anos 2000 que pesquisadores brasileiros das mais diversas áreas do conhecimento têm aportado significativas contribuições para o entendimento dos processos antropogênicos em curso (ROSS, 2006; BECKER, 2007a; MORAN et al., 2008; VIOLA e FRANCHINI, 2012; SILVA, 2015). Contudo, as reflexões técnicas e científicas por eles e por tantos outros expostas residem no conceito de domínio de natureza (AB'SÁBER, 2021), em uma perspectiva geográfica, ou no de bioma, sob a égide ecológica (COUTINHO, 2006, 2016; IBGE, 2019). Essa forma de reflexão, por mais que se apresente ampla aceitação técnica e científica, como também popular e política, é pouco eficiente para entender de fato a materialização das forças do

Antropoceno que têm colaborado para a sensível perda da resiliência do meio natural amazônico, sobretudo em suas áreas ecotonais entre os “biomas” vizinhos, a exemplo do Cerrado e da Caatinga, bem como do Sistema Costeiro e Marinho.

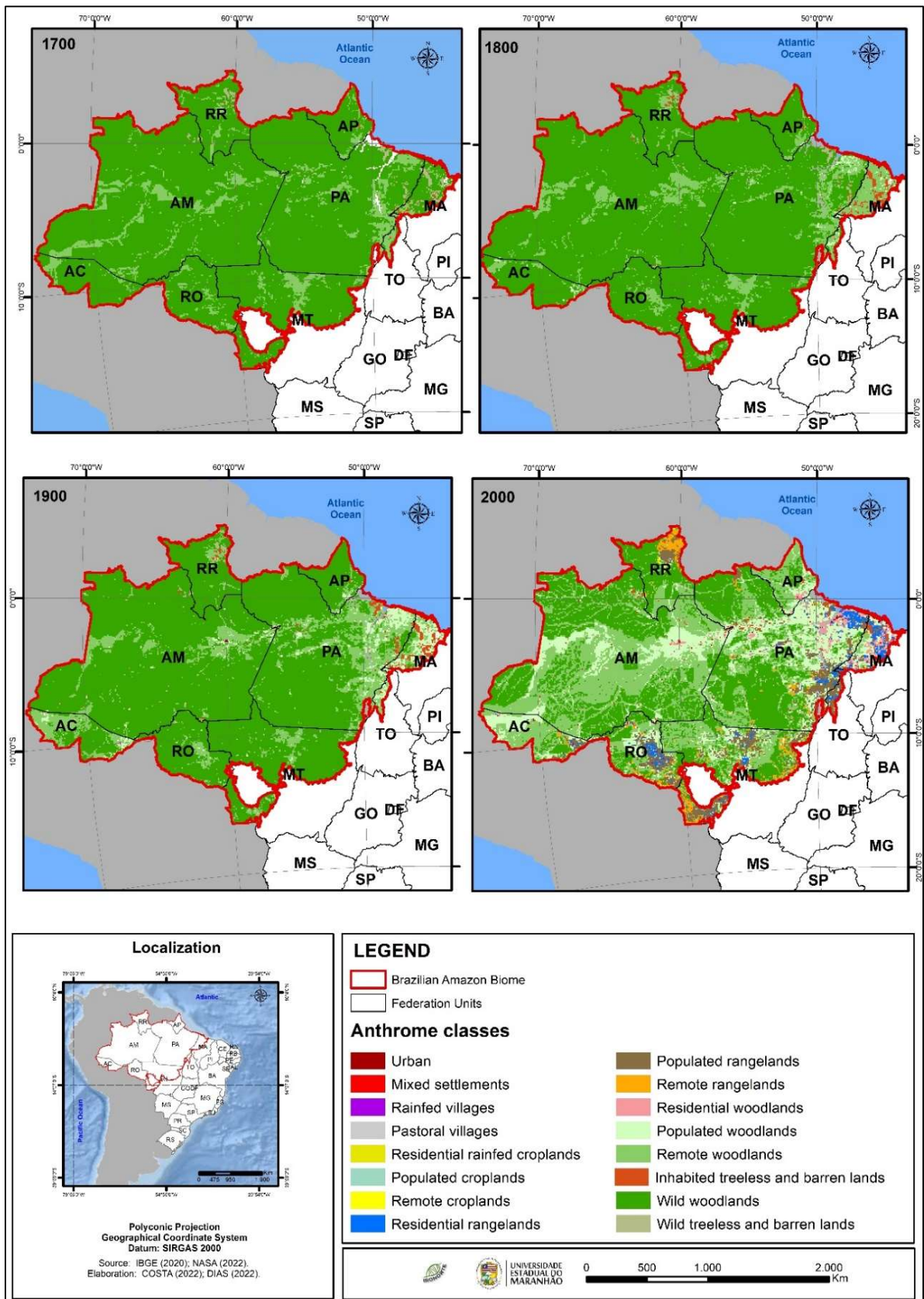
Ontologicamente, a presença de um meio passível de antropização é ulterior à própria presença humana recente e, portanto, à própria geopolítica de ocupação produtiva do território. Sabe-se que as sociedades humanas já desenvolvem alterações nas dinâmicas naturais da Amazônia há séculos ou mesmo milênios (SCHMIDT, 2013). As teleconexões relacionadas ao clima, às dinâmicas de conversões de ecossistemas em agrossistemas e o empobrecimento da composição da biodiversidade regional têm se mostrado como as faces de uma nova época geológica que segue ao Holoceno, o Antropoceno, na Amazônia Brasileira.

Dessa maneira, os processos de transformação das paisagens dos grandes biomas para paisagens antropocênicas de larga escala, doravante denominadas antromas (ELLIS, RAMANKUTTY, 2008; ELLIS et al., 2021), são cada vez mais rápidos e frequentes. Assim, enquanto os biomas seriam as macrounidades paisagísticas de uma natureza holocênica, os antromas passaram nos últimos séculos a serem a manifestação inequívoca do Antropoceno. Os citados autores dividiram o mundo em seis grandes conjuntos de biomas antropogênicos ou antromas, segundo a escala de apropriação humana, sendo eles os assentamentos densos, as vilas (ou comunidades rurais), as áreas de cultivos agrícolas, as áreas de pastagens, as áreas florestadas com usos diversos e as áreas selvagens ou nativas.

No caso da Amazônia Brasileira, todas essas classes de antromas estão presentes e já são considerados traços marcantes da própria composição paisagística macrorregional. Em outras palavras, dos 4.538.776,00 km<sup>2</sup> de espaço total amazônico no Brasil, apenas remanescem aproximadamente 1.620.760,00 km<sup>2</sup> de um maciço de áreas florestadas que para os anos 1700 foram estimados na ordem de 4.005.280,00 km<sup>2</sup>. É uma redução significativa de 59,53% de espaços de ecossistemas florestais nativos (“terras selvagens”). A Figura 4, a Tabela 4 e a Figura 5 apresentam a evolução temporal dessa inflexão biogeográfica imposta pelas ações antropogênicas que possibilitou a transformação Amazônia no Brasil em um mosaico de seis antromas sobre o mesmo território do outrora bioma holocênico homônimo, isso entre os anos 1700 e 2000.

É importante destacar que, conforme observado nas ilustrações anteriormente apresentadas, a perda de cobertura vegetal nativa variou em média 0,30% ao ano entre 1700 e 2000 na Amazônia Brasileira. Contudo, ao ser comparado o corpo florestal remanescente em 2000 com o que havia em 1900, a perda relativa de espaços verdes nativos foi na ordem de 0,80% ao ano, ou seja, quase três vezes acima das médias dos três séculos.

**Figura 4:** Evolução dos antromas no contexto territorial da Amazônia Brasileira entre os anos de 1700 a 2000.



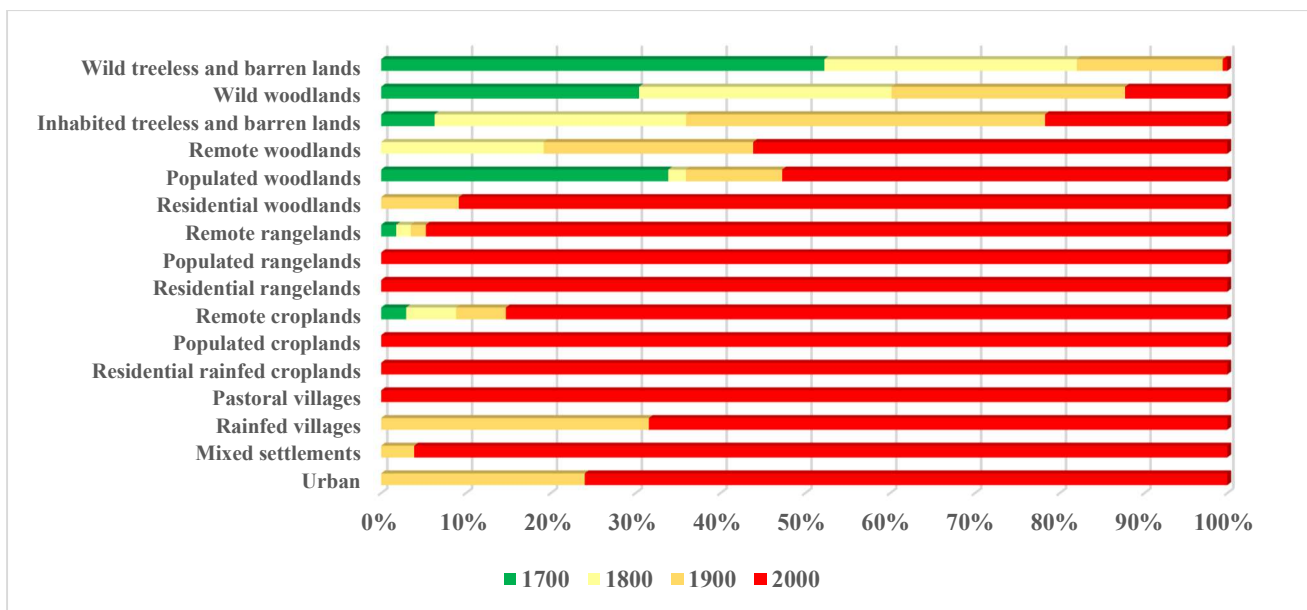
**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023) com adaptações de ELLIS et al. (2013), SEDAC (2014) e IBGE (2019).

**Tabela 4:** Classificação dos antromas presentes na Amazônia Brasileira e sua evolução por categoria ao longo dos anos 1700 aos 2000.

| TIPOS DE ANTROMAS             | MACROCLASSES DE ANTROMAS                        | ÁREA ESTIMADA POR ANO (KM²) |              |              |              | VARIÇÃO (%) |        |
|-------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------|
|                               |                                                 | 1700                        | 1800         | 1900         | 2000         | Total       | % a.a. |
| Assentamentos Densos          | Áreas Urbanas densas                            | -                           | -            | 513,00       | 1.625,00     | 216,76%     | 1,16%  |
|                               | Assentamentos mistos                            | -                           | -            | 257,00       | 6.330,00     | 2.363,04%   | 3,26%  |
| Vilas ou Assentamentos Rurais | Aldeias de Sequeiro                             | -                           | -            | 513,00       | 1.112,00     | 116,76%     | 0,78%  |
|                               | Aldeias de pastores                             | -                           | -            | -            | 4.533,00     | -           | -      |
| Terras agricultáveis          | Áreas residenciais em terras agricultáveis      | -                           | -            | -            | 1.369,00     | -           | -      |
|                               | Terras de cultivo com povoamento humano         | -                           | -            | -            | 2.823,00     | -           | -      |
|                               | Terras de cultivo remotas                       | 86,00                       | 171,00       | 171,00       | 2.481,00     | 2.784,88%   | 1,13%  |
| Pastagens                     | Áreas residenciais próximas a pastagens         | -                           | -            | -            | 86.649,00    | -           | -      |
|                               | Pastagens com povoamento humano                 | -                           | -            | -            | 288.859,00   | -           | -      |
|                               | Pastagens remotas                               | 2.138,00                    | 2.053,00     | 2.138,00     | 113.593,00   | 5.213,05%   | 1,33%  |
| Áreas em Transformação        | Residências em áreas florestais                 | -                           | -            | 8.468,00     | 83.998,00    | 891,95%     | 2,32%  |
|                               | Florestas mistas com povoamento humano          | 476.956,00                  | 29.168,00    | 160.040,00   | 742.805,00   | 55,74%      | 0,15%  |
|                               | Florestas remotas                               | -                           | 533.581,00   | 687.120,00   | 1.561.824,00 | 192,71%     | 0,54%  |
|                               | Terras com solo exposto e sem cobertura vegetal | 5.645,00                    | 26.602,00    | 37.980,00    | 19.502,00    | 245,47%     | 0,41%  |
| Áreas Nativas                 | Florestas nativas                               | 4.005.280,00                | 3.919.487,00 | 3.625.324,00 | 1.620.760,00 | -59,53%     | -0,30% |
|                               | Terras nativas sem árvores e sem uso            | 48.671,00                   | 27.714,00    | 16.252,00    | 513,00       | -98,95%     | -1,51% |
| Total (km2)                   |                                                 | 4.538.776,00                | 4.538.776,00 | 4.538.776,00 | 4.538.776,00 | -           | -      |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023) com adaptações de ELLIS et al. (2013), SEDAC (2014) e IBGE (2019).

**Figura 5:** Evolução dos percentuais de avanço da configuração dos antromas na Amazônia Brasileira.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023) com adaptações de ELLIS et al. (2013), SEDAC (2014) e IBGE (2019).

Isso demonstra o quanto o século XX trouxe consigo um acirramento da perda das características holocênicas do Bioma Amazônia no Brasil e a configuração de um total de catorze tipologias diferentes de macroclasses dispostas sobre o território ora analisado. Por conseguinte, como mostram as ilustrações citadas, o que outrora foi o maior bioma intertropical em terras úmidas do mundo, é um macroespaço que atualmente passa por uma rápida transformação, com tendência a se tornar a maior área de vegetação tropical (não necessariamente úmida) incorporada aos tecidos paisagísticos humanos em toda a história da humanidade.

Evidentemente que a visão antropomática apresenta uma perspectiva original para o enquadramento das questões de gestão territorial e geopolítica que estão em curso, já que ela propõe um entendimento mais objetivo dos remanescentes naturais distribuídos no território dos antigos “biomas” e traz consigo uma nova lógica conservacionista, cuja tônica é pautada no ordenamento das paisagens, que são agora consideradas como uma natureza em processo de domesticação (TRICART, KILIAN, 1982; FIGUEIRÓ, 2021; RIGGIO et al., 2021).

Senão veja-se: as atividades produtivas na Amazônia Brasileira relacionadas a cultivos perfizeram um total de 6.673 km<sup>2</sup> em 2000, ao mesmo tempo em que as áreas de pastagens chegaram a valores na ordem de 489.101,00 km<sup>2</sup>. Ambas, somadas, equivalem a 10,92% do espaço total amazônico no Brasil, concentrando-se sobretudo nas áreas limítrofes deste com os sistemas naturais adjacentes (sobretudo o Cerrado). Não seria exagero indicar que a principal transformação antropomática amazônica foi realizada sob a égide da pecuária, ou sob a pata do gado.

Por outro lado, as áreas urbanas, ou assentamentos densos, bem como as localidades rurais de assentamentos humanos com a presença de atividades de subsistência são consideradas muito pequenas em relação ao espaço total regional. Com 20.273 km<sup>2</sup> em 2000, esse mosaico representa pouco potencial de destruição direta dos ecossistemas naturais de maior escala de abrangência. Contudo, as pressões para consolidação dos habitats humanos acabaram por, sobretudo no século XX, ampliar a capacidade humana de busca ativa por matérias-primas (recursos naturais) para manter e aprimorar os ganhos produtivos dentro das cidades e assentamentos urbanos e rurais. Aliás, são nesses tipos de assentamentos humanos onde se concentram os maiores contingentes demográficos na Amazônia, o que pressupõe ampliação de demandas por recursos da natureza e, consequentemente, das paisagens nativas remanescentes.

Assim, no contexto da Amazônia Brasileira, embora ainda haja conjuntos florestais consideráveis e territorialmente distribuídos de maneira a proteger uma área nuclear central com maior pujança de biodiversidade e, portanto, mais homogênea sob o ponto de vista ecológico e biogeográfico, são as faixas de contato com outras paisagens expressivas, como as do Nordeste Brasileiro, as do Brasil Central, as das Guianas e as da Venezuela, em que tal unidade



macropaisagística apresenta clara manifestação dos antromas, os quais foram constituídos como tais desde o início do século XVIII até o início do Terceiro Milênio. Isso ocorreu devido à expansão das pressões antropogênicas de uso da terra aliadas à tecnificação do próprio espaço total amazônico (BECKER, 2007b; MORAN et al., 2008; LOBÃO e STADUTO, 2020; SANTOS e SILVEIRA, 2021), o que converge para uma geopolítica expansionista considerada dificilmente reversível em um contexto infranacional, ou seja, em se tratando de Brasil, e supranacional, que envolve as nações do mundo pan-amazônico e, igualmente, das potências mundiais (SOUZA, 2019). Isso pelo fato de a Amazônia Brasileira não ser mais considerada como uma região natural em sua totalidade, mas como um complexo discurso (e palco) de ordem para estratégias de materialização de planos geopolíticos internacionais se tornarem reais.

Por conseguinte, essas áreas, outrora denominadas por WAIBEL (1979) e por SILVA (2007) como fronteiras ativas, passaram a ser o limite entre o fato antropogênico real e a natureza remanescente em uma transição fria entre o que foi incorporado ao tecido produtivo de dinâmicas econômicas cumulativas e um conjunto ecológico biodiverso prestes a ser convertido em áreas de uso efetivo. Essa é a mais indelével marca do Antropoceno na Amazônia, em que a natureza aparenta perder o embate para as incorporações produtivas do território, a despeito de esforços legais para a manutenção de alguns tipos de ambientes passíveis de ainda serem considerados originais. Em outras palavras, nas fronteiras produtivas amazônicas situadas mormente em suas faixas de transição e contato para outras macrounidades paisagísticas, a geopolítica da conservação da biodiversidade parece ter perdido a batalha para as pressões econômicas endógenas e exógenas à Amazônia.

É nesse contexto que BECKER (2001) reconhece as forças de reformulação humana do território outrora natural, ao indicar a origem de um capital ecológico sujeito à intensa transformação em ativos financeiros na Amazônica, sobretudo relacionado ao mercado de terras com valores mais acessíveis aos grandes produtores rurais de outras partes do Brasil e do mundo, porém em um espaço ainda por ordenar social e ecologicamente naquilo que ainda é de fato remanescente (LAURENCE e VASCONCELOS, 2009). Outrossim, nas bordas da Amazônia são encontradas as mais evidentes transformações dos outrora biomas existentes, consolidando os atuais antromas, que já caracterizam as paisagens regionais como de alto controle humano.

A presença de um “arco de fogo e de desmatamento”, desenvolvido em nada menos que seis unidades federativas no Brasil, acaba por colaborar com a diminuição ativa dos espaços para a biodiversidade e, com isso, gerar novas identidades de uma natureza transmutada e sem mais espaços para manter os fluxos gênicos, as conexões de paisagens e a conservação da fauna, da flora e dos povos originários ou tradicionais, por exemplo (CELENTANO et al., 2018).

Nos territórios pertencentes ao Arco de Fogo e Desmatamento da Amazônia (BECKER, 2007a; FARIAS et al., 2018), que é iniciado no Estado do Maranhão, na Amazônia Oriental, e prolonga-se até o Estado de Rondônia, no Sudoeste da Região Amazônica, há as maiores cicatrizes de perdas geoecológicas de ecossistemas em todo o mosaico amazônico holocênico, o que indica uma nova realidade antropomática a ser reconhecida sob o aspecto de uma geopolítica ambiental, que demanda uma nova visão conservacionista, que antes de ansiar por novas áreas protegidas, precisa refletir sobre a necessária conexão das paisagens remanescentes. Caso contrário e a longo prazo, estas serão apenas “ecomuseus”, cuja biodiversidade isolada tende a um futuro incerto, o que pode gerar riscos à extinção para diversas populações animais, vegetais, fúngicas e microorgânicas.

Reitera-se que tudo isso é reflexo de um conjunto de fatores históricos, cujos efeitos humanos mais devastadores foram materializados sobre as faixas transicionais ou ecotonais da Amazônia, que são vistas como as fronteiras vivas e ativas em que as paisagens antropocênicas são materializadas e retransformadas a cada dia. Isso sobretudo nas porções Leste e Norte (ocupação inicial no século XVIII); Sul, Sudeste e Sudoeste (fortes processos ocupacionais a partir do início da segunda metade do século XX) da Amazônia Brasileira. Nesses territórios, houve os maiores esforços para a conversão das paisagens holocênicas em paisagens antropocênicas. De forma a exemplificar essa questão, CATUNDA e DIAS (2019) apresentaram esse panorama para a Amazônia Maranhense, extremo Leste da Amazônia Brasileira, ao passo que indicaram a forte presença dos agentes antropogênicos de alterações biomáticas, os quais foram responsáveis por uma perda de até 75% das coberturas vegetais nativas em pouco mais de 50 anos.

Nesse aspecto, o desafio imposto à geopolítica da conservação da natureza não deve ser concentrado apenas nas formas de impedir o prolongamento espacial e temporal das marchas de transformação geoecológica dos ecossistemas nativos em ecossistemas antropocênicos, que, em mosaico, configuram os antromas. Isso porque essa marcha de transformações dos sistemas ecológicos regionais em antromas já está consolidada e pode ser um processo irreversível, dadas as porções territoriais já perdidas pelas pressões históricas impostas pelos usos antropogênicos e explorações dos recursos do outrora bioma holocênico amazônico.

Esforços para combater os desmatamentos e queimadas ilegais, por exemplo, ou o monitoramento continuado dos mesmos por produtos de sensoriamento remoto e geoprocessamento são estratégias necessárias, porém por si sós insuficientes. Há que se entender a premente demanda por permitir fluxos gênicos regionais como mecanismos de resiliência mesológica e paisagística cuja capacidade de manter a biodiversidade remanescente em níveis atuais ou próximos a estes. Em outras palavras, o que se tem que buscar com a geopolítica conservacionista que o território amazônico

demanda são estratégias para não perder o patrimônio genético ainda presente, mesmo nas áreas mais devastadas desse macroterritório.

Por fim, ato de conservar os remanescentes naturais na Amazônia Brasileira na contemporaneidade passa pelo necessário reconhecimento das células espaciais cuja biodiversidade está criticamente ameaçada e, assim, desenvolver-se estratégias de integração de áreas através da conexão de paisagens com corredores ecológicos, em que pese aqueles estabelecidos naturalmente, como a vegetação de margens de rios e as nascentes de corpos hídricos, por exemplo. Isso com o propósito de desenvolver maior condições à flora e, sobretudo, à fauna em busca da manutenção de fluxos gênicos regionais entre áreas-matrizes e áreas periféricas. Por outro lado, os esforços dessa geoestratégia conservacionista também passam pela articulação de pontes ecológicas entre as áreas de domínio público, como Terras Indígenas e Unidades de Conservação de Proteção Integral, e as Reservas Legais, terrenos privados associados a áreas destinadas ao agronegócio e que contém ainda núcleos de vegetação nativa, com fauna endógena.

Ademais, embora os dados compilados e aqui discutidos sejam referentes aos anos de 1700 a 2000, estes são necessários para que se tenha uma visão das marchas de apropriação humana de um bioma holocênico de tamanhas proporções e importância, convém que, com brevidade, sejam articulados esforços inter-institucionais nacionais e internacionais de pesquisas inter e transdisciplinares para a compreensão das transformações antropocênicas e antropomáticas na Amazônia Brasileira em escalas cartográficas de detalhe (entre 1:1.000.000 e, em algumas situações, 1:500.000), uma vez que disso dependem a gestão efetiva, eficiente e eficaz de áreas protegidas, de um lado, e a criação de corredores ecológicos funcionais entre elas. A sugestão é que isso seja feito por centros de endemismo, que representam claramente a dualidade natureza X sociedade em um panorama territorial palpável e, ao mesmo tempo, repleto de níveis de criticidade quanto aos padrões de uso e à manutenção da biodiversidade.

### **2.3. Pressões Antropogênicas e as Demandas por Corredores Ecológicos**

A conservação dos recursos naturais, aliada ao desenvolvimento durável do território, perpassa por diversos segmentos e atores sociais, que, em conjunto, são responsáveis diretos pelos padrões de uso da terra, bem como pelas pressões econômicas impostas sobre o meio natural. Isso é manifestado pelas matrizes político-ideológicas, legais, institucionais e socioprodutivas (públicas e privadas, estas sobretudo), o que permite a uma reconfiguração constante do território, a qual obedece a cada período histórico, que reflete as políticas públicas, técnicas e informações disponíveis em toda fase de implantação de novos padrões ocupacionais e de fronteiras econômicas, máximas expressões

das alterações humanas, sobretudo em espaços de materialização das atividades humanas em um período histórico bastante curto.

Nas Geociências e nas Ciências Sociais, *fronteira* é todo e qualquer limite entre duas ou mais nações (RODRIGUES, 2016). Em outros termos, sua essência analítica está voltada para a compreensão geopolítica de zonas de possíveis conflitos de poder de uso do território, que podem materializar-se em estratégias de ocupação, investigação, monitoramento e controle de atividades humanas, num modelo de processo de autoafirmação de gerenciamento do território, conhecido como soberania nacional, com estratégias de governança e governabilidade. Por outro lado, quando se trabalha conceitualmente com o termo *limites*, quer-se fazer menção a todos e quaisquer traços físicos, imaginários ou cartográficos que dividem duas ou mais áreas e que é mais usual quando se refere a espaços e suas divisas dentro de um mesmo país, de uma mesma nação (LIMA-DA-SILVA e TOURINHO, 2017).

Entretanto, essas concepções clássicas têm apresentado novas características, as quais estão em função dos avanços conceito-pragmáticos alcançados na segunda metade do século XX e início do século XXI. Nesse sentido, conceito econômico de *fronteira* passou a ser mais bem discutido e empregado a partir da indicação do termo *zona pioneira*. Foi WAIBEL (1979) o responsável pela concepção dessa terminologia bastante prática, sendo também sinônima de frente. O mencionado autor afirma que os europeus concebiam o termo *fronteira* como um puro limite entre nações. No entanto, em outros países, como nos Estados Unidos, tal denominação passou a ter uma conotação econômica, configurando os limites das áreas de povoamento.

As zonas ou frentes pioneiras, doravante denominadas simplesmente de fronteiras, são caracterizadas, sobretudo, pelos seguintes aspectos (LOPES et al. 2017):

- a) necessidade de ordenamento territorial de usos dos recursos naturais remanescentes, com vistas à produção econômica pelos agentes que atuam sobre uma determinada área passível de intervenções ou de planejamento público e privado;
- b) rápida conversão das paisagens naturais em paisagens de uso humano, com finalidades socioprodutivas, em matrizes que variam da microprodução rural aos macroespaços de geração de postos de trabalho, de renda e de tributos desenvolvidas por atividades ligadas à agropecuária, à silvicultura e à mineração, por exemplo;
- c) urgência de acompanhamento de aparatos governamentais que possibilitem a regularização fundiária regional, para mitigar conflitos pelo uso da terra, bem como mitigar as consequentes ações violentas no campo.

De forma a melhor esclarecer o uso dessa terminologia e compará-la com outra mais “moderna”, “contemporânea”, pode-se afirmar peremptoriamente que zona ou frente pioneira é

sinônimo de antropogênese, ou seja, de pressões de uso da terra (DIAS, 2019; COSTA, 2022). A convergência conceitual

Essas situações, que segundo VALVERDE e DIAS (1967) ao analisarem as frentes de ocupação geradas pela abertura da Rodovia BR-010, apontam para a condução razoável de aplicação de políticas públicas que visem exclusivamente a valoração dos ativos sociais existentes no território, bem como o respeito pelas atividades produtivas em todas as escalas, porém em obediência à legislação em vigor. Esse marco conceitual é considerado estratégico, pois proporciona novas formas de se conceber o território com vistas a uma possível integração socioeconômica e produtiva. Contudo, os elementos, processos e componentes geossistêmicos e ecossistêmicos, por exemplo, são apenas considerados como recursos passíveis de utilização.

Nessa concepção de uso, derivado de pressões em zonas pioneiras, por exemplo, configura a força motriz de desenvolvimento de uma lógica dual entre os fatos socioeconômicos e a natureza remanescente no território. Ao saber que as pressões de uso são mutantes, ou seja, que variam rapidamente ao longo de curtos intervalos de tempo, há que ser considerado o fato de que as articulações geoecológicas regionais ou mesmo macroescalares tendem a ser suprimidas pelas ações humanas que, cumulativamente, permitem rápidas alterações nas dinâmicas dos componentes dos meios físico e biótico. E isso converge para padrões específicos de uso da terra, dentre os quais podem ser destacadas:

- a) *supressão de coberturas vegetais nativas*, caracterizadas pelo desmatamento de grandes maciços florestais, especialmente devido à exploração madeireira e à conversão de matas em pastagens e campos agrícolas (PUIG, 2008);
- b) *ampliação dos focos de queimadas e dos incêndios*, os quais foram ocasionados ou maximizados pelas ações que concorreram para o ressecamento do solo, da vegetação remanescente e da baixa atmosfera dos ambientes florestais, criando condições para a materialização do fogo em várias partes das fronteiras de pressões de uso (ARAÍ et al., 2021), sobretudo na Amazônia;
- c) *fragmentação de habitats*, 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, conseqüentemente, de seus componentes faunísticos, sobretudo, e florísticos (DIAS et al., 2023);
- d) *defaunação*, processo de perda dos principais representantes do reino *Animalia* ou *Metazoa* que decorre sobretudo das interferências humanas sobre os habitats e paisagens que os envolve. Com isso, a ruptura dos sistemas ambientais passa a ser a força-motriz do

desencadeamento de restrições à dispersão, à alimentação, à segurança natural e à manutenção dos ciclos vitais da maior parte dos animais que não possuem largas faixas de tolerância ao convívio com as matrizes antropogênicas de cobertura e uso da terra em âmbitos locais ou regionais. Em outros termos, a defaunação traduz a condição das pressões sociais, culturais, econômicas e históricas em curso que, dentre outros efeitos, acaba por ocasionar declínios populacionais e ruptura de cadeias tróficas, por exemplo (ANTUNES et al., 2016);

- e) *alteração nas dinâmicas mesoclimáticas*, que condicionam de forma retroalimentada a capacidade de criação e de manutenção de ciclos de modificações das dinâmicas atmosféricas e, por conseguinte, dos sistemas sinérgicos entre os corpos hídricos (que passam a ser ressecados), as coberturas vegetais (que diminuem rapidamente ao longo do tempo presente) e a baixa atmosfera (que culmina na configuração dos ritmos climáticos locais e regionais). Isso em conjunto proporciona a diminuição da umidade do ar, aumento de temperaturas mínimas e máximas e ampliação da evapotranspiração potencial do sistema (ANTONUCCI et al., 2023).

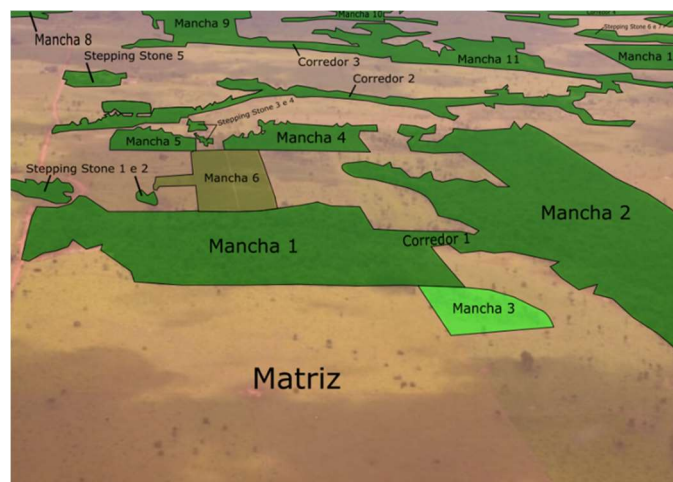
Assim, ao proporcionar alterações nos envelopes ambientais locais e regionais, as ações humanas precisam ser consideradas como indutoras de novas e possivelmente irreversíveis realidades. Os *tipping points* (LAM, 2023) para toda a biosfera passaram a ser uma realidade convergente, algo derivado dos itens anteriormente citados. Nesse aspecto, as matrizes paisagísticas começaram a sofrer tão profundas alterações que carecem de um reconhecimento mais amplo quanto ao seu *desing*, o qual deve englobar tanto elementos considerados naturais, quanto aqueles de matrizes antropogênicas.

Para se chegar a essa compreensão, faz-se mister compreender que os elementos que trazem identidade às paisagens alteradas, todavia com alguma permanência de elementos naturais de cobertura da terra, fazem-se materializar na forma de mosaicos (LANG e BLACSHKE, 2009; CAVALCANTI, 2014), o que facilita a modelagem cartográfica e geoecológica dos terrenos, independente da escala. Dessa feita, são destacados os seguintes elementos conceituais, baseados em BOTEQUILHA-LEITÃO e GUIOMAR, 2021 e dispostos em modelo conceitual presente na Figura 6:

- a) *matriz*, tipo de uso ou cobertura da terra predominante em um mosaico de paisagem. Em ecologia de paisagem, ela é a referência para a análise das pressões humanas, já que geralmente é materializada como principal indicativo de perturbações antropogênicas de pequena, média ou larga escala;

- b) *mancha ou fragmento*, designa cada um dos fragmentos de formações vegetais nativas que sofreram processo de fragmentação. Por ser uma área que difere de seu entorno imediato, acaba por apresentar problemas relativos à sua permanência futura, dados os efeitos de borda que podem sofrer, como a ampliação do calor em suas áreas de contatos com as matrizes (efeitos de borda) ou ressecamento de seus limites em direção ao interior. Por conseguinte, por serem as principais confirmações das alterações antropogênicas em mosaico, acabam por ser os tipos de elementos geocológicos que permitem o início da análise das métricas de paisagem;
- c) *corredor ou 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 dois ou mais manchas e conectando sua fauna e flora. No Brasil, são caracterizados sobretudo como Áreas de Preservação Permanentes (APPs), mas podem ser encontrados também como *puzzles* de Reservas Legais, ou seja, de mosaico desse tipo de área protegida conectadas por caminhos viáveis para a biodiversidade regional;
- d) *stepping stones*, ou “trampolins ecológicos” (METZGER, 2001), são pontos de passagem da fauna regional em processos de deslocamento entre manchas ou fragmentos de maior representatividade dentro de um contexto paisagístico amplo. Podem ser definidos igualmente como corredores ecológicos fragmentados, mas passíveis de uso por várias espécies animais (dependendo da distância entre os fragmentos) para manter suas populações viáveis ou mesmo para obter locais de alimentação e refúgio.

**Figura 6:** Tipos de elementos paisagísticos presentes em um mosaico de paisagens alteradas pelas pressões antropogênicas.



Fonte: MARQUES (2023).

Em face de todas as pressões em curso no Mundo, no Brasil e na Amazônia, por exemplo, a proposição e viabilização de *designs* de paisagens com esses elementos conceituais e cartográficos é indispensável e urgente. Mesmo tendo dimensões continentais, como já preconizava AZEVEDO (1964), somente existem oficializados três corredores ecológicos pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2023), quais sejam:

- a) o Corredor Capivara-Confusões, entre os Cerrados e as Caatingas do Piauí;
- b) o Corredor Ecológico da Caatinga, entre as áreas protegidas das Caatingas de Pernambuco, Bahia e Sergipe; e
- c) o Corredor Ecológico Santa Maria, que engloba áreas protegidas que se conectam ao lago artificial de Itaipu, no Paraná.

Existem algumas iniciativas estaduais, como as preconizadas pela Lei Estadual nº. 11.269, de 28 de maio de 2020, que estabeleceu o Zoneamento Ecológico Econômico do Bioma Amazônico no Maranhão e deu outras providências (MARANHÃO, 2020), mas sem a regulamentação até o presente momento. Apesar dessa oficialidade, a legislação ambiental em vigor, nomeadamente a Lei Federal nº. 9.985, de 18 de julho de 2000, que criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC (BRASIL, 2000), e o Decreto Federal nº. 4.340, de 22 de agosto de 2002 (BRASIL, 2002), que regulamentou a Lei Federal citada, apontam para a necessidade de articulação de desenhos paisagísticos que apontem para a configuração de corredores ecológicos, em mosaico, envolvendo Unidades de Conservação, Áreas de Preservação Permanentes e Terras Indígenas, por exemplo.

Essa estratégia é considerada viável para a formatação de novas práticas conservacionistas, ao passo que poderá indicar políticas públicas mais consistentes para a salvaguarda do patrimônio ambiental remanescente frente às pressões antropogênicas em curso, mormente em zonas pioneiras ou de fronteiras econômicas ativas. Por isso, a convergência dos esforços de pesquisa em biodiversidade deve buscar mecanismos técnico-científicos de tornar viáveis a conexão de fragmentos através de corredores e *stepping stones* para viabilizar a mobilidade da fauna e a dispersão de sementes dos representantes florísticos nativos em escala de paisagem.



### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Como pré-requisito para o encaminhamento de qualquer pesquisa, foi estabelecido como método principal do presente trabalho a articulação da perspectiva analítica sistêmica geográfica, transposta em uma abordagem quanti-qualitativa. Destarte, foram abordadas duas categorias geográficas, a saber:

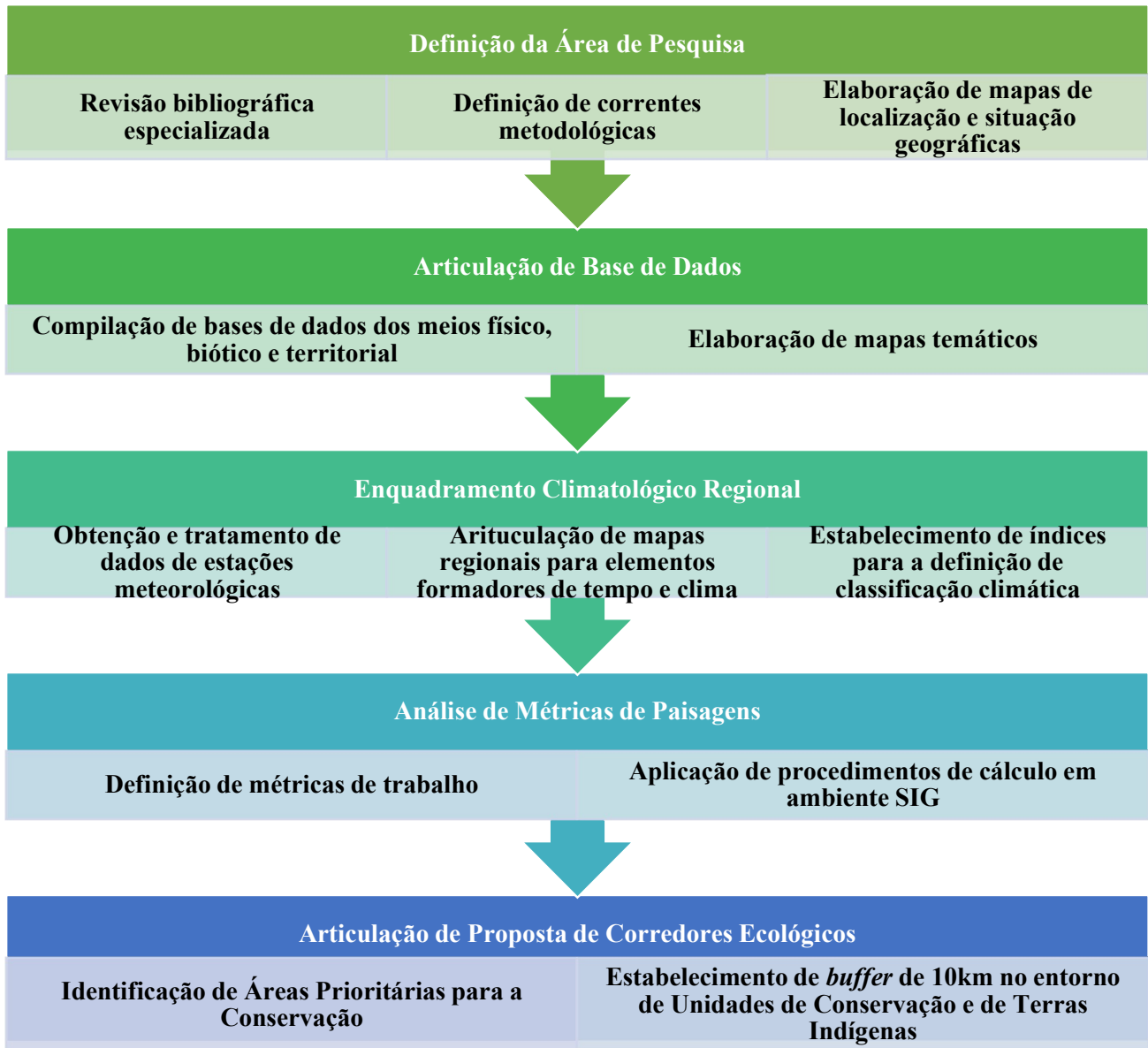
- a) a *paisagem*, que demonstra as heranças da natureza (AB'SÁBER, 2021) e das atividades humanas cumulativas; e
- b) o *território* (SANTOS e SILVEIRA, 2021), palco de conflitos materializados pela interconexão de usos inadequados dos recursos naturais, bem como a sua exaustão pelas pressões antropogênicas historicamente desenvolvidas sobre o CEB, sobretudo nos últimos 50 anos.

Com a finalidade de orientação metodológica da presente pesquisa, indica-se que ela tem enfoque pautado no estruturalismo da Teoria Geral dos Sistemas (TGS), baseada em BERTALANFFY (1973), com seus desdobramentos e adaptações realizadas para os efeitos da Teoria Geossistêmica de SOTCHAVA (1977) e da Teoria Geossistêmica de BERTRAND (2004). Por outro lado, a tônica do trabalho está metodológica e procedimentalmente vinculada à interpretação de fatos cartográficos produzidos a partir de bases de dados públicas, conforme será visto adiante.

Por conseguinte, para a adequação de ambas as perspectivas, segundo a escala da Ecologia de Paisagens e dos indicativos de planejamento biorregional em função da Geoeologia das Paisagens (MATEO-RODRIGUEZ et al., 2013), optou-se por fazer um recorte biomático para toda a Amazônia Brasileira. Posteriormente, foram centrados esforços nas análises mais aprofundadas no Centro de Endemismo Belém, uma das oito regiões biogeográficas ou de conjuntos de áreas endêmicas da Amazônia Internacional, como já citado. Todo o percurso metodológico está na Figura 7.

Assim, para a compreensão da variabilidade temporal, espacial e quantitativa dos fenômenos geográficos e geoecológicos presentes no Centro de Endemismo Belém, utilizou-se dados obtidos por plataformas e sensores remotos, bem como de dados vetoriais conforme as bases secundárias oriundas de órgãos oficiais e pesquisa (DANTAS et al., 2013; IBGE, 2019). 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. De forma a demonstrar informações detalhadas e a aplicabilidade de metodologia específica adotada singularmente em cada mapa disposto, serão descritos posteriormente os procedimentos.

**Figura 7:** Principais articulações epistemológicas, metodológicas e procedimentais adotadas na Pesquisa.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).

Para a composição dos mapas relativos aos antromas, a partir do acesso e discussão de vasto conjunto de informações contidas em bibliografias consideradas essenciais para a compreensão da Amazônia enquanto bioma, foi possível obter os recortes territoriais de sua abrangência no Brasil. Assim, a visão das paisagens antropocênicas e consequentemente dos antromas foi pautada em materiais mais recentes, sobretudo relacionadas a pesquisas internacionais, uma vez que não há muitas pesquisas no Brasil que tratem do tema em questão até o presente momento.

A representação cartográfica temática dos antromas pauta-se no conjunto de dados disponibilizados pela NASA - Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC, 2014)

elaborados por ELLIS et al. (2013). A base cartográfica apresenta informações da América do Sul quanto à evolução dos antromas em quatro períodos distintos 1700, 1800, 1900 e 2000, em sua segunda versão. Convém reiterar que a proposta cartográfica ora apresentada foi elaborada a partir de adaptações advindas de outros trabalhos, que possuem alcance global, como os de ELLIS e RAMANKUTTY (2008), MARTIN et al. (2014), CAMPAGNARO et al. (2019), TAROLLI et al. (2019), ELLIS et al. (2020) e ELLIS et al. (2021).

Assim, os dados digitais em formato *raster* ou matriciais apresentam uma resolução multiescalar para a região do Equador, onde é compreendida a área cuja revisão analítica foi proposta para a composição conceitual de antromas. Dessa forma, cada célula de dados apresenta uma área de 85 km<sup>2</sup>, que é equivalente a 5 arco-minutos (que equivalem cartograficamente a 0.0833 x 0.0833 graus decimais em projeção policônica). A partir disso, foi adotada uma escala de trabalho para a definição antromática de 1:10.000.000, considerada suficiente para a demonstração da Amazônia Brasileira. Ademais, para a definição dessa macrorregião, foi feito o recorte cartográfico com base nas delimitações dos biomas brasileiros estabelecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), que estabeleceu oficialmente as articulações para mapeamento dos grandes domínios naturais do Brasil.

Por conseguinte, o cálculo de área das classes correspondentes aos tipos de antromas foram obtidos a partir do plugin *r.report*, função específica do *software* QGIS, que corresponde a um conjunto de geoalgoritmos do GRASS-GIS 7, que foi capaz de gerar uma síntese das áreas relativas dos conjuntos de pixels semelhantes. Assim, produziu-se base geoprocessada das tipologias dos antromas da Amazônia Brasileira para os anos de 1700, 1800, 1900 e 2000, com as devidas adaptações necessárias frente aos trabalhos já citados sobre o tema.

No que tange ao mapeamento temático do CEB, foi estabelecida proposta de recorte cartográfico englobando a totalidade dos limites oficiais do Bioma Amazônia (IBGE, 2019) no Maranhão, no Tocantins e no Leste do Pará, este último a Leste do Rio Tocantins. Assim, foi definido um espaço total de 247.635,44 km<sup>2</sup>.

Seguem-se a essa abordagem as temáticas cartográficas para definição de componentes da Geodiversidade dessa região biogeográfica, com destaque para os mapas de Geologia, com lineamentos estruturais, de Geomorfologia, de Altimetria e de Declividade. Este último foi utilizado apenas para a extração das vertentes com mais de 45° de inclinação, para a definição de áreas de preservação permanentes. Foram adotadas a base cartográfica em formato vetorial adquiridas no portal eletrônico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), na escala de 1:250.000.

As classes de Altimetria, que são dados geomorfométricos de Modelo Digital de Elevação (MDE), foram adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2022), a partir do projeto SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), e foram tratados e disponibilizados pelo TOPODATA com resolução horizontal de 1 arc-segundo (~30m) e resolução vertical (altura) de 1 m. As cartas de fuso 00 a 05 – 495; 00 a 05 – 48; 00 a 05 – 48; 00 a 05 – 465 e 00 a 05 – 45. As cenas foram mosaicadas e recortadas para a referida área. A declividade, por conseguinte, foi resultante da base de dados da DANTAS et al. (2013), que define as classes de declividade para o Brasil, devidamente tratadas para a área de estudo.

Já para a definição da cartografia das coberturas vegetais pretéritas e atuais, foi adotado a partir do banco de dados de Vegetação do IBGE (2019), em escala de mapeamento de 1:250.000. A classificação respalda-se, também, no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012). Em ambientes SIG já citados, foram classificados os dados a partir de informações contidas na tabela de atributos com as classes de tipologias vegetais pretéritas e atuais, conforme são apresentadas nos mapas temáticos.

Na disposição temática dos mapas referentes aos anos de 1985, 1995, 2005, 2015 e 2020 de uso e cobertura da terra, utilizou-se os dados cartográficos do Projeto MAPBIOMAS, Coleção 6.0 (MAPBIOMAS, 2022). A metodologia aplicada na classificação disponibilizada foi realizada a partir de algoritmos de classificação aplicada a imagens do satélite LANDSAT, com resoluções espaciais que variam de 30 metros a 15 metros, conforme o ano em análise e cuja resolução espacial permite a interpretação escalar em até 1:100.000.

Quanto aos dados quantitativos relacionados às métricas de paisagem, as mesmas foram geradas a partir do software *Fragstats* 4.2, o programa padrão para cálculo de métricas da paisagem na Geoecologia e na Ecologia de Paisagem. Os demais cálculos das métricas foram feitos a partir das ferramentas de geoprocessamento dos softwares já mencionados, com suas respectivas calculadoras de campo e seus campos de expressão. Nelas foram aplicadas as fórmulas das respectivas métricas.

Os dados utilizados para a análise dos fragmentos dos remanescentes florestais da paisagem foram quantificados a partir do mapeamento anual de uso e cobertura da terra do MAPBIOMAS para os anos da pesquisa. A aquisição de dados foi feita a partir dos *Toolkits*, os scripts disponíveis na plataforma *Google Earth Engine*, que permitem a aquisição dos dados matriciais rasterizados e classificados de uso e cobertura, a partir de qualquer delimitação georreferenciada em formato de vetor (*shapefile*) que pode ser inserida na plataforma.

Para efetuar a Classificação Climática do CEB foi necessário a aquisição da base de dados de normais climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2023) referentes aos períodos de 1961 a 1990 e de 1991 a 2020. Foram adotados os seguintes elementos formadores do

clima: precipitação pluviométrica e dias com precipitação (campo hidrometeorológico), temperatura máxima, temperatura mínima (campo termodinâmico). Com eles, foi possível elaborar os índices de evapotranspiração potencial.

Ademais, para o preenchimento das lacunas de dados presentes em algumas das estações meteorológicas oficiais, fez-se necessária a articulação ativa de uma rede que envolve o monitoramento desses elementos para além da área do CEB. Assim, foram adotadas algumas no Pará, no Maranhão, no Tocantins, no Piauí e na Bahia. Isso garantiu maior assertividade quanto à definição de polígonos envolventes de classificações climáticas mais precisos e engendrados, suavizando as isolinhas definidoras de cada classe referente à espacialização das dinâmicas atmosféricas.

Entretanto, no que concerne o mapeamento e análise dos dados das normais climatológicas, algumas estações meteorológicas que foram empregadas na classificação climática de 1961 – 1990 não foram adicionadas para a classificação de 1991 – 2020, uma vez que elas apresentaram dados incompletas. Desta maneira, as estações de Imperatriz (MA), Bacabal (MA), Caxias (MA), Balsas (MA), Teresina (PI), Parnaíba (PI), Picos (PI), Bom Jesus do Piauí (PI), Porto Nacional (TO), Barreiras (BA), Breves (PA) e Tracuatea (PA) foram excluídas por falta de dados completos para o estabelecimento da evapotranspiração potencial. Para o preenchimento das lacunas territoriais, foram adicionadas outras estações que dispunham de dados completos atuais, com as de Conceição do Araguaia (PA), Porto de Moz (PA), Piripiri (PI), São João do Piauí (PI), Vale do Gurgueia (PI), Araguaia (TO), Palmas (TO) e Pedro Afonso (TO), que junto com as oito estações do Maranhão, totalizaram vinte estações com a normal climatológica de 1991 – 2020 para todos os elementos adotados.

No tocante à construção de dados para a análise climatológica regional, faz-se mister indicar que para fazer o balanço hídrico climatológico foram obtidos dados e informações presentes no portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) referentes às normais climatológicas de 1961 a 1990 e de 1991 a 2020 (INMET, 2023). A adoção de duas normais é considerada estratégica para a aferição de possíveis alterações nas dinâmicas atmosféricas regionais, sobretudo face às pressões de uso da terra e diminuição das coberturas vegetais nativas no território. Assim, foram obtidas planilhas para as médias históricas dos elementos climáticos observados e computados (precipitação, dias com precipitação, temperaturas mínimas e temperaturas máximas). Ademais, buscou-se selecionar as estações meteorológicas distribuídas em território do CEB que são administradas pelo INMET e com dados deste período, compondo as informações estabelecidas para as variáveis precipitação pluviométrica, temperatura máxima, temperatura mínima e evapotranspiração potencial.

Para o cálculo do balanço hídrico de cada estação, foi adotado o modelo em planilha eletrônica desenvolvido por ROLIM et al. (2007), que está em conformidade com o método de estimativa de

balanço hídrico climatológico e evapotranspiração de THORNTHWAITE (1948), aperfeiçoado por THORNTHWAITE e MATHER (1955). Destaca que para a determinação desse parâmetro, foram inseridos nas planilhas eletrônicas os dados de precipitação da média mensal e de temperatura média mensal da normal climatológica, isso para cada estação meteorológica adotada na pesquisa.

A confecção dos mapas temáticos climatológicos foi efetuada em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica), por meio do *software* QGIS, versão 3.22, utilizando-se o método de Interpolação. A Interpolação consiste em um “método pelo qual se estimam valores de uma variável em uma região interior aos pontos de amostragens disponíveis, permitindo representar em mapas, de forma espacialmente contínua, o comportamento de variáveis amostradas pontualmente” (ANDRIOTTI, 2003 apud SILVA, 2015, p.17). Esse procedimento foi adotado para preencher as lacunas de dados existentes no amplo território do CEB, o qual necessita de uma ponderação computacional para preencher vazios informacionais a partir da distribuição dos pontos amostrados.

No mesmo sentido e com a mesma ferramenta, foram articuladas as bases de dados de Áreas Prioritárias para a Conservação (APCs) definidas para o Bioma Amazônia pelo MMA (2018) e, assim, superpostas à base de áreas protegidas (Unidades de Conservação e Terras Indígenas). Foi definido um *buffer* de 10 km para cada área protegida, o que concorreu para o tangenciamento de várias APCs aos polígonos legais. Isso permitiu com que houvesse a conexão de vários mosaicos paisagísticos, os quais serão relatados em item próprio no final deste trabalho.

## 4. RESULTADOS

Os resultados da presente pesquisa apontam em direção aos seguintes elementos: compreensão da área de trabalho, que é o Centro de Endemismo Belém, sinônimo de Amazônia Oriental e denominado aqui de CEB; reconhecimento dos principais elementos da Geodiversidade do CEB; análise climatológica regional; apresentação dos cenários pretéritos e atuais de coberturas vegetais da região biogeográfica sob análises; sistematização de dados relacionados às pressões de uso e cobertura da terra, aliada a métricas de paisagem, e sua importância para a definição de corredores ecológicos.

### 4.1. Centro de Endemismo Belém: Subsídios ao Entendimento Integrado da Composição das Paisagens da Amazônia Oriental

Nos trópicos úmidos da América do Sul, a pujança da Amazônia chama a atenção de todos os pesquisadores, políticos, empreendedores ou mesmo cidadãos comuns que com ela se defrontam, dada à variedade de recursos naturais disponíveis e, sobretudo, por uma certa homogeneidade das paisagens. Ademais, configurada como a última grande fronteira produtiva do Brasil, ela tem se convertido rapidamente de paisagens holocênicas biomáticas em um conjunto de antromas ainda por serem estudados, conforme discutido em tópico anterior.

Por conseguinte, em macroescala, MORRONE (2001) propôs um modelo que, em perspectiva, considerava os endemismos para a definição de regiões biogeográficas, um evidente desdobramento de sua perspectiva conceitual anterior (MORRONE, 1999). SILVA et al. (2005) adotam e refinam a proposta e passam a analisar a Amazônia a partir da ótica de áreas ou centros de endemismo, o que culmina em uma forte proposição de reconhecimento de regiões biogeográficas de forte concentração de biotas endêmicas (SILVA, 2013).

Convém informar que centros de endemismo são territórios considerados prioritários para a implementação de políticas públicas de conservação e recuperação de áreas para a manutenção da biodiversidade, uma vez que apresentam sobreposições de táxons caracterizados por raridade espacial distributiva (FATTORINI, 2017). Por serem considerados as menores unidades espaciais para a análise dos processos biogeográficos atuantes ao longo da história geológica (CARVALHO, 2011; ALMEIDA et al., 2014), os centros de endemismo representam um recorte geográfico em que, regionalmente, houve desenvolvimento e evolução integrados entre os elementos da geodiversidade e da biodiversidade ao longo de milhares a milhões de anos (COX, MOORE e LADLE, 2019).

A partir dos centros de alta endemidade, sob o prisma geopolítico e geoestratégico, é que se deveriam delimitar as áreas prioritárias para a conservação. Entretanto, no Brasil, ao serem definidas esses tipos de espaços biogeográficos especiais em macroescala cartográfica, não foram evidenciados para esse fim os cruzamentos das espécies ameaçadas de extinção presentes no território, nem as taxas de perdas de habitats ou mesmo os índices de fragmentação de ecossistemas com os dados e informações compilados dos (e para os) centros de endemismo. Parte dessa questão reside no fato de que nem todos os biomas brasileiros apresentarem divisões biogeográficas na escala de centros de endemismo, tendo apenas a Amazônia e parcialmente as Caatingas e a Mata Atlântica como os únicos a possuírem tal tipo de divisão biogeográfica, com algum grau de consistência (CARVALHO, 2011; SILVA, 2013).

Especificamente quanto ao Bioma Amazônia, há uma divisão amplamente divulgada, em que pese no contexto brasileiro, que aponta para oito centros de endemismo (Figura 8), conforme trabalhos de SILVA et al. (2005) e SILVA (2013). Englobando uma área total próxima a 6 milhões de km<sup>2</sup>, nove países sul-americanos possuem territórios abrangidos pelos ecossistemas inseridos no Bioma Amazônia. Especificamente no que tange ao Brasil, dos seus aproximadamente 4,5 milhões de km<sup>2</sup> de espaço total amazônico, algo em torno de 18% das formações vegetais nativas foram perdidas durante as últimas cinco décadas (WWF-BRASIL, 2020).

BENSON (1982) aponta para uma série de fatores de natureza biogeográfica para a explicação das áreas de ocorrência de endemismos na Amazônia. Um deles é o fato de que no Pleistoceno Terminal, é provável que tenha ocorrido em algumas áreas amazônicas a expansão de formações vegetais associadas a climas mais secos, o que isolou fragmentos florestais compostos por formações ombrófilas (VANZOLINI, 2010a). Por conseguinte, houve especiação alopátrica nas áreas disjuntas por efeito vicariante bioclimático. Após, com o incremento da umidade ainda no final do Pleistoceno, houve coalescência florestal (AB'SÁBER, 2000; THOMAS, 2010). Contudo, pela superimposição das drenagens que compõem a maior rede hidrográfica do mundo, muitas espécies, sobretudo as que compõem a fauna amazônica, ficaram isoladas, seguindo a hipótese do isolamento geográfico fluvial (HAFFER, 1982; 1992), daí gerando as áreas ou centros de endemismo conhecidas na Amazônia atual.

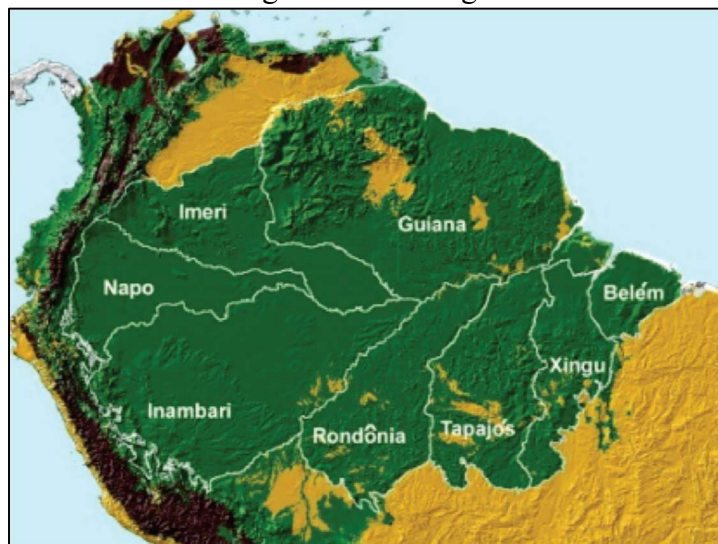
Assim na discussão ora apresentada, que trata nomeadamente da Amazônia Oriental, abarca um território na ordem de 247.635,44 km<sup>2</sup>, que é sinônimo do Centro de Endemismo Belém (CEB). Em tal recorte biogeográfico a fragmentação de habitats, o desmatamento contínuo, a presença e evolução de focos ativos de calor (na forma de queimadas ou incêndios) e a defaunação são mais evidentes que nos outros sete centros de endemismo amazônicos, o que, *di per si*, já evidencia sérias necessidades e demandas por uma conservação mais efetiva e eficaz da biodiversidade, bem como de



restauração das paisagens naturais. Conforme ALMEIDA et al. (2014), há duas definições cartográficas para a delimitação do CEB (Figura 8 e Figura 9), uma realizada pelo Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e outra definida pela Conservation International (CI). Contudo, outra definição territorial foi adotada para esta pesquisa.

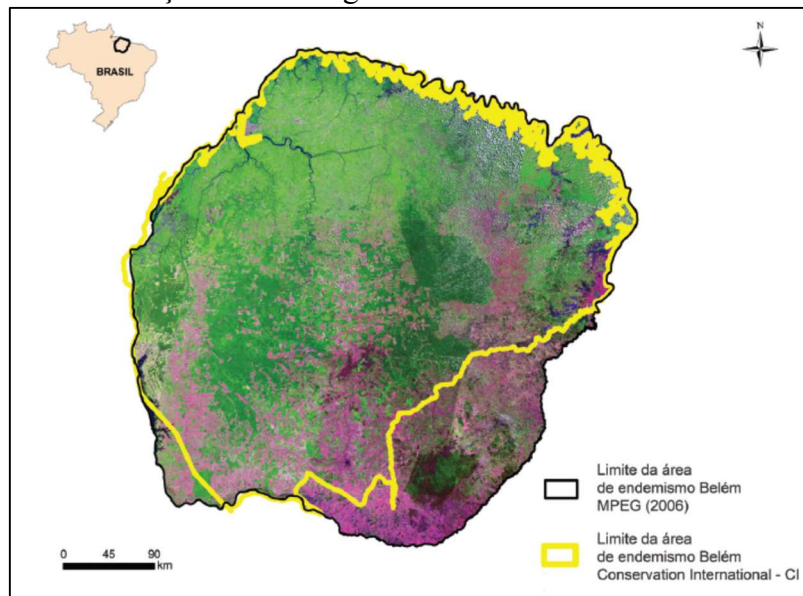
Desde SILVA et al. (2005), passando por ALMEIDA e VIEIRA (2010), SILVA (2013) e ALMEIDA et al. (2014), o CEB teve suas definições territoriais pautadas em bacias hidrográficas ou rios perenes, nomeadamente a Leste, com o Rio Pindaré (Estado do Maranhão, Nordeste do Brasil), e a Sul, com a confluência do Rio Araguaia com o Rio Tocantins (na divisa entre os Estados do Maranhão, do Tocantins e do Pará).

**Figura 8:** Centros de Endemismo definidos para a Amazônia Internacional através de critérios cartográficos e biológicos.



Fonte: Silva (2013).

**Figura 9:** Delimitações mais antigas do Centro de Endemismo Belém (CEB).



Fonte: Almeida et al. (2014, p. 58).

Contudo, para este estudo, do ponto de vista do que fora diagnosticado nos Zoneamentos Ecológico-Econômico dos Estados do Maranhão (CATUNDA; DIAS, 2019) e do Tocantins (DETZEL, 2017), fez-se necessário revisar os limites orientais e este-setentrionais do CEB, englobando, dessa maneira, as bordas biomáticas amazônicas definidas pelo IBGE (2004; 2019), as quais são adotadas oficialmente para o estabelecimento de políticas ambientais pelos órgãos públicos estaduais e federais brasileiros. Compreensão igual teve ANJOS (2010), ao propor em trabalho sobre endemicidade de aves na Amazônia Oriental esse recorte para o CEB. O resultado dessa proposição cartográfica está disposto na Figura 10.

Para além do argumento retromencionado, a redefinição territorial ora proposta foi pautada técnica e cientificamente em três enfoques ou argumentos complementares entre a geopolítica da conservação e a natureza remanescente do espaço total biorregional. O primeiro está circunscrito ao fato que até o final da década de 2010 não havia sistematização de dados e informações quanto à biodiversidade da Amazônia Maranhense, bem como do extremo Norte do Tocantins.

Contudo, esforços relacionados ao Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão (ZEE-MA) mapearam e identificaram por técnicas de inventário faunístico as espécies relacionadas à mastofauna, à avifauna, à herpetofauna e à ictiofauna, bem como das abelhas da subfamília *Apinae*, tribo *Euglossini*. Para demonstrar a relevância de ampliação da área do CEB em direção à Amazônia Maranhense em sua totalidade, nesta área foi procedida a catalogação de fauna em ambientes ainda considerados nativos na Amazônia Oriental e restritos ao Maranhão (porção mais Oriental da área de pesquisa), bem como em recortes espaciais já alterados de forma complementar.

Por conseguinte, o inventário apresentou um total de 1.400 espécies amostradas e catalogadas e um total de 23.123 registros, sendo que 96,3% do total de espécies são do filo *Chordata*, com destaque para a classe das aves, com 49,8% do total de ocorrências catalogadas, conforme disposto na Tabela 5 (OLIVEIRA et al., 2019). Para essa pesquisa, que contou com registros realizados e sistematizados entre os anos de 2018 e 2019, houve a demonstração da riqueza de biodiversidade faunística de uma Amazônia Maranhense que transiciona em direção ao Cerrado.

Tal argumento evidenciou seu caráter ecotonal e que os rios regionais não são necessariamente barreiras biogeográficas, mormente o Rio Pindaré e o Rio Tocantins, haja vista a grande similaridade paisagística existente entre o Pará, o Maranhão e o Tocantins na localidade denominada de Bico do Papagaio, que possui dezenas de ilhas que, aos poucos, se separam de um Estado e se aglutinam ao outro, em função da hidrodinâmica da área de contatos biogeográficos regionais. Há que se considerar que o Pará e o Tocantins, embora possuam ZEEs regionais, não fizeram neles os inventários de biodiversidade.

**Figura 10:** Localização do Centro de Endemismo Belém no contexto do Bioma Amazônia.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023).



**Tabela 5:** Registros das espécies e grupos avaliados que compõem o banco de dados utilizados para as análises do ZEE do Bioma Amazônia no Estado do Maranhão.

| GRUPOS                    | ESPÉCIES     | ORDENS    | FAMÍLIAS   | LOCALIDADES AMOSTRADAS | Nº. REGISTROS | PERCENTUAL SOBRE O TOTAL (%) |
|---------------------------|--------------|-----------|------------|------------------------|---------------|------------------------------|
| <b>Mamíferos</b>          | 136          | 12        | 42         | 55                     | 1.855         | 9,7%                         |
| <b>Aves</b>               | 697          | 26        | 78         | 59                     | 18.285        | 49,8%                        |
| <b>Herpetofauna</b>       | 167          | 7         | 37         | 18                     | 684           | 11,9%                        |
| <b>Peixes</b>             | 348          | 26        | 84         | 29                     | 2.195         | 24,9%                        |
| <b>Abelhas Euglossini</b> | 52           | 1         | 1          | 7                      | 104           | 3,7%                         |
| <b>Totais</b>             | <b>1.400</b> | <b>72</b> | <b>242</b> | <b>168</b>             | <b>23.123</b> | <b>100%</b>                  |

Fonte: Adaptado de Oliveira et al. (2019, p. 343).

Por outro lado, como segundo argumento, a Leste da área originalmente descrita, há uma nítida divisão entre a Amazônia e o Cerrado através de lineamentos estruturais, com o Arco Picos – Santa Inês e a conformação de terrenos com declividades baixas (menos de 450 metros acima do nível relativo do mar). Estes convergem até o Golfão Maranhense, principal recorte costeiro do Estado do Maranhão e que é considerado o conjunto paisagístico divisor da Zona Costeira Nordeste Sententrional com a Zona Costeira Amazônica (SUGUIO, 2010). Ele é uma articulação geodiversa única na costa brasileira e, por sua vez, é geológica e geomorfológicamente um alto estrutural em relação ao Aulacógeno da Baixada Maranhense. Esse quesito será discutido em tópicos posteriores ainda neste capítulo.

Como terceiro argumento, indica-se que há similaridade entre os padrões de ocupação e de uso da terra, que, segundo a cartografia do Projeto MAPBIOMAS (2022), aponta para uma forte homogeneidade de usos, bem como para uma história humana convergente, com os mesmos processos ocupacionais e de conversão de ecossistemas naturais em áreas de pressão de uso bastante consolidadas (SOUZA, 2019). Esse processo gerou uma identidade forte de fronteiras de usos produtivos, com destaque para as superposições de uso da terra, com fragmentação e perda consolidada de habitats e erosão da biodiversidade.

Portanto, com base nesses argumentos para a alteração da definição para fins cartográficos, deve-se proceder à avaliação do CEB a partir de três componentes: o primeiro é a sua geodiversidade, manifestada pelos produtos de uma evolução geológica e geomorfológica do território, seguido pela climatologia regional. O segundo está centrado nas paisagens vegetais, que por si sós representam a duplicidade dos processos naturais e antropogênicos atuantes no recorte geográfico analisado. Já o terceiro diz respeito a uma evolução ocupacional humana do espaço total regional, com um enfoque voltado para a implantação de grandes obras e equipamentos públicos e privados que permitiram,

momento nas últimas sete décadas, a transmutação de parte de um bioma em um conjunto de antromas bastante definidos e em fase de exaustão de recursos pelas multiplicidades de usos neles presentes. Este último, por sua vez, terá um tópico próprio em que será discutido. Seguir-se-ão as discussões com os aspectos climáticos do CEB e suas alterações dinâmicas.

#### **4.2. A Geodiversidade Presente no Centro de Endemismo Belém: as principais componentes abióticas do território**

Embora o termo Geodiversidade seja definido por GRAY (2013) como o alcance natural dos elementos físicos ou abióticos da Terra e suas características intrínsecas, o presente trabalho adotará o conceito de SILVA (2008), que atribui ao termo o conjunto das paisagens abióticas através da compreensão da sua composição natural, dos fenômenos que nelas se manifestam, tais como os elementos que as diferenciam. E, nesse aspecto, a Geologia Regional é a base para a delimitação dos atributos geodiversos de um território, haja vista ser a partir de um conjunto evolutivo de ordem geotectônica e litológica que, por exemplo, foram originados os recortes geomorfológicos e pedológicos (embora este último não seja tratado nesta pesquisa).

BIGARELLA e ANDRADE-LIMA (1982) indicam que as mudanças paleoambientais, caracterizadas pelas alterações tectônicas e climáticas, sobretudo na América do Sul e na Amazônia, concorreram para a remodelagem das paisagens geomorfológicas. Elas culminaram igualmente na consolidação de condicionamentos fitogeográficos, como a dispersão de florestas e, aliada à posição geográfica relativa de áreas biogeográficas nucleares, o relevo pode auxiliar na diminuição da umidade relativa de ar e solo e, com isso, proporcionar a ocorrência de feições vegetais ecotonais, como parece ser o caso do CEB, sobretudo em suas parcelas Sudeste e Nordeste.

Nessa perspectiva, o presente tópico apresenta uma síntese dos conhecimentos acerca da Geologia e da Geomorfologia do Centro de Endemismo Belém. Esses constituintes paisagísticos são considerados como as bases naturais para a ocorrência das heterogêneas fitofisionomias expressas no espaço total regional, bem como dos diversos padrões de uso e pressões observados na Geografia do CEB. Estes últimos passaram a comprometer substantivamente a sustentabilidade ambiental na Amazônia Oriental.

Inicialmente, convém informar que a morfoestrutura de qualquer porção da superfície da Terra diz respeito à estrutura mórfica e geológica do terreno, geralmente se referenciando a embasamentos estruturais (pré-cambrianos e/ou fanerozoicos), bem como os regimes tectônicos nela estabelecidos ou desenvolvidos evolutivamente. As plataformas, as cadeias orogenéticas (sejam os maciços antigos ou modernos) e as bacias sedimentares (ou seja, áreas de diferentes idades e composições

litoestratigráficas) são classificadas como exemplos bem práticos de domínios geológicos e, por consequência, geomorfológicos (ROSS, 2016). Portanto, nessa perspectiva, é impossível estudar o modelado de uma região sem que haja uma inter-relação conceito-pragmática entre os fatos geomorfológicos e as ações geológicas (morfoestruturas) e climáticas nele atuantes (morfoesculturas).

Às morfoestruturas são associados os aspectos esculturais do relevo (a morfoescultura), ou seja, a “disposição” que determinada região (ou província geológica, em função de suas formações e configurações litológicas) tem de ser modelada conforme os domínios climáticos locais ou regionais, gerando formas diferenciadas, em heterogêneas áreas de atuação de processos climáticos, isto, obviamente, através do tempo geológico (BIGARELLA et al., 2007). Dessa feita, é possível afirmar que são as litologias e as estruturas relacionadas às manifestações tectônicas que garantem a orientação, os desnivelamentos e a sustentação das geoformas.

Situado na porção Norte da Plataforma Sul-Americana, o Centro de Endemismo Belém está inserido nos domínios de duas grandes províncias geológicas brasileiras: a parte continental propriamente dita está contida na Província Estrutural do Parnaíba (MILANI et al., 2000), enquanto toda a porção continental costeira faz parte da Província Costeira e Margem Continental (ALMEIDA et. al, 1981; ALMEIDA et al., 2000). Ambas as unidades são cortadas em alguns locais por fragmentos cratônicos ou por cinturões orogenéticos, ou seja, por afloramentos de grupos de rochas bastante antigas datados do Pré-Cambriano, mormente do Arqueano e do Proterozoico, como são o Cráton São Luís e a Suíte Intrusiva Rosário. Estas últimas são unidades geotectônicas e litológicas com mais de dois bilhões de anos de evolução litológica (SILVA et al., 2003). Ainda há outra unidade, que é composta por feições rochosas proteozoicas, relacionadas ao *Greenstone Belt* Gurupi, que evoluíram entre 2.167 M.A. e 550 M.A. (VASQUEZ, KLEIN, LOPES, 2012).

De evolução paisagística e geodiversa portanto bastante antiga, o território passou por vários regimes geotectônicos. De ambientes neríticos a constituições de sistemas de cordilheiras com rochas intrusivas e metamórficas (HASUI, ABREU e VILLAS, 1984), de sistemas vulcânicos a planaltos de rochas pré-cambrianas sujeitas a processos erosivo-denudacionais de centenas de milhões de anos (PETRI; FÚLFARO, 1988; CARNEIRO et al., 2012), o que configuraria depósitos extensivos sedimentares, o atual Centro de Endemismo Belém apresenta-se como uma amálgama, ao mesmo passo que síntese evolutiva, do Brasil desde o Arqueano até o Holoceno.

HASUI (2019), ao elucidar processos relativos à evolução da própria Plataforma Sul-Americana, destaca o fato de haver grande quantidade de estruturas geológicas que fazem da porção Leste do Pará, Norte do Tocantins e Oeste do Maranhão um conjunto de sistemas subsidentes, ao passo que há a presença de ambientes soerguidos ou dobrados que, dentre outras coisas, foram

capazes de geomorfologicamente permitirem a superimposição da drenagem e consequentemente sua evolução (DANTAS, TEIXEIRA, 2013; DANTAS et al., 2013).

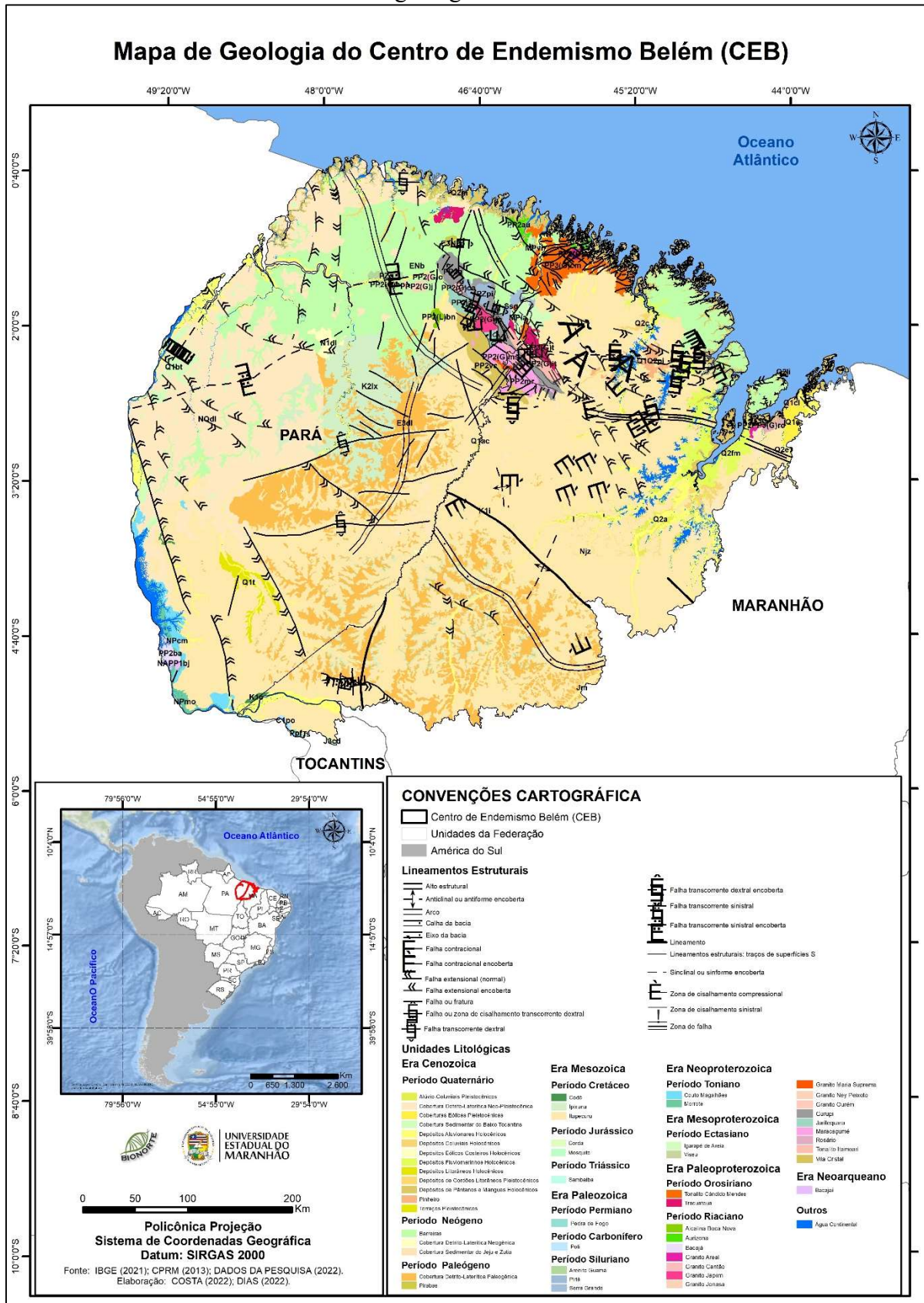
Destarte, a definição do CEB *per si* passa, pró-parte, pelos regimes tectônicos desenvolvidos no território analisado. Isso se justifica pela formatação dos lineamentos que acompanham o Vale do Tocantins, na parte Oeste do território, o que favoreceu, dentre outras coisas, um regime de macrodrenagem convergente em direção à Bacia Amazônica, bem como situações especiais de implantação de infraestruturas relacionadas à geração de energia hidrelétrica, como em Tucuruí, capaz de gerar um lago que atinge áreas alagáveis em até 125 km a montante do ponto de barramento fluvial.

A Figura 11 apresenta a distribuição geográfica das formações rochosas que compõem o Centro de Endemismo Belém, enquanto que a Figura 12 mostra um conjunto de paisagens relacionados ao Rio Tocantins e suas implicações relacionadas à Usina Hidrelétrica de Tucuruí, no Pará. Convém informar que 94,69% de todo o território do CEB é composto por formações de idades fanerozoicas, ou seja, que compreendem formações rochosas e depósitos sedimentares ou vulcânicos relacionados aos últimos 543 M.A. (milhões de anos), lastro de tempo geológico denominado Fanerozoico.

Assim, com predominância de litologias e ambientes deposicionais mais recentes, de idades mesozoicas e cenozoicas (94,22% do total), é no conjunto dos 5,31% de rochas constituintes de estratigrafias mais antigas (que remontam a terrenos do Arqueano, situados entre 2.800 e 2.500 M.A., do Proterozoico, centrados entre 2.500 e 600 M.A.) que estão presentes os maiores conjuntos mineralógicos de alto valor comercial (Figura 13). Esses ambientes, bem como suas formações e estratigrafias, são denominados Pré-Cambrianos. Dentre eles são destacados o ouro e as gemas (pedras preciosas e semipreciosas), cuja preocupação quanto aos impactos da mineração em relação ao maciço florestal amazônico já era discutida por ABREU (1939) quanto às explorações e explorações de recursos minerais do Noroeste do Maranhão e do Nordeste do Pará.

A evolução crustal e a geotectônica dos terrenos mais antigos (caso do Cráton São Luís e da Suíte Intrusiva Rosário) é constituída por fusões continentais por tectônica de placas e acreção de placas com cinturões formados por ilhas de natureza vulcânica à Plataforma Sul-Americana, como é caracterizada a morfogênese do Cinturão Orogenético do Gurupi. Isso conduziu à origem de múltiplos ambientes deposicionais no CEB. Estes, a despeito de serem mais recentes, apresentaram vários episódios de soerguimentos e rebaixamentos, correlativos à Reativação Meso-cenozoica (BRITO-NEVES, 2011) e aos processos associados à neotectônica (SUGUIO, 2010; HASUI, 2019), desenvolvida nos últimos milhões de anos, em que pese nos espaços entrecortados pelos lineamentos estruturais, que concorreram para a formatação de altos estruturais delimitadores.

**Figura 11:** Distribuição das formações litológicas ou rochosas do Centro de Endemismo Belém e das estruturas geológicas a elas vinculadas.



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023).

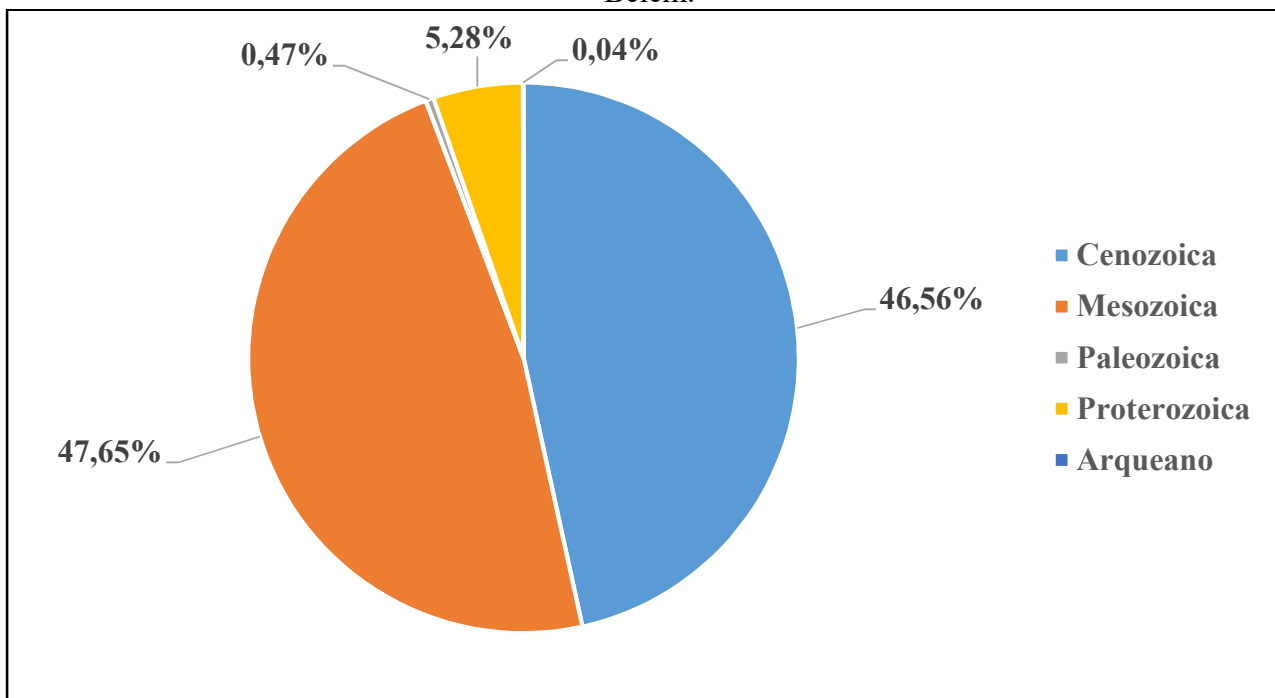


**Figura 12:** Feições paisagísticas relacionadas ao barramento artificial do Rio Tocantins, porção Oeste do Centro de Endemismo Belém, município de Jacundá (PA) localidade Porto Novo, em outubro de 2021.



Fonte: Acervo pessoal do Autor (2021).

**Figura 13:** Composição dos terrenos por Eras Geológicas no contexto do Centro de Endemismo Belém.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

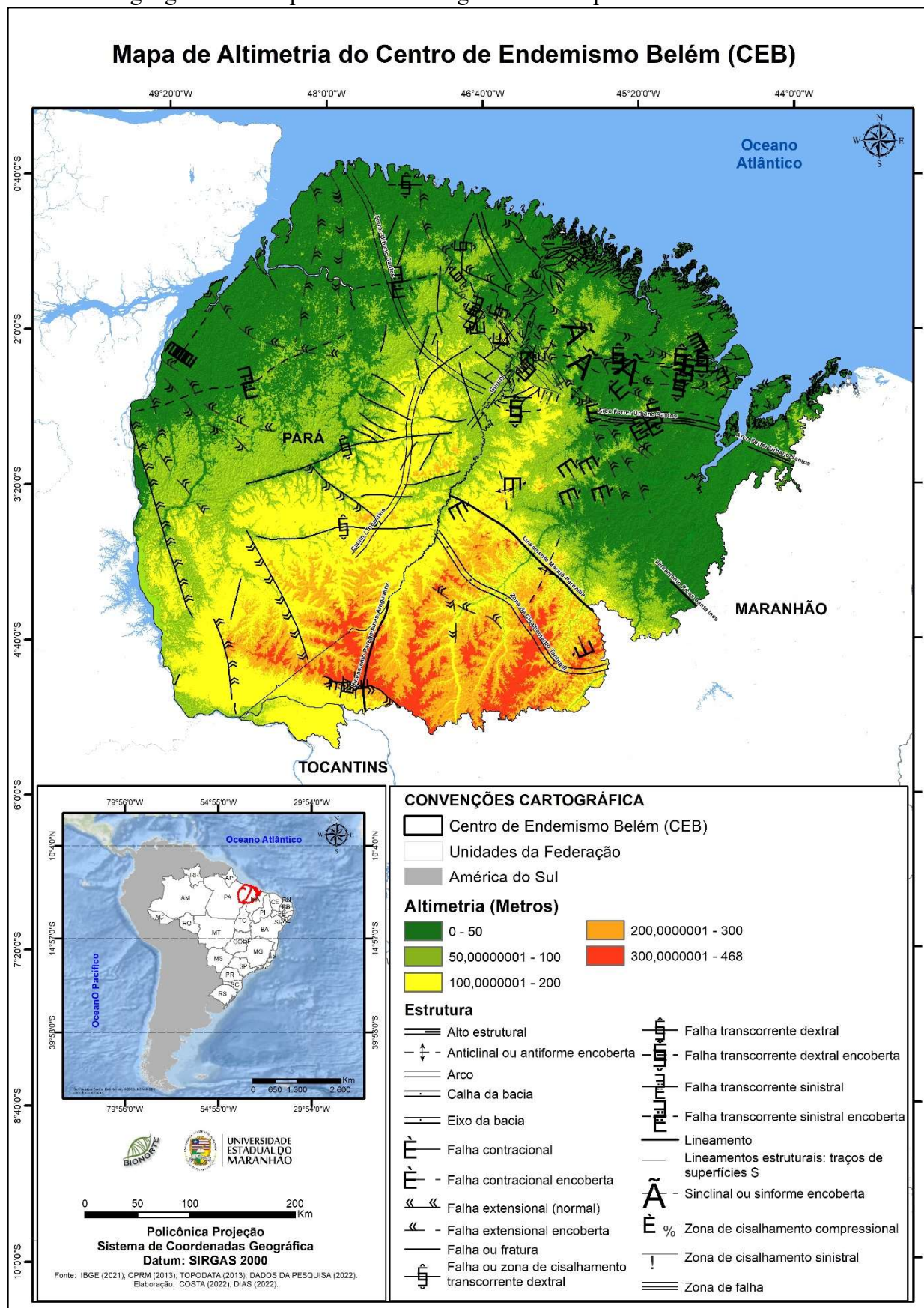
Tais estruturas tectônicas ou lineamentos estruturais são os responsáveis diretos pela configuração geomorfológica do CEB no tocante à altimetria (Figura 14) e à delimitação das formas de relevo (Figura 15), representados por segmentos estruturais importantes regionalmente, como o Arco Capim/Tocantins, o Arco Férrer-Urbano Santos (Figura 16), o Arco Gurupi, o Lineamento Paragominas-Araguatins, o Lineamento Picos-Santa Inês (Figura 17), o Lineamento Marajó – Parnaíba, a Zona de Cisalhamento Tentugal (Figura 18).

A tais estruturas são somadas dezenas de outras formas relacionadas à geotectônica regional, como as calhas e eixos de bacias, as diversas formas de falhas geológicas, bem como sinclinais encobertas (que apresentam conjuntos rochosos de dobramentos antigos plataformais). Todas estão expressas nas paisagens e permitem, dentre outros aspectos, que haja padrões de retificação natural de cursos d'água ou mesmo a captura de drenagem ou a divergência entre elas, na forma de divisores de águas regionais, importantes para a compreensão geomorfológica do CEB.

Sobre a altimetria dos terrenos relacionados ao Centro de Endemismo Belém, é imperativo afirmar que as áreas consideradas baixas, ou seja, com hipsometria de até 100 metros em relação ao nível do mar, representam um total de 161.450,93 km<sup>2</sup>, o que corresponde a 65,20% do território. A presença de terras baixas, principalmente concentradas nas porções Centro-Oeste, Norte (faixa costeira) e Centro-Leste, não constitui fator limitante para as distribuições biogeográficas dos organismos continentais presentes no CEB. Contudo, tendo em vista a proximidade de faixa ecotonal importante em seus limites orientais em direção aos Cerrados e através de corredor ecológico de faixas de matas com predomínio de palmáceas (Matas de Cocais), no Centro-Leste, que converge para as Caatingas, há franca coalescência de biotas relacionadas a esses três conjuntos macropaisagísticos.

Em contraposição, as áreas com mais de 100 metros de altitude em relação ao nível do mar, em algumas áreas podem representar geomorfolologicamente obstáculos não à dispersão biogeográfica em si, mas ao desenvolvimento de algumas atividades humanas, notadamente a agricultura. Os terrenos mais acidentados, com hipsometria que varia entre 200,01 e 468,00 metros representam importantes divisores de bacias hidrográficas situadas no CEB, sendo também as principais áreas-fonte de sedimentos que convergem para os cursos d'água formadores da rede hídrica regional. Os dados estão dispostos de forma objetiva na Figura 19.

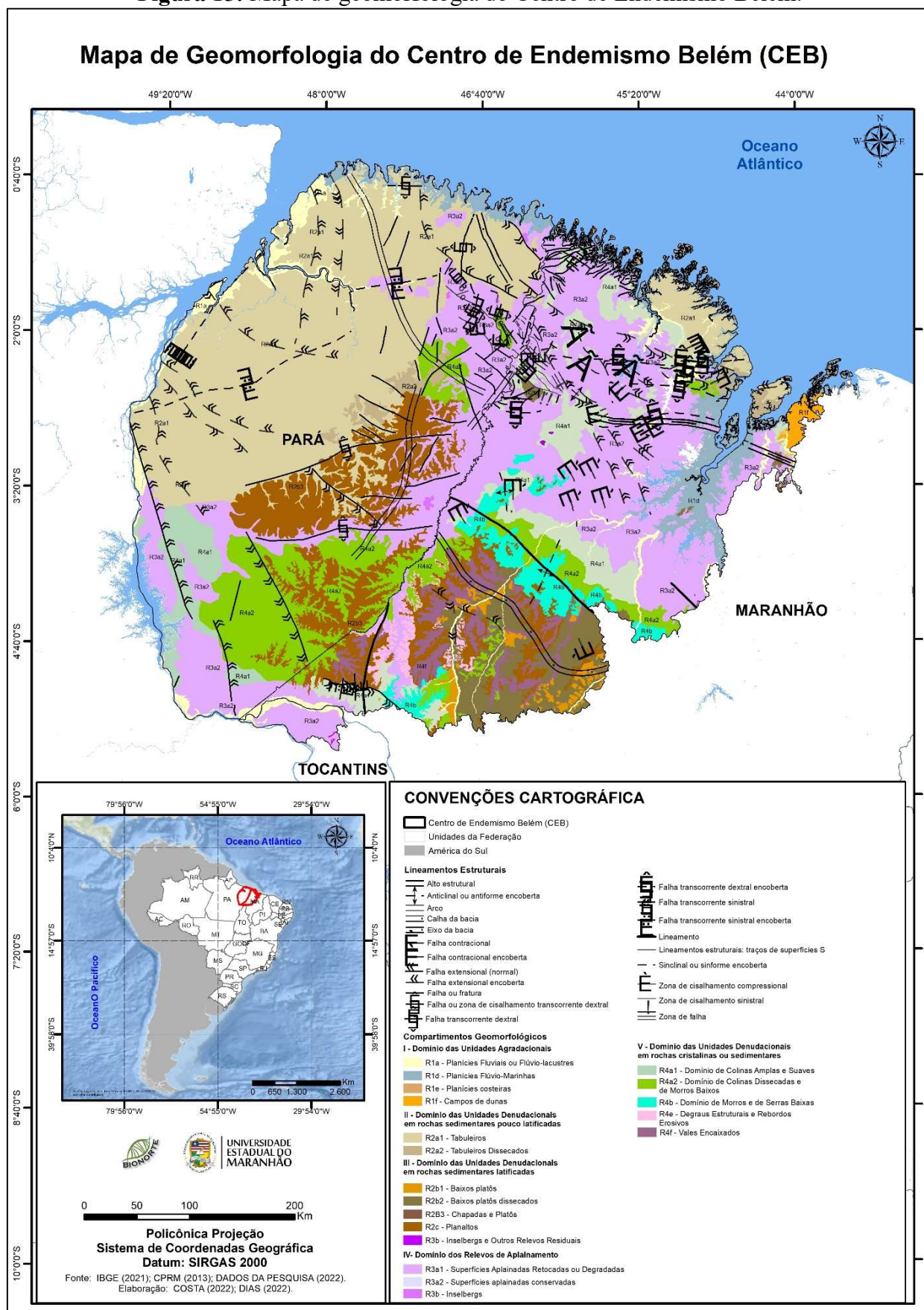
**Figura 14:** Mapa de altimetria do Centro de Endemismo Belém, com destaque para a distribuição geográfica dos tipos de estruturas geotectônicas presentes no território.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).



Figura 15: Mapa de geomorfologia do Centro de Endemismo Belém.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).



**Figura 16:** Arco Férrer Urbano-Santos no Estado do Maranhão, especificamente em Cachoeira Grande (MA), extremo Nordeste do CEB.



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2019).

**Figura 17:** Lineamento Picos-Santa Inês na porção Centro-Oriental do CEB.



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2022).

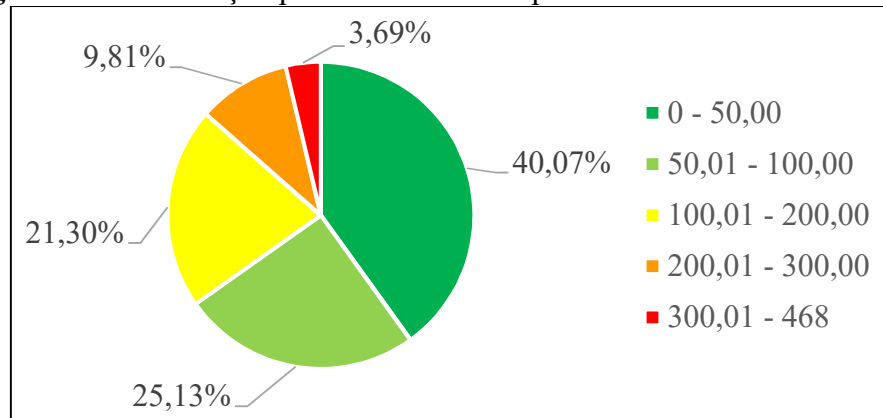


**Figura 18:** Zona de Cisalhamento Tentugal na porção Centro-Oriental do CEB, município de Santa Luzia (MA).



Fonte: Acervo pessoal do Autor (2022).

**Figura 19:** Distribuição percentual de áreas por classes altimétricas no CEB.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Morfogeneticamente os terrenos mais elevados estão associados aos principais tipos de estruturas geotectônicas, conforme já citado. Faz-se necessário indicar que importantes áreas protegidas de biodiversidade e de populações autóctones originárias estão situadas nessas faixas altimétricas, como é o caso da Terra Indígena Arariboia, da Terra Indígena Awá (Figura 20) e de partes da Reserva Biológica do Gurupi, que, como será visto adiante, representam algumas das maiores manchas de coberturas vegetais remanescentes em todo o CEB.

Do ponto de vista da ecodinâmica do modelado (TRICART, 1977; DIAS et al., 2019), as transformações advindas dos avanços das práticas de desbaste das coberturas vegetais nativas nas

últimas décadas desencadearam processos adversos, em que pesem os relacionados à dinâmica morfoclimática regional. Estas são expressas na forma de erosões, muitas delas em estágio acelerado de desenvolvimento e, por conseguinte, fornecedoras de material para o assoreamento dos cursos hídricos locais e regionais.

**Figura 20:** Porção Sul da Terra Indígena Awá, um dos maiores mosaicos de vegetação nativa remanescente no contexto do CEB.



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2019).

DIAS et al. (2017) convergiram suas análises para o impacto das atividades humanas extensivamente sobre os modelados. Ao refletirem sobre processos ocupacionais e geopolíticos na Amazônia Maranhense, parcela Leste do CEB, os autores convergiram sua abordagem na compreensão cartográfica das dinâmicas das geoformas e de seus níveis de criticidade integradas, às quais foram denominadas de análise de vulnerabilidade às alterações do relevo. O procedimento praticado pelos pesquisadores concluiu que superfícies geomórficas diversas, como as classes de domínios dos relevos de aplainamento e dos domínios de unidades denudacionais, já passam por comprometimentos quanto à produção de sedimentos, ao passo que as áreas mais rebaixadas geomorfologicamente, como os sistemas de vales encaixados da rede hidrográfica dos rios Pindaré, Grajaú e Itinga trazem consigo fortes indícios de assoreamento e desperenização de drenagens.

Complementarmente, as áreas de planaltos soerguidos por eventos relacionados à Reativação Meso-Cenozoica e posteriormente aos desdobramentos de episódios neotectônicos, especialmente na

porção Centro-Sul do CEB e seguindo as estruturas já comentadas, possibilitaram a morfogênese de sistemas similares a serras, de contínuo desenvolvimento territorial nos Estados do Maranhão (porção Sul-Sudeste do território analisado) e do Pará (porção Centro-Occidental a Oeste). As geoformas derivadas acabaram por, igualmente, ser caracterizadas por trechos de drenagens perenes ou em processo de desperenização embutidos entre áreas colinosas, cuja sedimentação coalescente tende a facilitar os processos de assoreamento, como já citado.

É de se notar que embora haja importantes contribuições da geotectônica na configuração dos modelados geomorfológicos do CEB, os eventos morfoclimáticos de média ou grande escala são preponderantes no que tange à dinamicidade morfodinâmica das geoformas e colaboram para o arredondamento das formas (AB'SÁBER, 2004a; DIAS et al., 2017), para a incisão de drenagem e para a formatação dos processos denudacionais, correspondentes a sistemas erosivos e deposicionais extensivos.

Atualmente o Centro de Endemismo Belém tem quatro ritmos de precipitação, cujas totalidades pluviométricas médias anuais variam de 1.362 mm/ano até 3.308 mm/ano. Isso significa que há dinâmicas diferenciadas de resposta das formas de relevo aos agentes intempérico-erosivos, o que concorre para diversos padrões de formas relacionadas aos climas regionais. Sem discutir necessariamente sobre questões relativas à savanização amazônica, por exemplo, faz-se mister verter interpretações acerca dos principais tipos de situações geomorfológicas em curso no CEB, especialmente aquelas que possuem algum tipo de indução antropogênica.

Os ambientes agradacionais, como as planícies flúvio-marinhas e costeiras dispõem-se como áreas que passam por remodelamentos naturais constantes, ao passo que as unidades geomorfológicas de tabuleiros e de tabuleiros dissecados passaram por aceleração dos seus processos morfogenéticos por causa da retirada da cobertura vegetal nativa. As consequências geológico-geomorfológicas nesses ambientes podem comprometer o fluxo d'água superficial local e regionalmente, por exemplo.

Outrossim, as áreas situadas nas proximidades de Paragominas (PA) tiveram os topos de platôs regionais extensivamente adotados na expansão das fronteiras do agronegócio como modelo para as múltiplas atividades produtivas rurais (Figura 21). Já os tabuleiros da faixa costeira, como é o caso daquele que forma a Ilha do Maranhão, onde está situada a segunda maior concentração populacional humana da área da pesquisa. Por outro lado, o balanço sedimentar é favorável à ocorrência de impedimento do fluxo natural das drenagens perene e, portanto, pode colaborar com as diversas formas de extrapolação horizontal dos canais fluviais, causando inundações, como no caso do vale do Itapecuru (Figura 22), no Nordeste do CEB.



**Figura 21:** Topo de tabuleiros soerguidos e em fase de dissecação natural acelerada por ações antropogênicas vinculadas à expansão de fronteiras produtivas em Paragominas (PA), Oeste do Centro de Endemismo Belém, Rodovia BR-010.



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2021).

**Figura 22:** Extensas planícies inundáveis situadas às margens do Rio Itapecuru (MA), em município homônimo, no Nordeste do CEB. Assoreamento tem intensificado o extravasamento lateral do rio para além de seu leito normal nos últimos anos.



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2022).

Assim, a configuração dos ambientes geomorfológicos e de suas formas, materiais e processos derivados dão a tônica para a consolidação, expansão ou retração de ecossistemas, por exemplo. Desde a área denominada Bico do Papagaio (Figura 23), entre o Maranhão e o Tocantins, até a Baixada Maranhense (Figura 24), faixa costeira mais oriental da Amazônia, há episódios de sedimentação rítmicos e cíclicos, que sobremaneira auxiliam na fixação de biodiversidade associada a ambientes transicionais entre áreas úmidas e ambientes emersos.

Nos tabuleiros dissecados do Noroeste do CEB são encontrados múltiplos processos de uso e cobertura da terra que geram alterações no ritmo das dinâmicas naturais do modelado e, ao alterarem a paisagem local ou regionalmente, dependendo da atividade produtiva, gera perdas de biodiversidade. Em São Miguel do Guamá, por exemplo, em planícies de inundação do Rio Guamá que foram levemente encaixadas na unidade geomorfológica em lide, são desenvolvidas a mineração de areias em ambientes fluviais (calha do rio), bem como exploração de margens fluviais (áreas legalmente protegidas pelo Novo Código Florestal) para o avanço da aquicultura. Geomorfologicamente, podem haver consequências de estabilidade dos terrenos de entorno, bem como de sustentação de ambientes dos ecossistemas de entorno ainda remanescentes.

**Figura 23:** Depósitos aluvionares holocênicos predominantemente arenosos e de origem fluvial na planície de inundação do Rio Tocantins, região do Bico do Papagaio, entre o Maranhão e o Tocantins.



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2022).

**Figura 24:** Campos inundáveis em planícies flúvio-lacustres de nível de base com morfogênese tectônica (aulacógeno), com presença de depósitos silto-argilosos holocênicos associados ao Lago Cajari, Baixada Maranhense.



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2021).

Já na Baixada Maranhense, um claro testemunho de um paleogolfo estendido durante flutuações eustáticas subatuais (AB'SÁBER, 2004a; DIAS, 2006), por sua origem tectônica relacionada a um *rift* abortado (aulacógeno), acaba por ser palco de sedimentação intensa dos sistemas hidrográficos que a cruzam. Ao se estenderem os mesmos fatos morfogênicos em direção à Baía de São Marcos e, em parte à do Pericumã, as paisagens constituem o maior sistema estuarino do Maranhão, ao convergir as drenagens dos sistemas de maior extensão territorial do Leste do CEB.

Processos relacionados às dinâmicas geomorfológicas costeiras, por exemplo, implicam na construção e manutenção das paisagens mais instáveis (sob o ponto de vista da evolução geológico-geomorfológica), como são as praias, os manguezais, os marismas tropicais e os estuários no extremo Nordeste do CEB (Figura 25). Por consequência, esses ambientes acabam por ser os mais sensíveis de todo o território às mudanças climáticas em curso, pois quaisquer pequenas variações oceanográficas, como variação do nível relativo do mar (NRM), dos ritmos de ondas ou de direcionamento das correntes litorâneas e costeiras, sem contar com as marés, que são das mais altas do Brasil, podem alterar a sua composição paisagística e, portanto, das biotas que têm seus habitats com limitações mesológicas muito particulares.



**Figura 25:** Depósitos litorâneos holocênicos em planícies costeiras manifestados por ecossistemas de manguezal, de marismas tropicais, de apicuns e, pró-parte, estuários conectados de pequenas cursos hídricos e a Baía de São José.



Fonte: Acervo pessoal do Autor (2022).

#### 4.3. Dinâmicas Climáticas e sua Materialização no Centro de Endemismo Belém

A Amazônia, como macrorregião ecológica e biogeográfica, tem sido foco de muitos estudos referentes à sua relação direta com as mudanças climáticas antropogênicas em curso (CAVALCANTI e SILVEIRA, 2013). Decerto, a situação geográfica de suas áreas nucleares entre dois grandes planaltos compostos por ambientes soerguidos pré-cambrianos a Norte e a Sul (AB'SÁBER, 1972; DANTAS, ARMESTO e ADAMI, 2008; TORRES, MARQUES NETO e MENEZES, 2012; ROSS, 2016; CLAUDINO-SALES, MAIA e ANDRADES FILHO, 2022), somado aos contrafortes andinos a Oeste, permitem a máxima produção e circulação atmosférica em ambientes equatoriais, sobretudo quanto ao escoamento das massas de ar oceânicas em direção ao continente (FISCH, MARENGO e NOBRE, 1998).

Adiciona-se a isso o fortalecimento destas ao passar pelos maciços florestais e, ao receberem umidade até chegar ao sopé dos Andes, formarem e distribuir condições aerológicas peculiares que irrigam áreas do Nordeste, do Centro-Oeste, do Sudeste e Sul do Brasil, bem como de países vizinhos, a exemplo do Peru, Bolívia e Paraguai (NASCIMENTO e NOVAIS, 2020; FERREIRA, SOUSA e MORAES, 2022).

A porção Nordeste da Amazônia, onde está situado o Centro de Endemismo Belém, apresenta sistemas atmosféricos atuantes que propiciam o avanço da Massa Equatorial Atlântica (mEa), fortemente presentes entre dezembro e maio, em direção à porção continental da região (NIMER, 1989). Por outro lado, em sua parcela Sul recebe o deslocamento da Massa Equatorial Continental (mEc), que atua fortemente nos meses de primavera e verão austrais (BORSATO e MASSOQUIM, 2020). A primeira está relacionada diretamente à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), enquanto a segunda está associada à parcela mais a Norte da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e, ambas, são responsáveis pelos principais processos relacionados à formação de condições de chuva na biorregião ora analisada.

Nessa composição da dinâmica climatológica do CEB, encontram-se, ainda, participações de uma banda de distribuição da mEa, com o desenvolvimento de ventos provenientes do Oeste da África, o que configura os eventos relacionados aos Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), que condicionam a ocorrência de chuvas esporádicas na área analisada, sobretudo entre os meses de maio e agosto. Contudo a distribuição dos eventos de precipitação concentra-se ao longo da faixa costeira e marinha, já que não possui condições físicas de interiorização expressiva da umidade continente adentro. Some-se a isso a presença de doldrums ou zonas de calmaria (BARRY; CHORLEY, 2012), que atuam na faixa equatorial, e próxima a ela, no Norte do CEB.

As faixas de instabilidade, que são sistemas atmosféricos preconizadores de eventos severos de precipitação, são comuns em todo o CEB, principalmente entre os meses de dezembro e abril, com a forte penetração da ZCIT do litoral em direção às áreas continentalizadas. Nesse mesmo período do ano, são igualmente formatadas condições para o desenvolvimento de Vórtices Ciclônico de Altos Níveis (VCANs), que embora sua gênese e centralidade estejam fora do CEB, acabam por ter interferência direta que concorrem para a ocorrência de episódios pluviométricos bastante intensos (DIAS e COSTA, 2020).

Ademais, outros processos cíclicos de natureza global e que envolvem diretamente as teleconexões oceano-atmosfera são imprescindíveis para a definição de ciclos de pluviosidade e de secas na porção Leste Amazônica (SOUZA et al., 2000). Um deles, e de interferência direta no CEB, é o Dipolo do Atlântico, que, através de ciclos de aquecimento ou resfriamentos sucessivos e acoplados entre as porções atlânticas Norte e Sul, podem diminuir ou aumentar a quantidade de água que adentra pela atmosfera regional. Em outro segmento, o fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS), pode concorrer para chuvas acima das normais históricas para toda a biorregião em sua fase fria, denominada *La Niña*, ou favorecer a ocorrência de secas pela maior incidência de evapotranspiração em sua fase fria, o *El Niño* (GRIMM e TEDESCHI, 2004; COSTA et al., 2021). Quando ambas as

teleconexões estão em segmentos acoplados, secas extremas ou períodos de pluviosidade e cheias expressivos acontecem.

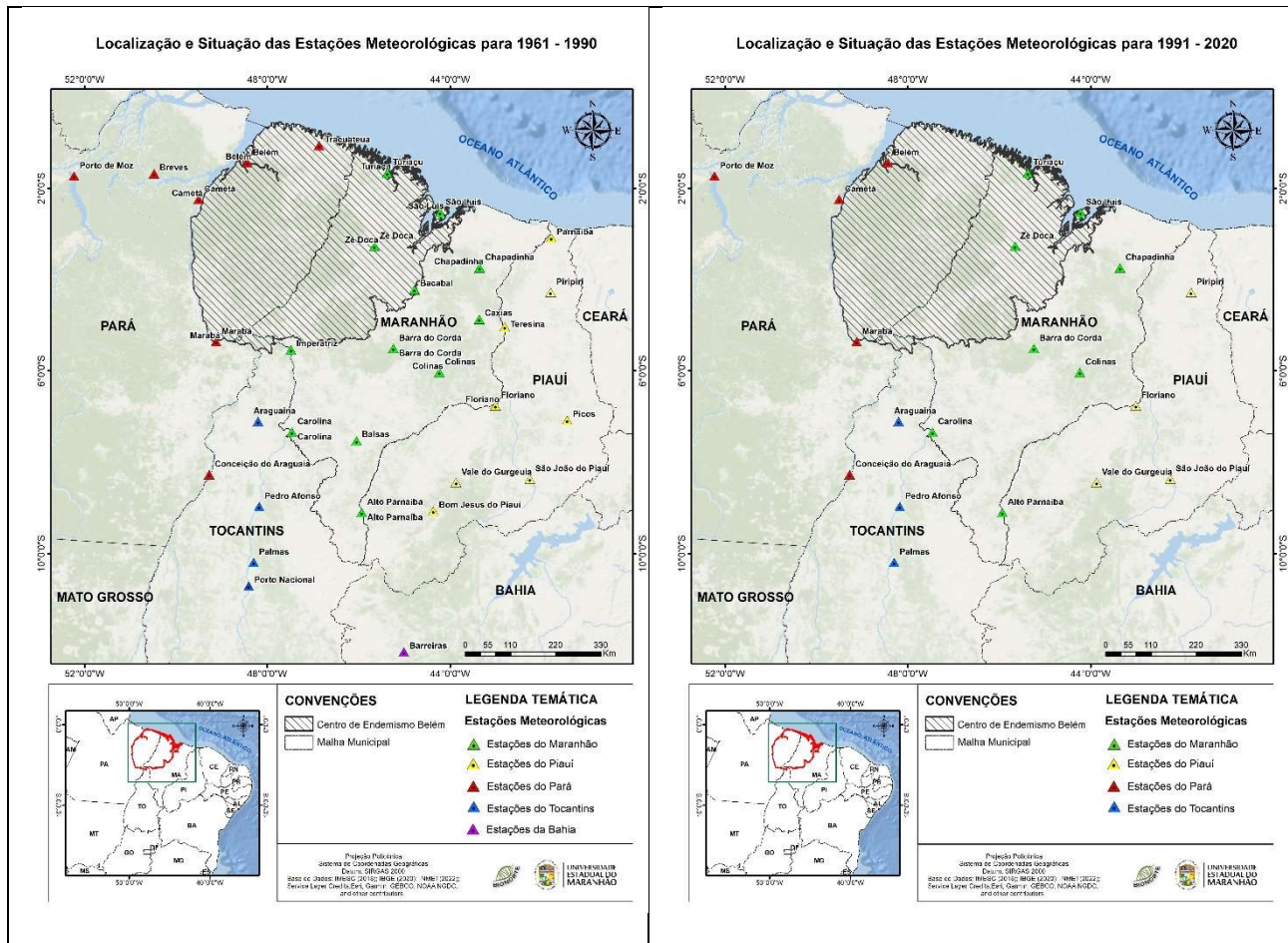
Essa indicação descritiva e objetiva dos sistemas relativos à dinâmica atmosférica atuante sobre o CEB é importante para fins de contextualização, já que esses são processos que estão diretamente relacionados a padrões zonais e, por isso mesmo, padrões globais de circulação das componentes aerológicas. Contudo, regionalmente, deve-se considerar outro fator preponderante para o entendimento da dinâmica climática: os padrões e processos de uso e cobertura da terra. Evidentemente, tal fator é histórico e requer uma avaliação multitemporal pautada na análise e espacialização das normais climatológicas estabelecidas para cada ponto de monitoramento das condições atmosféricas com estações meteorológicas que registraram a sucessão habitual de seus estados por no mínimo trinta anos consecutivos, conforme definidos em pressupostos metodológicos da Climatologia Geográfica (SANT'ANNA NETO, 2013; ZAVATTINI e BOIN, 2013; MONTEIRO, 2015).

Conforme relatado no item “3. Materiais e Métodos”, foram adotadas estações meteorológicas nos estados do Maranhão, Pará, Tocantins, Ceará e até Bahia para melhorar a acurácia das isolinhas relativas aos dados climáticos de longo prazo, recortados para a área de trabalho. Dessa forma, foi possível obter dados de precipitação total, dias com precipitação, temperaturas mínima e máxima, bem como, através deles, calcular a evapotranspiração potencial de cada estação e o índice hídrico, o índice de aridez e índice de umidade, sendo este último relativo à configuração da classificação climática segundo o modelo adotado. Isso feito para as duas normais climatológicas de referência (1961-1990 e 1991-2020).

A Figura 26 apresenta a disposição espacial de cada ponto (estação meteorológica) que serviu geograficamente para estabelecimento dos índices retromencionados para a configuração de duas normais climatológicas, a de 1961 a 1990 e a de 1991 a 2020. Elas são consideradas indispensáveis para avaliar o ritmo das alterações climáticas expressas no CEB. Observa-se no mapa que há poucas estações presentes na poligonal interna do CEB, bem como nas porções externas, porém próximas aos seus limites físicos.

Assim, para prosseguir nas análises sob a perspectiva da Climatologia Geográfica, foi considerada a proposta metodológica relatada por COSTA et al. (2021) que indica a possibilidade de trabalhar com o número máximo de estações meteorológicas com dados contínuos para 30 anos ou mais. Justifica-se tal premissa pela maior distribuição espacial dos dados, que desencadeiam maior precisão na interpolação de dados e, conseqüentemente, na cartografia de distribuição de tipos climáticos regionais.

**Figura 26:** Mapa de localização geográfica das estações meteorológicas oficiais adotadas para o estabelecimento dos índices climáticos para a classificação das tipologias de climas do Centro de Endemismo Belém.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Dentre todos os elementos formadores do clima de uma localidade, a pluviometria (ou precipitação) é um dos que mais se destacam, tendo em vista os potenciais riscos que os eventos chuvosos podem ocasionar no desenvolvimento das atividades humanas, bem como na manutenção ou desequilíbrio dos ecossistemas. Isso é configurado por serem as chuvas a materialização dos principais fenômenos capazes de adicionar água aos sistemas ambientais nas regiões intertropicais, como é o caso do CEB. A isso é somado o direcionamento de esforços para contenção de riscos e perigos integrados, evidentemente a partir do entendimento de seu ritmo e de suas dinâmicas ao longo do tempo.

As precipitações acumuladas mensais servem como indicativo de tendências meteorológico-climatológicas para o planejamento territorial, bem como para os processos de uso e ocupação dos territórios disponíveis. Nesse sentido, após a sistematização de dados de pluviometria para as estações meteorológicas do CEB com dados para as normais climatológicas de 1961-1990 e 1991-2020, foram

elaborados mapas de distribuição espacial dos volumes médios de chuvas para cada um desses períodos, os quais estão dispostos respectivamente na Figura 27 e na Figura 28.

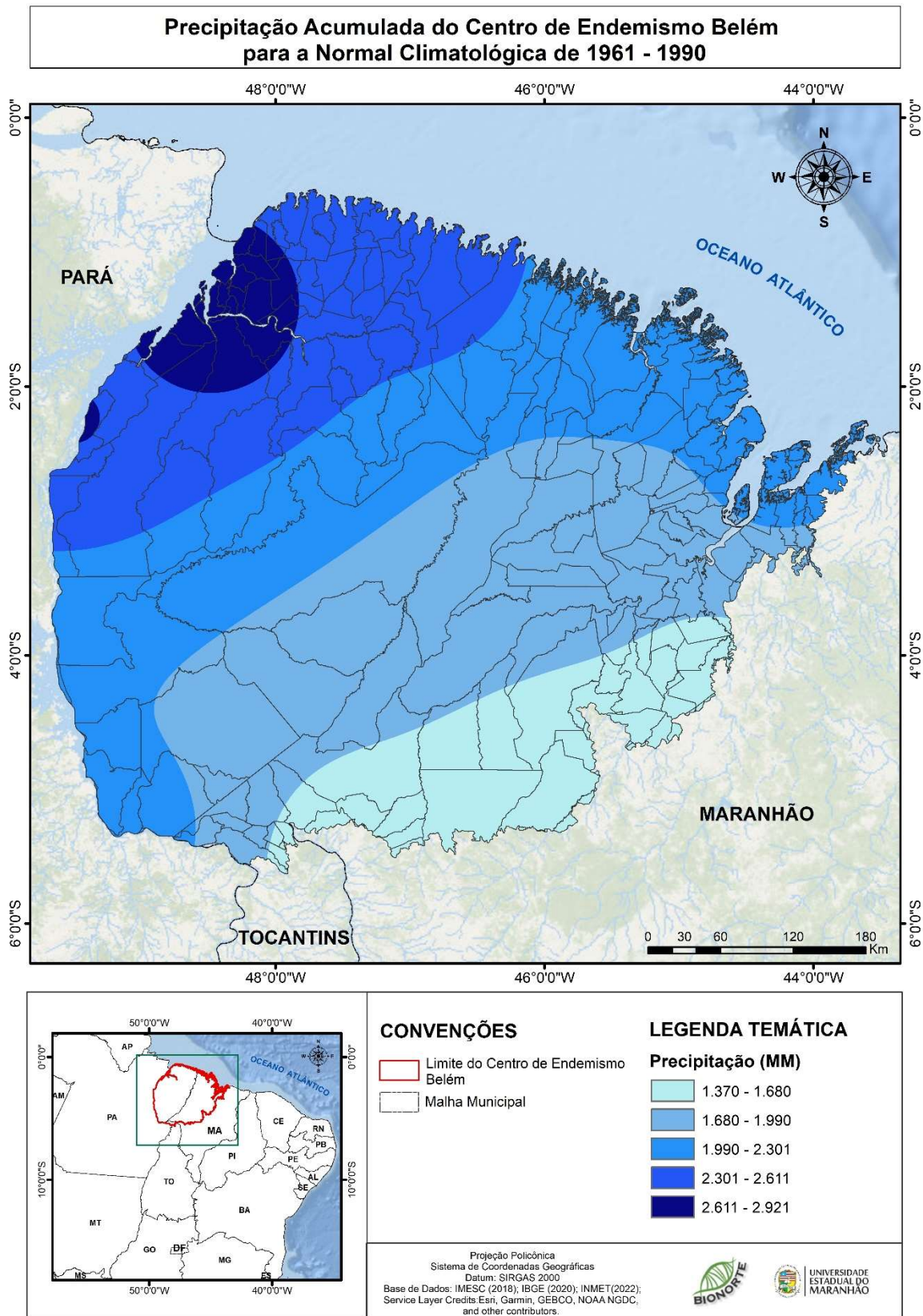
Nota-se que os valores mínimos de precipitação registrados para a região biogeográfica sob análise são pouco alterados, isso se forem comparadas ambas as normais climatológicas. Enquanto que entre 1961 e 1990 os menores registros de precipitação por área mapeada estavam em 1.370 mm/ano, entre 1991 e 2020 os números absolutos apontavam para um volume de 1.362 mm/ano, ou seja, uma redução de apenas 7 mm entre os períodos analisados, o que representa uma variação negativa na ordem de apenas 0,6. Tal número é considerado ínfimo para a realidade regional, se for observado apenas esse dado isoladamente.

Já os volumes máximos de precipitações pluviométricas no CEB variaram de 2.921 mm/ano na primeira normal para 3.308 mm/anuais na segunda, o que perfaz um aumento já considerado significativo, na ordem de 387 mm no lapso temporal de sessenta anos analisados, o que corresponde a uma variação positiva de 11,7% nos máximos pluviométricos registrados para a biorregião. Objetivamente, houve aumento da pluviometria regional, sobretudo em áreas situadas no Noroeste do Centro de Endemismo Belém, área que ainda possui núcleos expressivos de cobertura vegetal florestal, conforme será visto em tópico próprio posteriormente neste trabalho.

Contudo, comparativamente, houve alterações na distribuição das chuvas no conjunto paisagístico estudado. A variável número de dias com precipitação apresenta indicativos de variação na ordem de -7,8% em relação ao número mínimo de dias com registros de chuva, ou oito dias no cômputo geral entre a segunda e a primeira normal climatológica, enquanto os volumes máximos variaram 1,4% positivamente. Esse demonstrativo de alterações na distribuição geográfica dos ritmos de dias com precipitação está disposto na Figura 29 e na Figura 30.

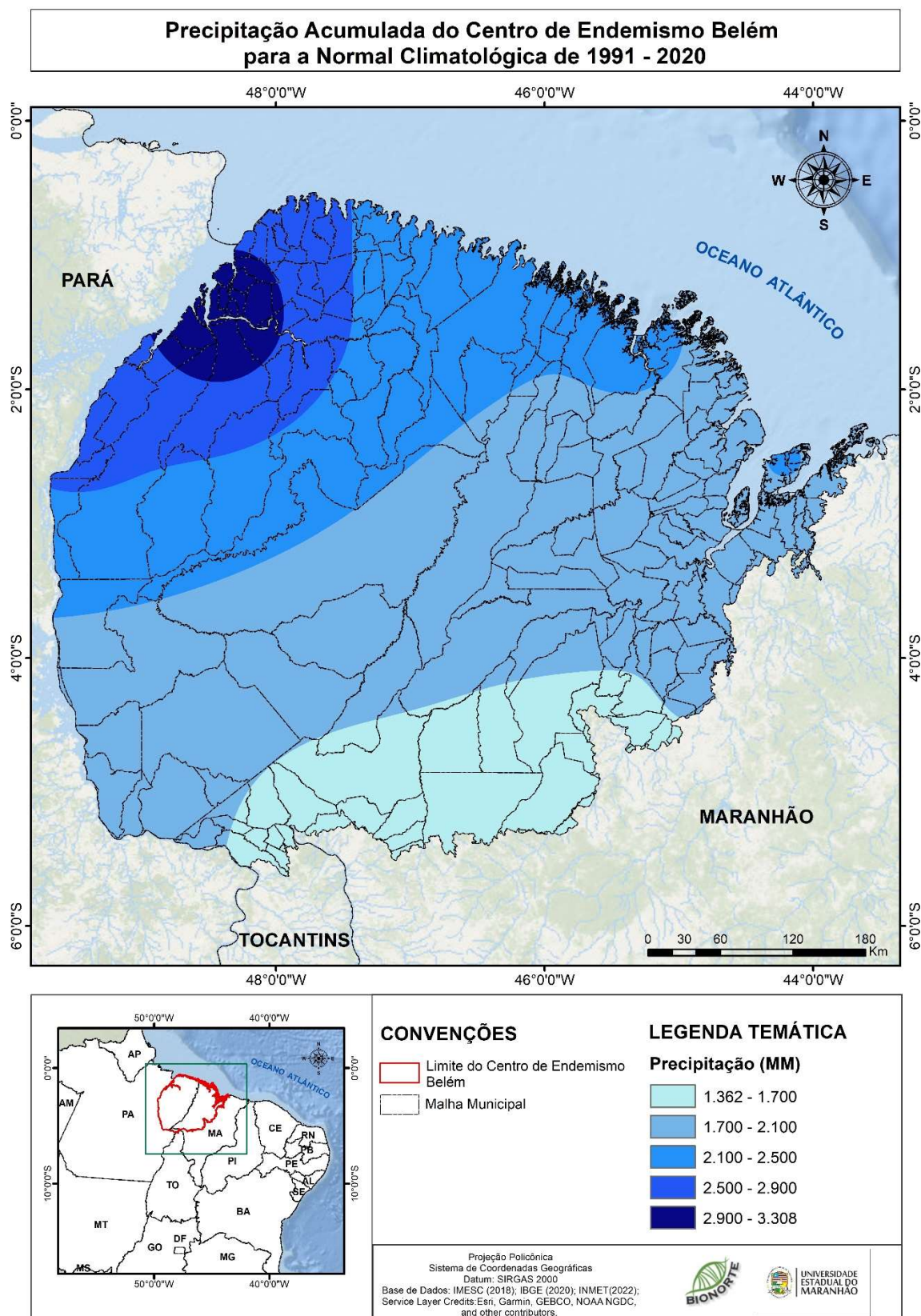


**Figura 27:** Mapa dos volumes médios de precipitação anual acumulada no Centro de Endemismo Belém referente à normal climatológica 1961-1990.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).

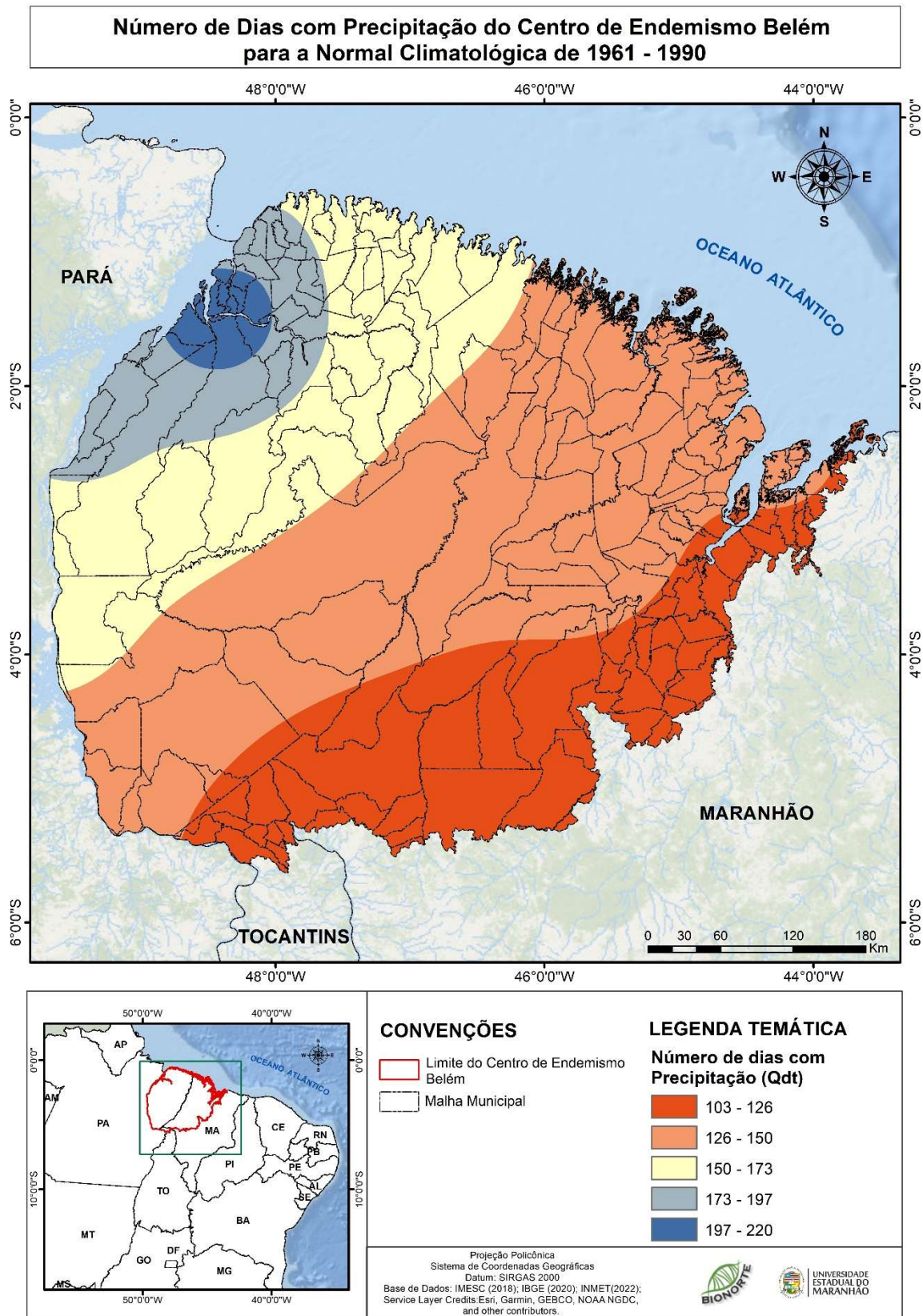
**Figura 28:** Mapa dos volumes médios de precipitação anual acumulada no Centro de Endemismo Belém referente à normal climatológica 1991-2020.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

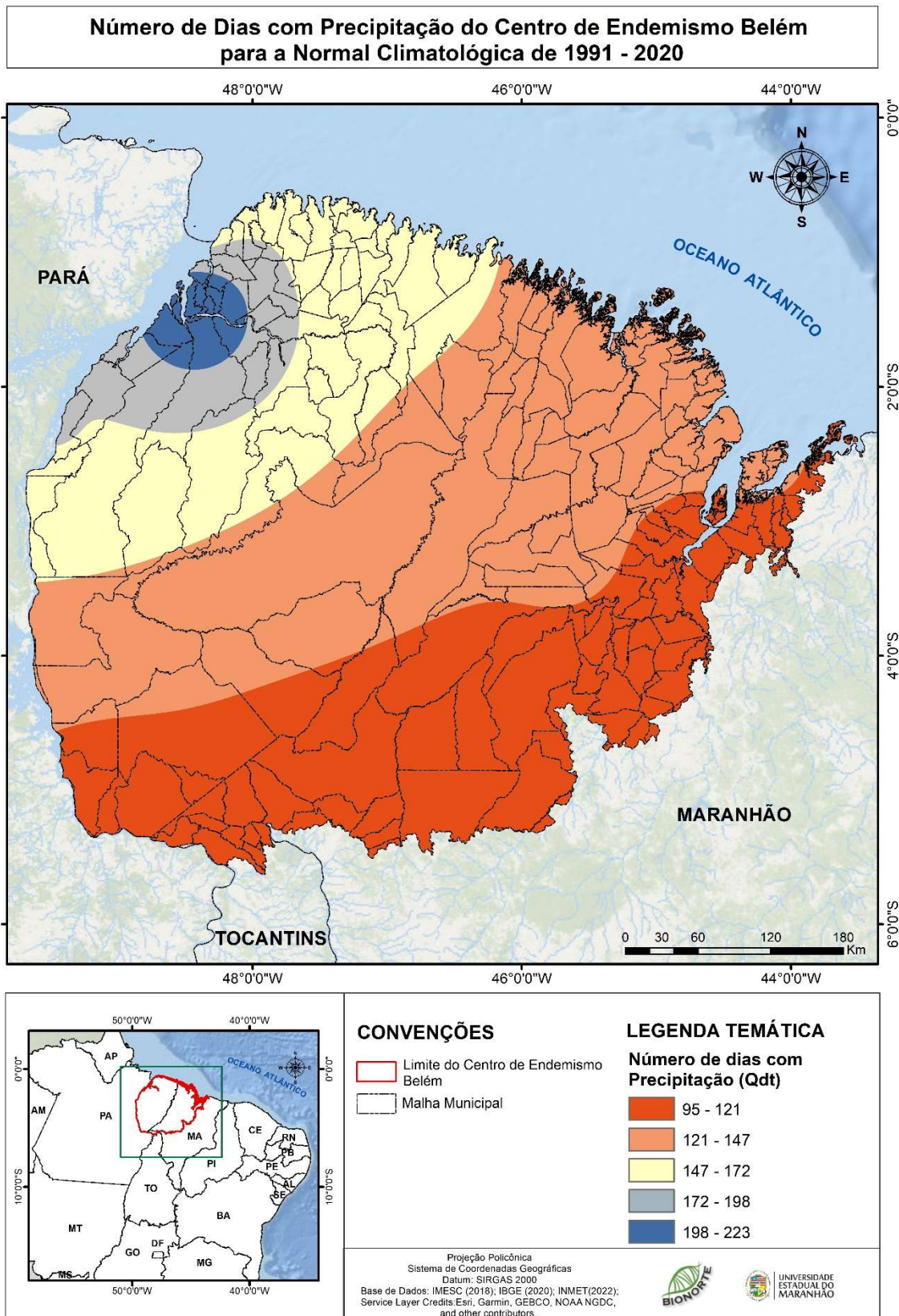


**Figura 29:** Número de dias com precipitações registradas no Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1961-1990.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Figura 30:** Número de dias com precipitações registradas no Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1991-2020.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

A indicação de um leve deslocamento das isolinhas relativas às alterações de dias com precipitações de Centro-Leste para Norte-Noroeste do CEB pode ser aprioristicamente interpretado como um indicativo de variabilidade climática. Estatisticamente, ao ultrapassar o limiar de 5% em relação aos padrões da primeira normal climatológica para esse índice, tem-se uma leve alteração das dinâmicas dos sistemas atmosféricos atuantes regionalmente. Contudo, conforme apontado anteriormente, as chuvas são consideradas elementos condicionados por fatores sobretudo externos à região de trabalho, sendo elas configuradas pelo acomplamento de diversos sistemas atmosféricos, muitos deles de extensão zonal, ou seja, que abarcam áreas de milhões de quilômetros quadrados. Assim, as alterações vistas podem não ter uma explicação regional, apenas.

Em prosseguimento, os dados levantados nas estações meteorológicas para a espacialização das normais climatológicas 1961-1990 e 1991-2020 para temperaturas mínimas (Figura 31 e Figura 32) e temperaturas máximas (Figura 33 e Figura 34) indicam que houve para o intervalo indicado alterações no sistema termodinâmico regional (MONTEIRO, 2015). Senão veja-se: entre a primeira e a segunda normais, houve um aumento das mínimas dos índices de menores temperaturas medidas na ordem de 1,1°C, enquanto que as maiores temperaturas mínimas estabelecidas saltaram de 23,3°C para 24,4°C, registrando aumento idêntico às mínimas.

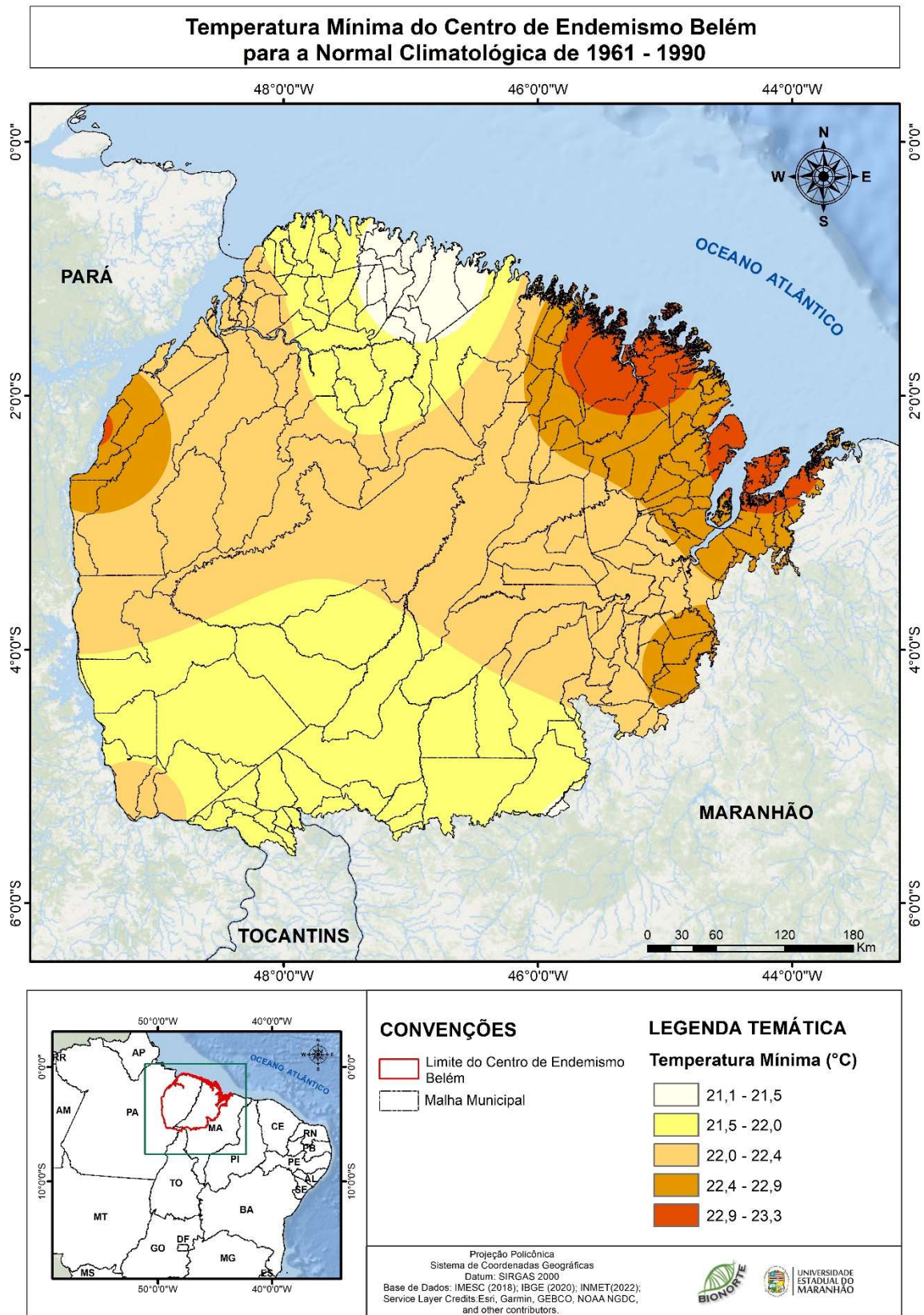
Tal constatação aponta para noites mais quentes entre 1991-2020 em relação a 1961-1990, com variação positiva de temperaturas na ordem de 5,2%. Requer lembrar que, para o bom desenvolvimento fenológico da vegetação, as temperaturas mínimas são indispensáveis. Sua alteração pode indicar problemas de médio e longo prazos para a manutenção tanto das comunidades botânicas que compõem as coberturas vegetais nativas, quanto daquelas relativas às áreas alteradas ou em estágios diferentes de recomposição paisagística, bem como das áreas de cultivos agrícolas.

Uma área do CEB teve visivelmente as maiores alterações de distribuição de temperaturas mínimas, comparativamente: o Noroeste da biorregião, especificamente as Reentrâncias Paraenses, com alterações na ordem de até 3,3°C. Embora cartograficamente pareça que a porção Sul também tenha passado por rápida subida de temperaturas mínimas, ela permanece quantitativamente quase inalterada, já que essa área já é de ocupação consolidada e de supressão vegetal mais antiga, desde a década de 1960. Contudo a maior parte do CEB é inserido numa poligonal que tem temperaturas mínimas que alcançam entre 23,5°C e 23,9°C na última normal climatológica, algo que, para a anterior, possuía um predomínio de temperaturas mínimas na faixa de 22,4°C a 22,9°C.

Quanto às temperaturas máximas, geralmente registradas à tarde, por volta das 15h locais, as mínimas registradas para a primeira normal foram de 30,3°C, enquanto que para a segunda esse patamar foi de 31,5°C. Essa foi uma alteração de 1,2°C, apontando variação positiva de 4,1% entre ambos os períodos analisados.

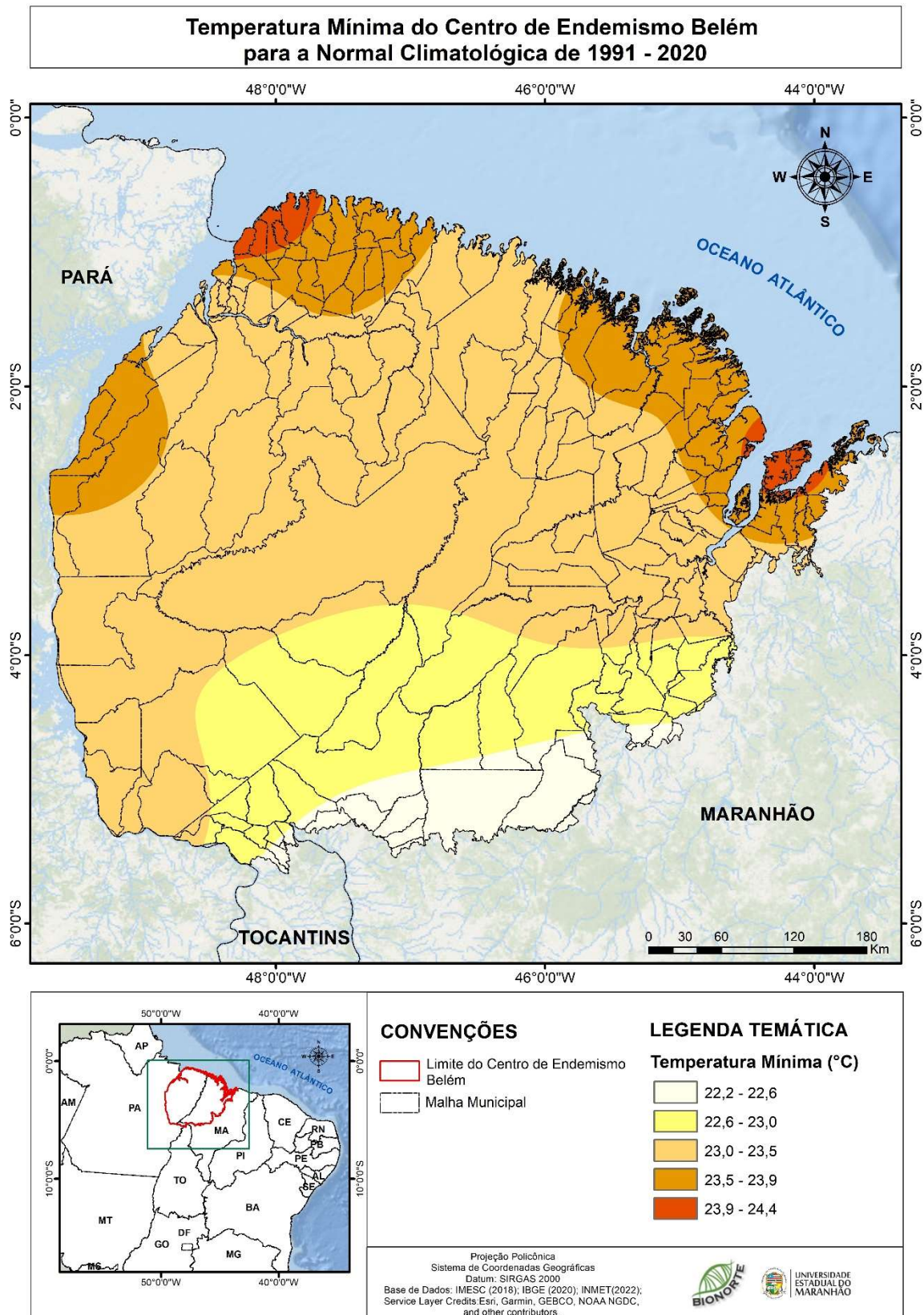


**Figura 31:** Temperaturas mínimas espacializadas no Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1961-1990.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

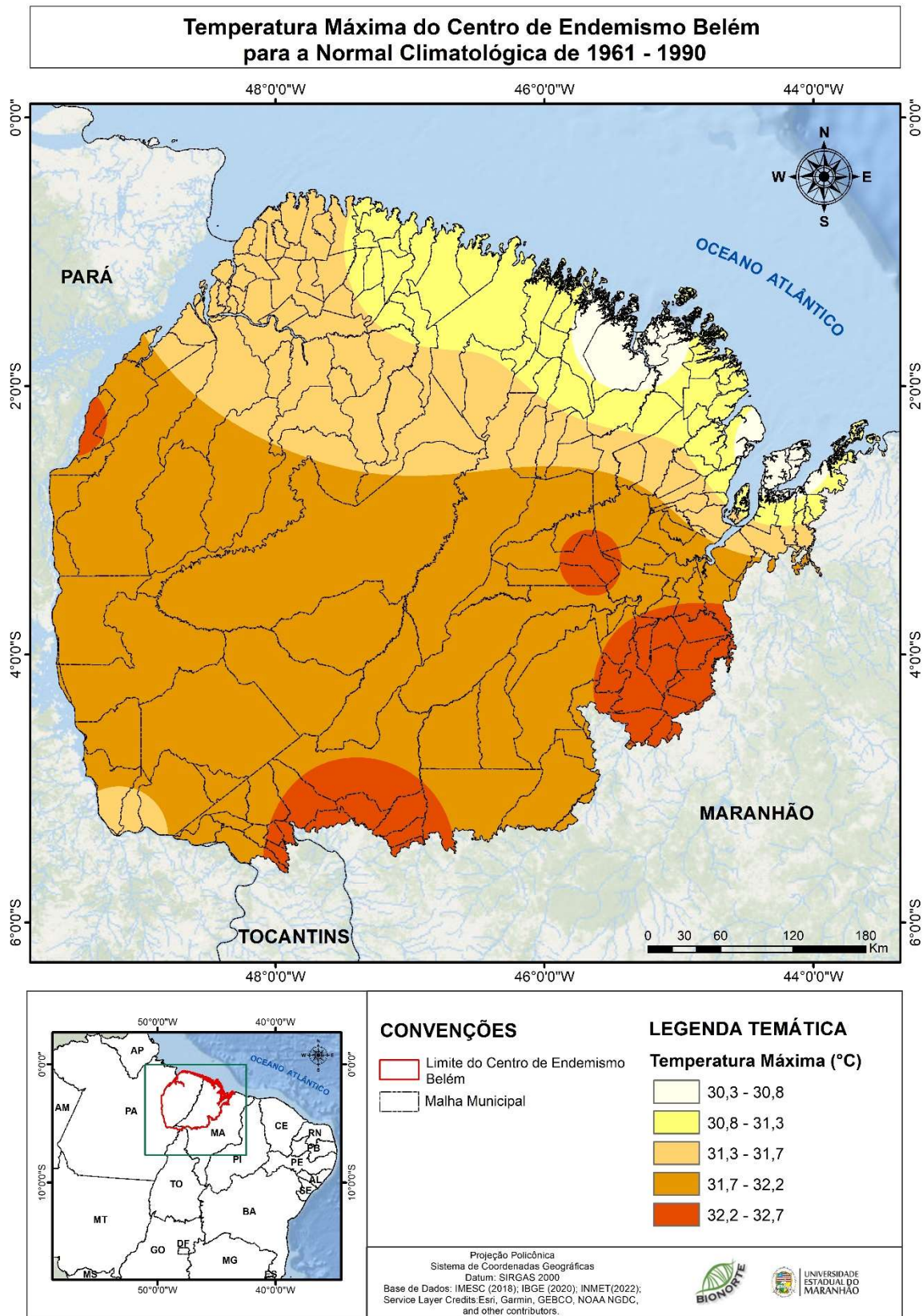
**Figura 32:** Temperaturas mínimas espacializadas no Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1991-2020.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).



**Figura 33:** Temperaturas máximas espacializadas no Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1961-1990.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Figura 34:** Temperaturas máximas espacializadas no Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1991-2020.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).

As máximas temperaturas aferidas para o primeiro período chegaram a 32,7°C, enquanto que para o segundo atingiu 34,5°C. Esse acréscimo de 1,8°C, ou seja, uma variação absoluta de 5,5%, aponta para dois cenários climatológicos delicados:

- a) o primeiro cenário está diretamente relacionado a um aumento real das temperaturas regionalmente, possivelmente associado a processos de supressão das coberturas vegetais nativas, fragmentação das paisagens e ampliação das matrizes espaciais produtivas no CEB;
- b) o segundo cenário é derivado da estabilização da distribuição das altas temperaturas no CEB em um corredor Leste – Oeste, de sentido Sul para Norte. Parece haver certo arrefecimento das complicantes térmicas em função da proximidade do sistema costeiro e marinho, ao passo que os efeitos de continentalidade podem concorrer para aumento ainda maior da distribuição de ilhas de calor regionais, haja vista ser essa área a de maior concentração de tipologias de usos diversificados de toda a região biogeográfica em questão.

A construção da classificação climática do CEB, pautada nos pressupostos metodológicos de THORNTWAITE (1948) e em THORNTWAITE e MATHER (1955), apresentam total aderência com a construção dos modelos de evapotranspiração potencial que conduzem à indicação da distribuição das dinâmicas atmosféricas em uma região. Os procedimentos correlatos a esse método garantem maior confiança quanto à espacialização de dados, o que concorre para sua franca aceitação do método aplicado a várias partes do Brasil (SOUZA et al., 2013; SOUTO et al., 2017; LOUZADA, XAVIER e PEZZOPANE, 2018; BARBOSA, 2023).

Ressalta-se que o modelo de classificação climática adotado nesta pesquisa busca, através da evapotranspiração potencial (ETP), estabelecer índices de umidade e índices de eficiência térmica para cada estação meteorológica. Estas são, ao mesmo tempo, pontos de coleta de dados a serem sistematizados, bem como pontos de controle das condições atmosféricas de longo prazo desenvolvidas sobre marcos territoriais. Outrossim, os indicadores apontados foram calculados a partir do balanço hídrico climatológico, já que ele fornece dados de disponibilidade hídrica no meio analisado, isso pelo cálculo do excedente hídrico, deficiência hídrica e armazenamento, retirada e reposição de água no solo.

Dessa feita, são obtidos os valores correspondentes a disponibilidade hídrica, no qual se insere o índice hídrico (IH), o índice de aridez (IA) e o índice de umidade (IU), que são expressos nas equações 1, 2 e 3 para definir cada um deles, conforme a descrição a seguir:



$$\text{Índice Hídrico} = (\text{Excedente} / \text{Evapotranspiração Potencial}) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Índice de Aridez} = (\text{Deficiência} / \text{Evapotranspiração Potencial}) \times 100 \quad (2)$$

$$\text{Índice de Umidade} = (\text{Índice Hídrico} - 0,6) \times \text{Índice de Aridez} \quad (3)$$

O índice de eficiência térmica é determinado pelo percentual de evapotranspiração potencial referente aos três meses mais quentes ou com as temperaturas mais elevadas consecutivas ao longo do ano (SILVA, 2015). Com o auxílio de técnicas computacionais, os tipos climáticos foram determinados a partir do grau do índice de umidade e da eficiência térmica, sendo delimitados a partir das categorias estabelecidas pelo valor do índice e pela evapotranspiração potencial.

Com os dados obtidos para cada estação meteorológica no que concerne ao seu Índice de Umidade, que varia de -100 a 100, ou seja, de árido a superúmido (Tabela 6), é possível associar cada localidade a uma tipologia climática. Após, por procedimentos de interpolação, esses indicadores de classificação dos espaços pela modelagem climática são especializados. Convém ressaltar que o valor do IU é o que determina a primeira letra da classificação e o tipo de clima. Já o IH e o IA determinam o subtipo climático, ou seja, a segunda letra da classificação e o valor do coeficiente de eficiência determina a última letra.

**Tabela 6:** Parâmetros alfanuméricos de correlação entre índices de umidade e tipologias climáticas segundo o modelo de Thorntwaite (1948) modificado por Thorntwaite e Matter (1955).

| SÍMBOLO | TIPO CLIMÁTICO   | ÍNDICE DE UMIDADE |
|---------|------------------|-------------------|
| A       | Superúmido       | Acima de 100      |
| B4      | Úmido            | 80 a 100          |
| B3      | Úmido            | 60 a 80           |
| B2      | Úmido            | 40 a 60           |
| B1      | Úmido            | 20 a 40           |
| C2      | Subúmido Chuvoso | 0 a 20            |
| C1      | Subúmido Seco    | -33,3 a 0         |
| D       | Semiárido        | -66,7 a -33,3     |
| E       | Árido            | -100 a -66,7      |

**Fonte:** Adaptado de Mendonça e Danni-Oliveira (2007).

O IA expressa a deficiência hídrica no território através da interpolação estabelecida entre três ou mais estações meteorológicas com normais completas. Ao variar de 0 a 100%, esse indicador associa-se claramente ao IU, que é definido pela relação percentual entre o excesso de água e a evapotranspiração potencial calculada para cada ponto de mensuração. A Tabela 7 e a Tabela 8 apresentam os dispositivos classificatórios complementares para a metodologia ora adotada.

**Tabela 7:** Subtipos Climáticos conforme aplicação dos índices de aridez e hídrico por Thornthwaite e Mather (1955).

| Climas Úmidos (A, B, C2) |                                        |         | Climas Secos (C1, D, E) |                                     |         |
|--------------------------|----------------------------------------|---------|-------------------------|-------------------------------------|---------|
| Índice de Aridez (IA)    | Classificação                          | Símbolo | Índice Hídrico (IU)     | Classificação                       | Símbolo |
| 0 a 16,7                 | Pequena ou nenhuma deficiência hídrica | r       | 0 a 10                  | Pequeno ou nenhum excesso hídrico   | d       |
| 16,7 a 33,3              | Moderada deficiência de inverno        | S       | 10 a 20                 | Moderado excesso hídrico no inverno | S       |
| 16,7 a 33,3              | Moderada deficiência de verão          | W       | 10 a 20                 | Moderado excesso hídrico no verão   | W       |
| ≥33,3                    | Grande deficiência de inverno          | S2      | ≥20                     | Grande excesso hídrico no inverno   | S2      |
| ≥33,3                    | Grande deficiência de verão            | W2      | ≥20                     | Grande excesso hídrico no verão     | W2      |

Fonte: Adaptado de Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e Saraiva et al. (2018).

**Tabela 8:** Subdivisão climática pela evapotranspiração potencial anual segundo Thontwaite e Mather (1955).

| Tipo de Clima        | Evapotranspiração Potencial | Símbolos |
|----------------------|-----------------------------|----------|
| <b>Megatérmico</b>   | >1.140                      | A'       |
| <b>Mesotérmico</b>   | 1.140 a 997                 | B'4      |
| <b>Mesotérmico</b>   | 997 a 855                   | B'3      |
| <b>Mesotérmico</b>   | 855 a 712                   | B'2      |
| <b>Mesotérmico</b>   | 712 a 570                   | B'1      |
| <b>Microtérmico</b>  | 570 a 427                   | C'2      |
| <b>Microtérmico</b>  | 427 a 285                   | C'1      |
| <b>Tundra</b>        | 285 a 142                   | D'       |
| <b>Gelo Perpétuo</b> | <142                        | E'       |

Fonte: Adaptado de Mendonça e Danni – Oliveira (2007) e Saraiva et al. (2018).

Assim, após procedidos os cálculos para a obtenção dos índices retromencionados, a Tabela 9 e a Tabela 10 apresentam, respectivamente, a situação de classificação de tipologia climática para cada estação meteorológica analisada para a normal climatológica de 1961 a 1990 e de 1991 a 2020. Por outro lado, a Figura 35 e a Figura 36 trazem a compilação dos dados levantados na forma de classificação climática para os dois períodos analisados, considerando apenas a identificação alfanumérica disposta na Tabela 6 (retromencionada), tendo em vista o nível de objetividade

pretendido para a realização da presente análise. E, por consequência, a Tabela 11 dispõe sobre cada tipo climático cartografado para as duas normais climatológicas em lide, com suas áreas totais.

**Tabela 9:** Classificação climática pelo modelo de Thonhwaite e Mather (1955) para as estações meteorológicas de referência para a normal climatológica 1961-1990.

| Estação               | Estado | IH    | IA    | IU     | SCT   | ETP Anual | Deficiência Hídrica | Classificação Climática | Descrição                                                                                                                                                                         |
|-----------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-----------|---------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Barreiras</b>      | BA     | 11,80 | 30,20 | -6,31  | 29,49 | 1.396,95  | 421,90              | <b>C1WA'a'</b>          | Subúmido seco, moderado excesso hídrico no verão, megatérmico, concentração de 29,49 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)          |
| <b>Alto Parnaíba</b>  | MA     | 18,37 | 34,53 | -2,35  | 29,04 | 1.600,80  | 552,80              | <b>C1WA'a'</b>          | Subúmido seco, com moderado excesso hídrico no verão, megatérmico, com o trimestre mais quente (setembro a novembro), com 29,04% de concentração de ETP                           |
| <b>Bacabal</b>        | MA     | 21,10 | 38,46 | -1,98  | 29,19 | 1.943,40  | 747,40              | <b>C1W2A'a'</b>         | Subúmido seco, com moderado excesso hídrico no verão, megatérmico, com o trimestre mais quente (setembro a novembro), com 29,04% de concentração de ETP                           |
| <b>Balsas</b>         | MA     | 9,25  | 36,01 | -12,36 | 28,43 | 1680,8    | 605,29              | <b>C1dA'a'</b>          | Subúmido seco, pequeno ou nenhum excesso hídrico, megatérmico, concentração de 28,43% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (agosto a outubro)              |
| <b>Barra do Corda</b> | MA     | 10,44 | 40,96 | -14,14 | 29,71 | 1.615,65  | 661,75              | <b>C1WA'a'</b>          | Subúmido seco, moderado excesso hídrico no verão, megatérmico, concentração de 29,17 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)          |
| <b>Carolina</b>       | MA     | 33,92 | 27,76 | 17,27  | 28,13 | 1624,5    | 450,90              | <b>C2SA'a'</b>          | Subúmido chuvoso, com moderada deficiência hídrica no inverno, megatérmico, concentração de 28,13% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (agosto a outubro) |
| <b>Caxias</b>         | MA     | 30,97 | 59,61 | -4,80  | 30,94 | 1866,3    | 1.112,51            | <b>C1W2A'a'</b>         | Subúmido seco, grande déficit hídrico no verão, megatérmico, concentração de 30,94% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)             |



| Estação           | Estado | IH     | IA     | IU    | SCT   | ETP Anual | Deficiência Hídrica | Classificação Climática | Descrição                                                                                                                                                                       |
|-------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------|---------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Chapadinha</b> | MA     | 34,16  | 41,02  | 9,55  | 29,71 | 1843,2    | 756,00              | <b>C2S2A'a'</b>         | Subúmido chuvoso, grande deficiência hídrica de inverno, megatérmico, concentração de 29,71% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)  |
| <b>Colinas</b>    | MA     | 17,92  | 38,44  | -5,15 | 29,25 | 1664,3    | 639,8               | <b>C1WA'a'</b>          | Subúmido seco, moderado excesso hídrico no verão, megatérmico, concentração de 29,25% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro e outubro)          |
| <b>Imperatriz</b> | MA     | 19,94  | 31,97  | 0,76  | 27,57 | 1742,5    | 557,0               | <b>C2SA'a'</b>          | Subúmido chuvoso, moderado deficiência hídrico no inverno, megatérmico, concentração de 27,57 de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro) |
| <b>São Luís</b>   | MA     | 65,005 | 30,858 | 46,49 | 27,27 | 1706,6    | 526,6               | <b>B2SA'a'</b>          | Úmido, moderada deficiência hídrica de inverno, megatérmico, concentração de 27,27% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)           |
| <b>Turialvo</b>   | MA     | 58,032 | 29,823 | 40,14 | 28,03 | 1733,2    | 516,9               | <b>B2WA'a'</b>          | Úmido, moderada deficiência hídrica no inverno, megatérmico, concentração de 28,03% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (outubro a dezembro)            |
| <b>Zé Doca</b>    | MA     | 29,39  | 32,803 | 9,71  | 28,50 | 1805,7    | 592,3               | <b>C2SA'a'</b>          | Subúmido chuvoso, moderada deficiência hídrica de inverno, megatérmico, concentração de 28,50% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (outubro a dezembro) |
| <b>Belém</b>      | PA     | 74,24  | 1,33   | 73,45 | 26,06 | 1689,7    | 22,4                | <b>B3rA'a'</b>          | Úmido, pequena ou nenhuma deficiência hídrica, megatérmico, concentração de 26,06 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (outubro a dezembro)            |
| <b>Breves</b>     | PA     | 50,29  | 10,73  | 43,85 | 26,45 | 1671,7    | 179,3               | <b>B2rA'a'</b>          | Úmido, pequena ou nenhuma deficiência hídrica, megatérmico, concentração de 26,45 % de evapotranspiração potencial para o trimestre                                             |

| Estação                   | Estado | IH    | IA    | IU     | SCT   | ETP Anual | Deficiência Hídrica | Classificação Climática | Descrição                                                                                                                                                                      |
|---------------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           |        |       |       |        |       |           |                     |                         | mais quente (outubro a dezembro)                                                                                                                                               |
| <b>Cametá</b>             | PA     | 51,75 | 12,66 | 44,16  | 27,01 | 1893,3    | 239,7               | <b>B2rA'a'</b>          | Úmido, pequena ou nenhuma deficiência hídrica, megatérmico, concentração de 27,01 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (outubro a dezembro)           |
| <b>Marabá</b>             | PA     | 40,82 | 40,51 | 16,51  | 25,70 | 2167,5    | 878,1               | <b>C2S2A'a'</b>         | Úmido, grande deficiência hídrica no inverno, megatérmico, concentração de 25,70 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (de agosto a outubro)           |
| <b>Tracuateua</b>         | PA     | 89,79 | 22,50 | 76,29  | 22,50 | 1552,5    | 349,3               | <b>B3SA'a'</b>          | Úmido, moderada deficiência hídrica no inverno, megatérmico, concentração de 22,50% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (de outubro a dezembro)        |
| <b>Porto Nacional</b>     | TO     | 25,42 | 29,35 | 7,81   | 37,22 | 1729,2    | 507,5               | <b>C2SA'a'</b>          | Subúmido chuvoso, moderada deficiência hídrica no inverno, megatérmico, concentração de 37,22 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (agosto a outubro) |
| <b>Bom Jesus do Piauí</b> | PI     | 2,355 | 37,33 | -20,04 | 30,53 | 1681,4    | 627,6               | <b>C1dA'b'3</b>         | Subúmido seco, pequeno ou nenhum excedente hídrico, megatérmico, concentração de 30,53% de evapotranspiração potencial para o semestre mais quente (setembro a novembro)       |
| <b>Floriano</b>           | PI     | 0     | 50,62 | -30,37 | 30,82 | 1966,6    | 995,57              | <b>C1dA'b'2</b>         | Subúmido seco, pequeno ou nenhum excesso hídrico, megatérmico, concentração de 30,82% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)        |
| <b>Parnaíba</b>           | PI     | 35,94 | 46,23 | 8,21   | 27,78 | 1779,4    | 822,6               | <b>C2S2Aa'</b>          | Subúmido chuvoso, grande deficiência hídrica no verão, megatérmico, concentração de 27,78 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (outubro a dezembro)   |

| Estação         | Estado | IH    | IA    | IU     | SCT   | ETP Anual | Deficiência Hídrica | Classificação Climática | Descrição                                                                                                                                                                |
|-----------------|--------|-------|-------|--------|-------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Picos</b>    | PI     | 0,00  | 56,52 | -33,91 | 33,20 | 1920,3    | 1085,35             | <b>DdA'a'</b>           | Semiárido, com pequeno ou nenhum excesso hídrico, megatérmico, concentração de 33,20 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro) |
| <b>Teresina</b> | PI     | 17,03 | 45,73 | -10,41 | 30,75 | 1954,0    | 893,5               | <b>C1wA'a'</b>          | Subúmido seco, moderado excesso hídrico no verão, megatérmico, concentração de 30,75 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro) |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Tabela 10:** Classificação climática pelo modelo de Thonhwaite e Mather (1955) para as estações meteorológicas de referência para a normal climatológica 1991-2020.

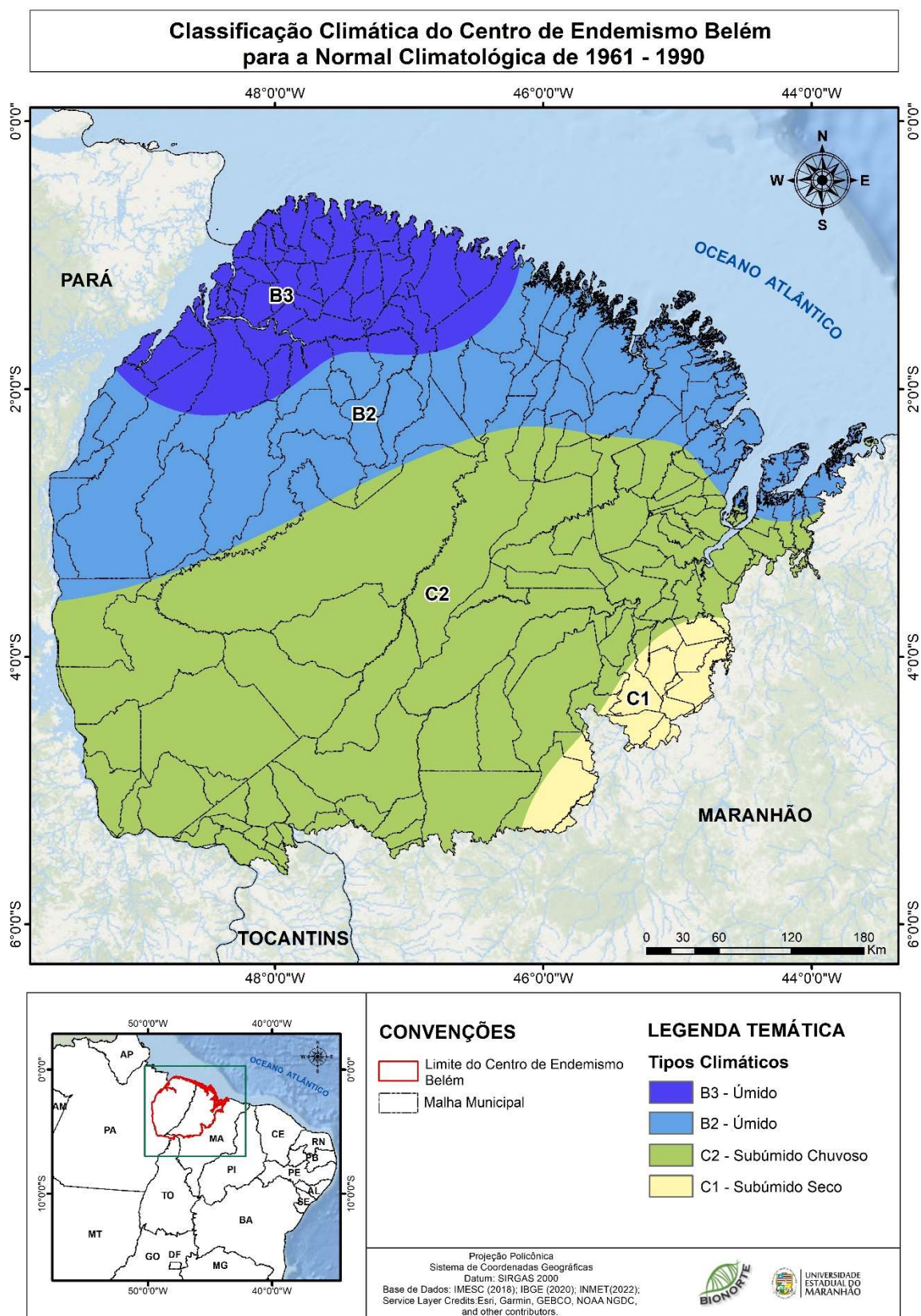
| Estação               | Estado | IH    | IA    | IU     | SCT   | ETP Anual | Deficiência Hídrica | Classificação Climática | Descrição                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-----------|---------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Alto Parnaíba</b>  | MA     | 7,21  | 47,40 | -21,23 | 31,48 | 2140,6    | 1014,7              | <b>C1dA'a'</b>          | Subúmido seco, pequeno ou nenhum excesso hídrico, megatérmico, com 31,48% de concentração de ETP no trimestre mais quente (setembro a novembro)                               |
| <b>Barra do Corda</b> | MA     | 3,74  | 54,05 | -28,69 | 31,08 | 2198,1    | 1188,1              | <b>C1dA'a'</b>          | Subúmido seco, pequeno ou nenhum excesso hídrico, megatérmico, com 31,06% de concentração de ETP no trimestre mais quente (setembro a novembro)                               |
| <b>Carolina</b>       | MA     | 20,23 | 45,99 | -7,36  | 30,13 | 2380,9    | 1.094,90            | <b>C1WA'a'</b>          | Subúmido seco, com moderado excedente hídrico no verão, megatérmico, concentração de 30,13% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro) |
| <b>Chapadinha</b>     | MA     | 23,99 | 48,31 | -5,00  | 28,47 | 2158,9    | 1.042,90            | <b>C1W2A'a'</b>         | Subúmido seco, grande excesso hídrico no verão, megatérmico, concentração de 28,47% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)         |
| <b>Colinas</b>        | MA     | 7,28  | 41,21 | -17,44 | 30,86 | 1875,9    | 773,0               | <b>C1dA'a'</b>          | Subúmido seco, pequeno ou nenhum excesso hídrico, megatérmico, concentração de 30,86% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)       |

| Estação               | Estado | IH     | IA     | IU     | SCT   | ETP Anual | Deficiência Hídrica | Classificação Climática | Descrição                                                                                                                                                                        |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-----------|---------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| São Luís              | MA     | 46,657 | 38,194 | 23,74  | 28,53 | 1951,9    | 745,5               | B1S2A'a'                | Úmido, grande deficiência hídrica de inverno, megatérmico, concentração de 28,56% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (outubro a dezembro)               |
| Turiaçu               | MA     | 45,983 | 39,245 | 22,44  | 27,13 | 2037,7    | 799,7               | B1S2A'a'                | Úmido, grande deficiência hídrica no inverno, megatérmico, concentração de 43% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (outubro a dezembro)                  |
| Zé Doca               | MA     | 26,795 | 43,521 | 0,68   | 28,37 | 2173,9    | 946,1               | C2S2A'a'                | Subúmido chuvoso, grande deficiência hídrica de inverno, megatérmico, concentração de 28,37% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (outubro a dezembro)    |
| Belém                 | PA     | 73,68  | 7,22   | 69,34  | 26,02 | 1987,1    | 143,5               | B3rA'a'                 | Úmido, pequena ou nenhuma deficiência hídrica, megatérmico, concentração de 26,02 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)            |
| Cametá                | PA     | 50,07  | 33,53  | 29,95  | 26,80 | 2247,4    | 753,6               | B1W2A'a'                | Úmido, grande deficiência hídrica no inverno, megatérmico, concentração de 26,80 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)             |
| Conceição do Araguaia | PA     | 17,25  | 46,12  | -10,42 | 27,92 | 2451,0    | 1130,3              | C1WA'a'                 | Subúmido Seco, com moderado excesso hídrico no verão, megatérmico, concentração de 27,92 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)     |
| Marabá                | PA     | 19,09  | 44,19  | -7,43  | 27,75 | 2384,8    | 1053,8              | C1WA'a'                 | Subúmido chuvoso, moderado excesso hídrico no verão, megatérmico, concentração de 27,75 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)      |
| Porto do Moz          | PA     | 36,06  | 30,11  | 17,99  | 28,00 | 2174,3    | 654,7               | C2SA'a'                 | Subúmido Chuvoso, com moderada deficiência hídrica no inverno, megatérmico, concentração de 28% de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (outubro a dezembro) |

| Estação                  | Estado | IH    | IA    | IU     | SCT   | ETP Anual | Deficiência Hídrica | Classificação Climática | Descrição                                                                                                                                                                |
|--------------------------|--------|-------|-------|--------|-------|-----------|---------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Araguaína</b>         | TO     | 30,09 | 30,92 | -29,91 | 27,64 | 1776,6    | 549,3               | <b>C1W2A'a'</b>         | Subúmido seco, grande excesso hídrico no verão, megatérmico, concentração de 27,64 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)   |
| <b>Palmas</b>            | TO     | 19,25 | 46,99 | -8,94  | 31,26 | 2421,3    | 1137,8              | <b>C1WA'a'</b>          | Subúmido seco, moderado excesso hídrico no verão, megatérmico, concentração de 31,26 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (agosto a outubro)    |
| <b>Pedro Afonso</b>      | TO     | 17,83 | 41,09 | -6,82  | 29,04 | 2168,9    | 891,1               | <b>C1WA'a'</b>          | Subúmido seco, moderado excedente hídrico no verão, megatérmico, concentração de 29,04 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (agosto a outubro)  |
| <b>Floriano</b>          | PI     | 0,00  | 53,36 | -32,01 | 31,91 | 1860,1    | 992,5               | <b>C1dA'a'</b>          | Subúmido seco, pequeno ou nenhum excesso hídrico, megatérmico, concentração de 31,91 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro) |
| <b>Piripiri</b>          | PI     | 15,08 | 55,31 | -18,11 | 30,03 | 2357,7    | 1304,1              | <b>C1WA'a'</b>          | Subúmido seco, moderado excesso hídrico no verão, megatérmico, concentração de 30,03 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro) |
| <b>São João do Piauí</b> | PI     | 0,00  | 76,60 | -45,96 | 32,61 | 2773,5    | 2124,5              | <b>DdA'a'</b>           | Semiárido, pequeno ou nenhum excesso hídrico, megatérmico, concentração de 32,61 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro)     |
| <b>Vale do Gurguéia</b>  | PI     | 0,00  | 53,36 | -32,01 | 31,91 | 1860,1    | 992,5               | <b>C1dA'a'</b>          | Subúmido seco, pequeno ou nenhum excesso hídrico, megatérmico, concentração de 31,91 % de evapotranspiração potencial para o trimestre mais quente (setembro a novembro) |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

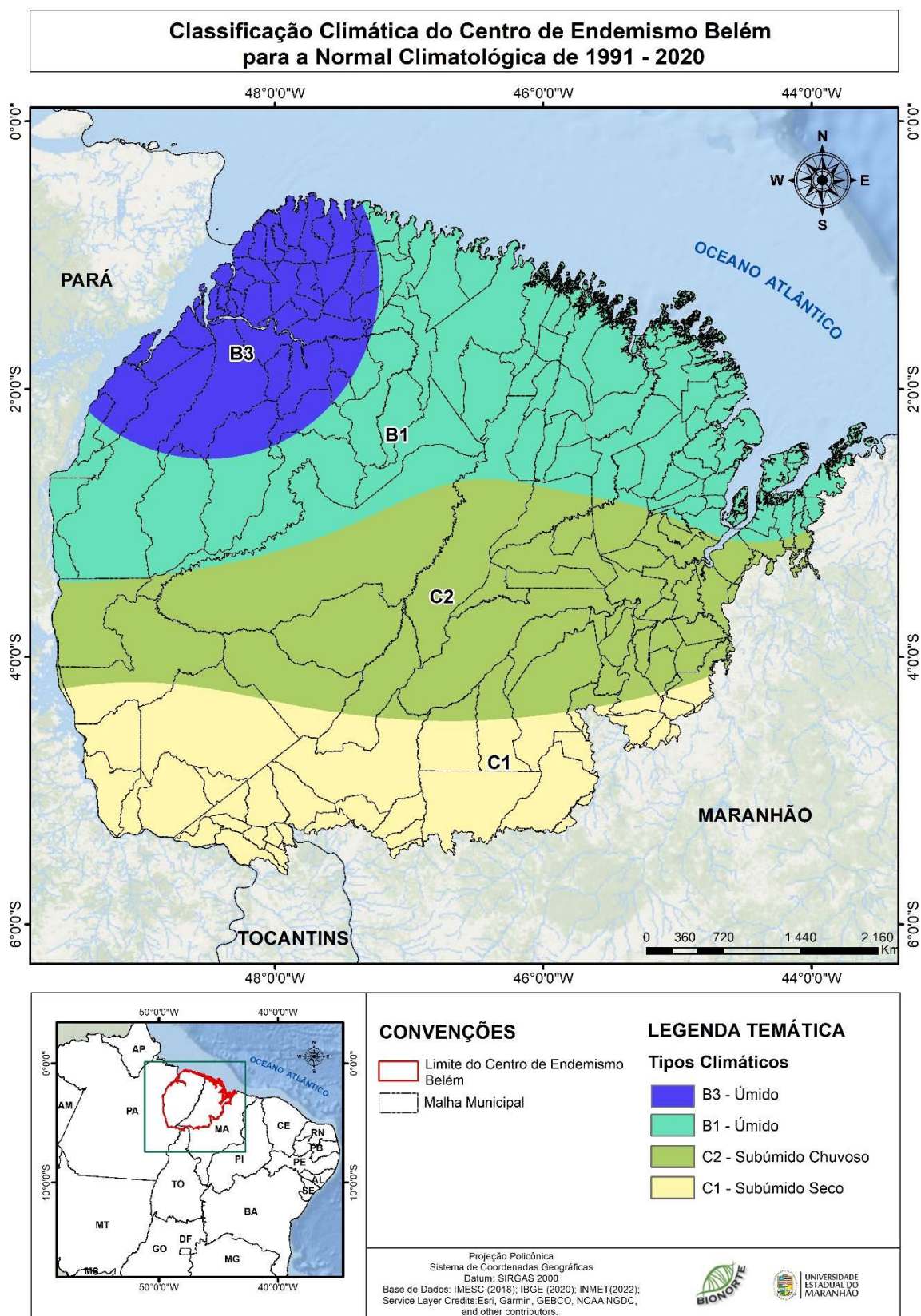
**Figura 35:** Mapa de classificação climática do Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1961-1990, segundo o modelo proposto por Thornthwaite e Mather (1955).



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).



**Figura 36:** Mapa de classificação climática do Centro de Endemismo Belém para a normal climatológica 1991-2020, segundo o modelo proposto por Thornthwaite e Mather (1955).



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).

**Tabela 11:** Área total de cada classe climática para as normais climatológicas de 1961-1990 e de 1991-2020 no Centro de Endemismo Belém.

| Tipo Climático                     | Normal 1961-1990<br>(km <sup>2</sup> ) | Percentual sobre<br>o Total (%) | Normal 1991-2020<br>(km <sup>2</sup> ) | Percentual sobre<br>o Total (%) |
|------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------|
| <b>B3 - Úmido</b>                  | 33.046,41                              | 13,34%                          | 31.168,76                              | 12,59%                          |
| <b>B2 - Úmido</b>                  | 68.433,33                              | 27,63%                          | -                                      | 0,00%                           |
| <b>B1 - Úmido</b>                  | -                                      | 0,00%                           | 86.711,15                              | 35,02%                          |
| <b>C2 - Subúmido Chuvoso</b>       | 136.671,17                             | 55,19%                          | 80.957,51                              | 32,69%                          |
| <b>C1 - Subúmido Seco</b>          | 9.484,54                               | 3,83%                           | 48.798,03                              | 19,71%                          |
| <b>Área Total (km<sup>2</sup>)</b> | <b>247.635,44</b>                      | <b>100,00%</b>                  | <b>247.635,44</b>                      | <b>100,00%</b>                  |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Como pode ser observado, a classificação das tipologias de climas pautada em THORNTHWAIT e MATHER (1955), em perfil comparativo, indica variabilidade climática patente entre as duas normais analisadas. Decerto, por estar situado em uma Amazônia transicional, com mosaicos de ecótonos em direção ao Nordeste e ao Brasil Central (Caatingas e Cerrados, respectivamente), o CEB não possui nenhuma de suas localidades com tipologias climáticas de extrema umidade, que seriam relacionadas aos índices alfanuméricos A e B4. Estes são típicos de áreas mais interiorizadas amazônicas, onde estão presentes outros centros de endemismo, inclusive com domínios territoriais bem superiores ao ora analisado.

Contudo, destaca-se que o terceiro tipo de climas úmido, segundo o modelo conceitual adotado, denominado B3 está presente nas classificações realizadas para ambas as normais. Observa-se uma variação na ordem de -5,68% na amplitude de áreas com ocorrência de fatores hidrometeorológicos mais relevantes, mormente no que concerne à umidade. Já o quarto tipo de climas úmido, já transicionais, denominado B2 está presente na normal climatológica estabelecida para o período 1961-1990, mas o mesmo não foi encontrado matematicamente para os trinta anos posteriores.

O quinto tipo de clima úmido, B1, contado de forma decrescente, está presente entre 1991 e 2020, mas não na normal precedente. Em ambas as situações, não se pôde calcular variações percentuais, considerando a inexistência de parâmetros para tal em uma das normais aferidas e espacializadas. Já os climas transicionais, C2 e C1, caracterizados por significativas alterações na evapotranspiração potencial e, conseqüentemente, pela diminuição do IH e do IU, bem como aumento no IA, apresentam dados bastantes expressivos de oscilação nas dinâmicas atmosféricas biorregionalmente.

A variação percentual de aumento de clima Subúmido Chuvoso (C2) no CEB foi na ordem de -40,76%, enquanto para o Clima Subúmido Seco (C1) houve variação de 414,50%. Essa constatação

aponta para um ressecamento da região biogeográfica sob análise, algo que está relacionado diretamente a um balanço hídrico deficitário.

Mesmo com a manutenção ou leve ampliação das precipitações aferidas em algumas estações meteorológicas, o que conta para a perda de água são os padrões de uso, a presença de cobertura vegetal remanescente e capacidade que esta tem de reter água por seus sistemas radiculares no subsolo e liberar aos poucos para a atmosfera. Além disso, a sua presença diminui o escoamento superficial e a perda de solos por erosão e por lixiviação. Assim, uma possível resposta para a tendência apontada está centrada na fragmentação florestal e na ampliação das áreas de pressões de uso extensivas humanas, já apresentadas em tópico anterior. Portanto, destaca-se que houve no CEB uma inequívoca variabilidade climática comparativa entre a climatologia observada entre 1961-1990 e aquela desenvolvida no intervalo temporal 1991-2020.

Embora esse comportamento possa ser interpretado como uma tendência de mudança climática, o reconhecimento das potencialidades regionais de vetores geográficos de recomposição paisagística tende a trazer respostas que converjam para estratégias de mitigação do avanço das condições de climas mais secos (C2 e C1) no CEB. Em vista disso, o tópico seguinte apresenta, de forma propositiva, a cartografia da vegetação da biorregião estudada, considerando os principais tipos de coberturas vegetais presentes no território. Ele é considerado necessário para o entendimento de como fundamental para a compreensão dos processos de uso e cobertura da terra, que virá após ele, e o direcionamento de ações práticas para corredores ecológicos mosaicados com as principais áreas protegidas regionais.

#### **4.4. A Cobertura Vegetal do Centro de Endemismo Belém**

O mosaico de formações vegetais amazônicos é único no mundo. Composto por florestas de diversos tipos de paisagens vegetacionais florestais, machas de fitofisionomias de ambientes mais secos, como campinaranas e cerrados, bem como ecossistemas costeiros de diversos formatos e constituições, a Amazônia como bioma e o CEB como biorregião trazem consigo fortes indicações sobre o passado recente da América do Sul. Há vários estudos sobre flutuações climáticas e padrões de vegetação na Amazônia durante o Quaternário, como os trabalhos de AB'SÁBER (1982), de FERNANDES (2003) e de HAFFER (2002), que, através da hipótese dos redutos florestais associados a mudanças paleoclimáticas, tentaram explicar a evolução biogeográfica recente da Amazônia. Contudo, na presente pesquisa optou-se por não realizar tais discussões e partir diretamente para a análise do comportamento cartográfico desse atributo analítico (a vegetação do

CEB), uma vez que é considerado de maior relevância para o entendimento das dinâmicas antropogênicas em curso.

Conforme discutido na revisão de literatura da presente pesquisa, bioma é um conjunto de vida vegetal e animal, caracterizado sobretudo (mas não tão somente) pelo agrupamento de tipologias diferentes de vegetação, também denominadas de formações vegetais contíguas, e que podem ser identificados em âmbitos geocológico e biorregional, com condições de geologia e clima semelhantes, porém não necessariamente iguais, e que historicamente sofreram os mesmos processos de formação da paisagem, o que resulta em uma diversidade de flora, fisionomias vegetais e fauna próprias.

Um bioma deve ser entendido como a unidade biótica de maior extensão geográfica (um domínio macroterritorial e macropaisagístico) da ordem de milhares a milhões de quilômetros quadrados e compreende várias comunidades bióticas em diferentes estágios de evolução, porém denominada de acordo com o tipo de vegetação característica, que não necessariamente é homogênea em toda sua amplitude territorial. Assim, na configuração do Mapa de Biomas do Brasil (IBGE, 2019), o conceito leva ao entendimento de que um bioma, macroterritorialmente:

- constitui um conjunto de tipos de vegetação identificável em escala regional, com flora e fauna associadas e bastante específicas;
- é definido pelas condições físicas predominantes, sejam climáticas, litológicas, geomorfológicas e pedológicas, e que possui uma história evolutiva comum; e
- é dotado de diversidade biológica singular.

Para FERNANDES e BEZERRA (1990, p. 34), a vegetação, como elemento geocológico e também biogeográfico agregador de biodiversidade, “constitui a cobertura ou corpo florístico que reveste naturalmente qualquer superfície, seja terrestre ou aquática. Resultado do efeito condicionantes ecológicos coetâneos ou atuais, que reflete assim, o ambiente natural”. Um bioma, por sua vez, pode apresentar diferentes fitofisionomias, ou seja, heterogêneas feições paisagísticas associadas às formações vegetais, como é o caso do Centro de Endemismo Belém. Esse tema é indispensável ao planejamento biorregional com bases geocológicas.

Assim, o último termo (formações vegetais) foi criado e mantido ao longo do tempo para “designar um tipo vegetacional definido. Foi reformulado para ser compreendido como um conjunto de formas de vida vegetal de ordem superior, que compõe uma fisionomia homogênea, apesar de sua estrutura complexa” (RIETZ, 1954 apud IBGE, 2012, p. 48). Assim, na Geocologia da Paisagem, por seu turno, compreende-a com parte dos mosaicos formadores da estrutural horizontal da paisagem (MATEO-RODRIGUEZ et al., 2013).

Daí se pode concluir, aprioristicamente, que enquanto o bioma é um aglomerado de ecossistemas e de formações vegetais em um macroterritório definido em escala subcontinental ou macrorregional (como são considerados os biomas brasileiros), a fitofisionomia é a aparência da vegetação local ou regional, o que depende de sua ocorrência e de sua distribuição. Por conseguinte, para a definição das formações vegetais dentro de um bioma deve-se trabalhar com fitossociologia, ou seja, o reconhecimento da composição da flora de cada tipo de vegetação.

Esses atributos estão presentes no Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012), que normatiza o desenvolvimento de todas as pesquisas e mapeamentos acerca da vegetação no âmbito dos ZEEs (Zoneamentos Ecológico-Econômicos), por exemplo, e dos demais estudos ambientais realizados no País. Ademais, essa metodologia não está presente no contexto do ZEE do Estado do Pará (MENEZES et al., 2010) e foi adaptada nos estudos do ZEE do Estado do Tocantins (DETZEL, 2017) e do ZEE do Estado do Maranhão (CATUNDA e DIAS, 2019).

Aliás, convém afirmar que

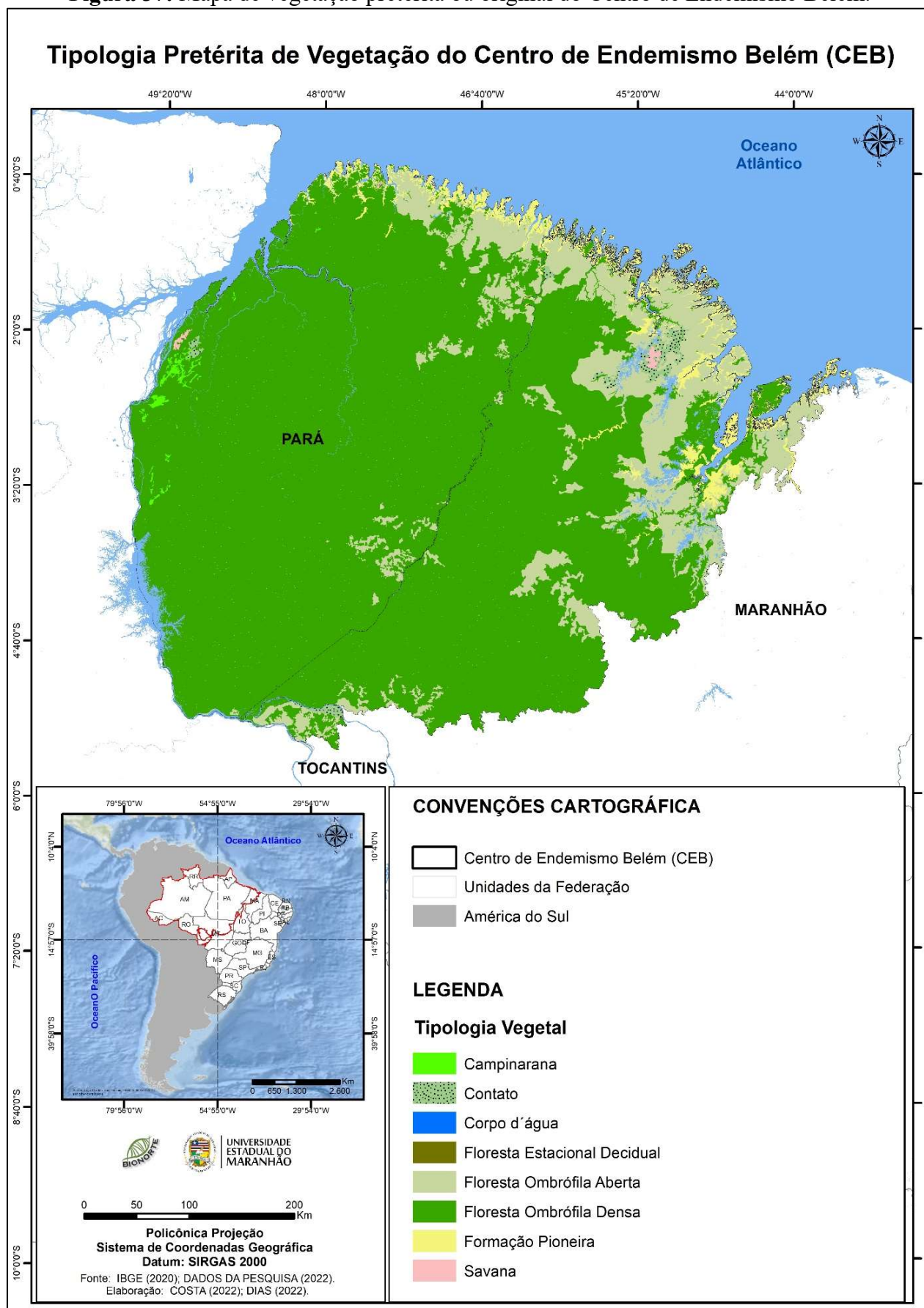
a terceira meta usada para o levantamento da vegetação [depois das identificação do bioma e das formações vegetais] *trata da identificação das espécies botânicas e de suas variedades, [ou seja,] do estudo fitossociológico da comunidade e da pesquisa dos níveis tróficos do ambiente levantado, o que torna necessário o conhecimento das trocas energéticas dentro do ecossistema.* Estabelecida a comunidade em estudo, dentro de uma subformação de parâmetro uniforme, é necessário, em seguida, demarcar uma área que seja suficiente para o desenvolvimento normal das espécies nela contidas. Isso é estabelecido pela correlação espécie/área, com o levantamento da área mínima (determinada estatisticamente) ocupada pelas espécies dentro de uma associação (IBGE, 2012, p. 53, grifos nossos).

Nesse aspecto, embora haja uma classificação já estabelecida pelo IBGE aplicada ao CEB, não há necessariamente a aplicação desse terceiro nível/meta de pesquisa, que está associado a um inventário florístico denso. Nos últimos 50 anos, nenhum estudo dessa natureza foi realizado na Amazônia Oriental, à exceção do que foi produzido pelo Governo do Estado do Maranhão para a definição de sua vegetação em escala de planejamento geoecológico e biorregional (1:250.000) no ZEE Maranhão do Bioma Amazônico (CATUNDA, DIAS, 2019).

É importante mencionar que o primeiro estudo de síntese florística e fitogeográfica para a totalidade do Amazônia Oriental foi realizado pelo Programa RADAM (IBGE, 2012), no início da década de 1970, e nele tinha um modelo de compreensão cartográfica da vegetação pretérita a esse momento (Figura 37 e Tabela 12) nos estudos que foram apresentados por densa comunidade de pesquisadores do ZEE-MA. Após esse momento, os estudos desenvolvidos (com exceção dos já citados) dispuseram a reprodução das cartografias já existentes para a vegetação, não sendo as mesmas realizadas com o apoio de dados de florística e fitossociologia. Já o ZEE-MA do Bioma Amazônico apresenta tal ineditismo quanto à aplicação metodológica (ROCHA et al., 2020).



**Figura 37:** Mapa de vegetação pretérta ou original do Centro de Endemismo Belém.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).



**Tabela 12:** Percentual e área total das coberturas vegetais nativas ou originárias do Centro de Endemismo Belém.

| CLASSE DE VEGETAÇÃO NATIVA   | ÁREA (KM2)        | PERCENTUAL       |
|------------------------------|-------------------|------------------|
| Floresta Ombrófila Densa     | 198.386,12        | 80,1122%         |
| Floresta Ombrófila Aberta    | 32.051,60         | 12,9431%         |
| Floresta Estacional Decidual | 0,27              | 0,0001%          |
| Contato                      | 1.601,26          | 0,6466%          |
| Formação Pioneira            | 9.395,31          | 3,7940%          |
| Savana                       | 295,07            | 0,1192%          |
| Campinarana                  | 614,76            | 0,2483%          |
| Corpo d'água continental     | 5.291,06          | 2,1366%          |
| <b>Total</b>                 | <b>247.635,44</b> | <b>100,0000%</b> |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Assim, no que tange às formações vegetais nativas do Centro de Endemismo Belém, 80,11% eram consideradas como florestas ombrófilas densas (IBGE, 2019). Isso perfaz um espaço total na ordem de 198.386,12 km<sup>2</sup>, conforme indicado na Tabela 12. As florestas ombrófilas abertas e as florestas estacionais deciduais, respectivamente típicas de faixas ecotonais amazônicas ou de núcleos de áreas geomorfologicamente mais elevadas, representavam totais de 12,94% e 0,0001%, respectivamente. Já as campinaranas, importantes núcleos isolados de vegetação xeromórfica ou escleromorfa similar às caatingas ou aos cerrados, correspondiam a apenas 0,25% do total.

Em outros termos, embora originalmente o CEB já fosse mesologicamente um ambiente de transição e contato inter-biomático, não havia condições territoriais naturais que implicassem em descontinuidades de habitats e isso, em tese, pode ter favorecido a evolução integrada de espécies de forma contínua, confluindo em endemismos. AB'SÁBER (1971) definiu esses contatos vegetacionais como faixas de transição e, por isso, sinônimo de ecótonos. Aliada às condições geológico-geomorfológico integradas da paisagem em mosaico total, a situação da Amazônia Oriental perpassa logicamente por uma história natural possivelmente maior do que se estabelecia até há bem pouco tempo, quando da indicação dos redutos e refúgios pleisto-holocênicos de fauna e de flora, em grandes mosaicos vegetacionais em resistasia ou retração biomática (VANZOLINI, 2002; AB'SÁBER, 2006).

Contudo, as paisagens e os mosaicos vegetacionais foram alterados em função das pressões humanas secularmente desenvolvidas sobre o espaço biogeográfico em questão. Os povos originários transformariam pouco da realidade geocológica regional, mas suas intervenções foram percebidas com testemunhos de pelo menos nove mil anos. Entretanto, foi a partir do avanço dos ciclos produtivos que envolveriam processos ocupacionais de integração territorial e amplas dinâmicas de

apoios governamentais de uma “marcha para o Oeste” similar à ocorrida nos Estados Unidos da América (SILVA, 2007), que a Amazônia seria realmente e modernamente fragmentada.

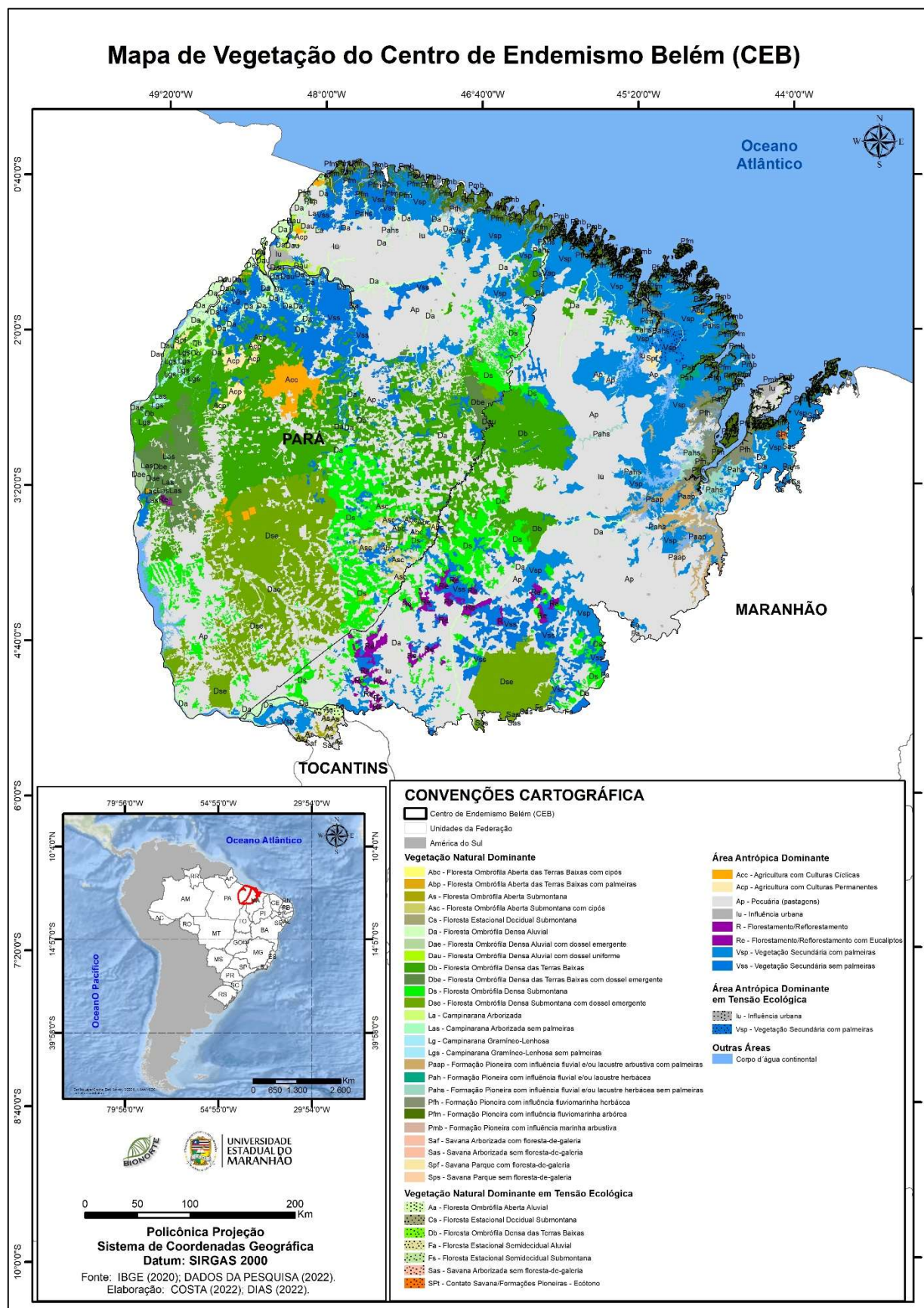
De sete classes originais de vegetação, ou seja, de grandes fitofisionomias, haveria a consolidação atual fitofisionômicas em nada menos que 51 categorias diferentes. Isso em apenas menos de um século (Figura 38 e Tabela 13). Faz-se mister observar que, ao passo que a Amazônia jamais foi apenas um único e só mosaico florestal, seja no CEB ou na totalidade biomática holocênica, atualmente em seu processo de antromização há mais classes de formações vegetais do que se supunha encontrar, o que remete para a complexidade do território *per si* e da necessidade premente de restauração das paisagens vegetacionais.

Comparativamente, as florestas ombrófilas densas, em suas diversas classificações cartográficas oficiais, representam atualmente um total de 77.864,91 km<sup>2</sup>, ou seja, perderam 60,75% de seu espaço total em relação ao contínuo florestal que naturalmente existia na Amazônia Oriental. Destaca-se que a maior parcela perdida foi no Estado do Maranhão, onde as formações remanescentes estão contidas sobretudo em áreas protegidas, como em Terras Indígenas e em Unidade de Conservação de Proteção Integral que formam o Mosaico Gurupi (CELENTANO, 2018; DIAS et al., 2019).

Contudo, há que ser destacado que o processo de savanização amazônica preconizado por MARENGO (2007) e por BORMA e NOBRE (2013) já se faz manifestar no Centro de Endemismo Belém. Embora as definições paisagística e conceitual sejam consideradas adequadas, aqui se prefere propor o termo *transmutação de fitofisionomias florestais para fitofisionomias de Cerrados*, o que traduz melhor a consistência geocológica dos processos em curso nessa faixa de contato. Por conseguinte, o CEB, que já era *di per si* um mosaico de paisagens transicionais ou ecotonais entre a Amazônia e o Cerrado, sobretudo em suas parcelas maranhenses e tocantinas, acaba por se configurar como um mosaico de ecótonos antropizados, o que acarreta não apenas em perdas de unidades paisagísticas, mas, sobretudo, em desarticulação e ruptura de habitats naturais.

Tal caracterização está associada às mudanças de padrões de cobertura da terra e são ligadas a feições fitogeográficas e paisagísticas com estratos herbáceos a arbustivos da vegetação, não necessariamente às fitofisionomias clássicas de Cerrados, com poucas espécies emergentes, como as arecáceas, as áreas savanizadas perfazem um total de 146.586,47 km<sup>2</sup>. Isso totaliza 59,19% de terras savanizadas ou antropizadas propriamente ditas, segundo IBGE (2019). Destacam-se usos extensivos, por exemplo, para a pecuária, que como frisado no tópico de revisão bibliográfica em que se tratou dos antromas, foi a partir dessa prática produtiva que as florestas foram de fato perdidas. A fragmentação derivada das formações florestais será tratada em tópico próprio relacionado às métricas de paisagem.

**Figura 38: Mapa da vegetação atual do Centro de Endemismo Belém.**



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Tabela 13:** Dados de tipologias de coberturas vegetais do Centro de Endemismo Belém em sua composição atual.

| TIPOLOGIA DE FORMAÇÃO VEGETAL (LEGENDA)                                               | ÁREA (KM2) | PERCENTUAL |
|---------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------|
| 2Aa - Floresta Ombrófila Aberta Aluvial                                               | 218,64     | 0,0883%    |
| 2Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana                                         | 0,05       | 0,0000%    |
| 2Db - Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas                                      | 160,41     | 0,0648%    |
| 2Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial                                        | 0,10       | 0,0000%    |
| 2Fs - Floresta Estacional Semidecidual Submontana                                     | 0,87       | 0,0004%    |
| 2Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria                                      | 16,33      | 0,0066%    |
| 3Ap - Pecuária (pastagens)                                                            | 93.598,63  | 37,7969%   |
| 3R - Florestamento/Reflorestamento                                                    | 64,24      | 0,0259%    |
| 3Re - Florestamento/Reflorestamento com Eucaliptos                                    | 1.992,60   | 0,8047%    |
| 4Iu - Influência urbana                                                               | 6,22       | 0,0025%    |
| 4Vsp - Vegetação Secundária com palmeiras                                             | 668,27     | 0,2699%    |
| Abc - Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas com cipós                           | 13,98      | 0,0056%    |
| Abc - Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas com cipós                           | 5,48       | 0,0022%    |
| Abc - Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas com cipós                           | 28,50      | 0,0115%    |
| Abc - Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas com cipós                           | 36,20      | 0,0146%    |
| Abc - Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas com cipós                           | 23,09      | 0,0093%    |
| Abc - Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas com cipós                           | 44,25      | 0,0179%    |
| Abp - Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas com palmeiras                       | 38,11      | 0,0154%    |
| Acc - Agricultura com Culturas Cíclicas                                               | 1.928,97   | 0,7790%    |
| Acp - Agricultura com Culturas Permanentes                                            | 860,64     | 0,3475%    |
| Ap - Pecuária (pastagens)                                                             | 476,47     | 0,1924%    |
| As - Floresta Ombrófila Aberta Submontana                                             | 264,33     | 0,1067%    |
| Asc - Floresta Ombrófila Aberta Submontana com cipós                                  | 699,95     | 0,2827%    |
| Corpo d'água continental                                                              | 5.032,30   | 2,0321%    |
| Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana                                          | 0,23       | 0,0001%    |
| Da - Floresta Ombrófila Densa Aluvial                                                 | 6.476,28   | 2,6152%    |
| Dae - Floresta Ombrófila Densa Aluvial com dossel emergente                           | 555,22     | 0,2242%    |
| Dau - Floresta Ombrófila Densa Aluvial com dossel uniforme                            | 663,82     | 0,2681%    |
| Db - Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas                                       | 31.035,87  | 12,5329%   |
| Dbe - Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas com dossel emergente                 | 4.794,11   | 1,9360%    |
| Ds - Floresta Ombrófila Densa Submontana                                              | 14.785,55  | 5,9707%    |
| Dse - Floresta Ombrófila Densa Submontana com dossel emergente                        | 19.554,07  | 7,8963%    |
| Iu - Influência urbana                                                                | 831,80     | 0,3359%    |
| La - Campinarana Arborizada                                                           | 9,20       | 0,0037%    |
| La - Campinarana Arborizada                                                           | 2,29       | 0,0009%    |
| Las - Campinarana Arborizada sem palmeiras                                            | 146,91     | 0,0593%    |
| Lg - Campinarana Gramíneo-Lenhosa                                                     | 13,34      | 0,0054%    |
| Lgs - Campinarana Gramíneo-Lenhosa sem palmeiras                                      | 443,12     | 0,1789%    |
| Paap - Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre arbustiva com palmeiras | 2.094,69   | 0,8459%    |
| Pah - Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre herbácea                 | 276,08     | 0,1115%    |

| TIPOLOGIA DE FORMAÇÃO VEGETAL (LEGENDA)                                              | ÁREA (KM2)        | PERCENTUAL     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------|
| Pahs - Formação Pioneira com influência fluvial e/ou lacustre herbácea sem palmeiras | 1.851,18          | 0,7475%        |
| Pfh - Formação Pioneira com influência fluviomarinha herbácea                        | 2.300,96          | 0,9292%        |
| Pfm - Formação Pioneira com influência fluviomarinha arbórea                         | 7.194,97          | 2,9055%        |
| Pmb - Formação Pioneira com influência marinha arbustiva                             | 73,38             | 0,0296%        |
| Saf - Savana Arborizada com floresta-de-galeria                                      | 0,20              | 0,0001%        |
| Sas - Savana Arborizada sem floresta-de-galeria                                      | 0,20              | 0,0001%        |
| Spf - Savana Parque com floresta-de-galeria                                          | 265,91            | 0,1074%        |
| Sps - Savana Parque sem floresta-de-galeria                                          | 28,96             | 0,0117%        |
| SPt - Contato Savana/Formações Pioneiras - Ecótono                                   | 53,89             | 0,0218%        |
| Vsp - Vegetação Secundária com palmeiras                                             | 28.702,22         | 11,5905%       |
| Vss - Vegetação Secundária sem palmeiras                                             | 19.302,34         | 7,7947%        |
| <b>Total</b>                                                                         | <b>247.635,44</b> | <b>100,00%</b> |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).

Do total regional das formações vegetais, 349,49 km<sup>2</sup> já são savanas propriamente ditas, o que representa um aumento de 18,44% frente aos estoques e feições savânicas originais. Outrossim, ao serem retratadas as capinaranas, praticamente as mesmas ficaram estáveis, uma vez que dada a pobreza de nutrientes de seus solos, não foram pressionadas pelas frentes produtivas da pecuária e especialmente da agricultura e da recente prática de silvicultura. Assim, há indicação científica de que as paisagens geocológicas estão de fato alteradas no contexto do CEB e cada célula mapeada pode representar perdas biorregionais de espécies nativas e, portanto, proporcionar o empobrecimento genético no território.

Essas informações retratadas sobre coberturas vegetais do CEB são importantes e estratégicas para a presente pesquisa, uma vez que elas serão retomadas quando, em capítulo próprio, serão discutidas as métricas de paisagens e a sua aplicabilidade para a viabilização técnico-científica de uma proposta de viabilidade de corredores ecológicos e de fundamentação para a escolha das áreas prioritárias para conservação ainda com algum grau de efetividade para a salvaguarda do patrimônio natural, mormente biodiverso, remanescente.

#### **4.5. As Pressões de Uso e Cobertura da Terra no Centro de Endemismo Belém e sua Relação com os Corredores Ecológicos**

Dentre todos os oito centros de endemismo amazônicos, o CEB é o mais impactado pelas ações antropogênicas (BECKER, 2007b; SILVA, 2013; ALMEIDA et al., 2014) e, portanto, o território que requer maior atenção quanto à perda de cobertura vegetal nativa, à proteção do patrimônio biodiverso e à expansão de atividades econômicas consideradas regionalmente predatórias



(ARAÚJO et al., 2011). A ampliação das frentes produtivas (ou pioneiras) nas últimas décadas proporcionou substanciais alterações na região biogeográfica objeto desta pesquisa e isso gerou problemas indelévels quanto à proteção efetiva das coberturas vegetais nativas e, sobretudo, de sua fauna associada, em que pese a endêmica e a já em algum nível de criticidade quanto à extinção (OLIVEIRA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2019).

Por abranger três Estados brasileiros (Pará, Maranhão e Tocantins) que são atualmente parte das maiores e mais ativas fronteiras do agronegócio nacional, o CEB é neste estudo considerado como de alto grau de preocupação quanto à manutenção dos seus ecossistemas, sobretudo pelo avanço das monoculturas de grãos, da silvicultura e da pecuária. Esses são aspectos que permitem aos pesquisadores denominar esta área como o início, do Oceano Atlântico para o interior do continente, do “Arco de Fogo e Desmatamento da Amazônia” (DOMINGUES, BERMANN, 2012).

Requer-se iniciar tais discussões informando que os processos ocupacionais “pós-descobrimento” relacionados ao CEB foram desenvolvidos em três frentes (LOPES et al., 2017), quais sejam:

- a) a primeira frente, iniciada entre o Golfão Maranhense (MA), notadamente na Ilha do Maranhão, e a Baía de Guajará (PA), no século XVII, proporcionou através do litoral a ocupação do continente propriamente dito. Enclaves habitacionais coloniais como São Luís, Icatu, Alcântara (todos no Maranhão) e Belém (Pará) passaram a ser os principais propulsores e núcleos-base de povoamento de matriz europeia-africana, portanto diferente do que era realizado pelos povos originários ou autóctones. Essa corrente penetra pelos vales dos Rios Itapecuru, Mearim, Pindaré e Grajaú (no Maranhão) e pelos Rios Guamá, Capim e Tocantins (no Pará) até o século XVIII, sobretudo em busca de compreensão e domínio territorial e implantação de vilas e núcleos de povoamento secundário;
- b) a segunda frente, denominada de corrente do gado, advém do Nordeste Brasileiro e do Brasil Central entre os séculos XVIII e XIX. Ela avança pelas caatingas e pelos cerrados do Brasil Sertanejo e Central em busca de novas localidades para tanger e forragear o gado bovino. Núcleos de povoamento como o Norte do Tocantins (outroa Goiás) e do Bico do Papagaio, no Maranhão, são dessa época. O Rio Tocantins e o Rio Pindaré, no CEB, seriam os únicos meios de comunicação entre o continente e as cidades costeiras;
- c) a terceira frente materializou-se durante o século XX, em que vários esforços oficiais foram realizados para integrar a Amazônia ao restante do País, a começar pela Amazônia Oriental. Políticas de povoamento e colonização foram implantadas sobretudo no Maranhão e no Pará em dois momentos: um nos anos 1930, com levas de migrantes das



secas do Nordeste; e entre as décadas de 1950 e 1980 com os grandes projetos de infraestrutura associadas à ideologia nacional-estatista.

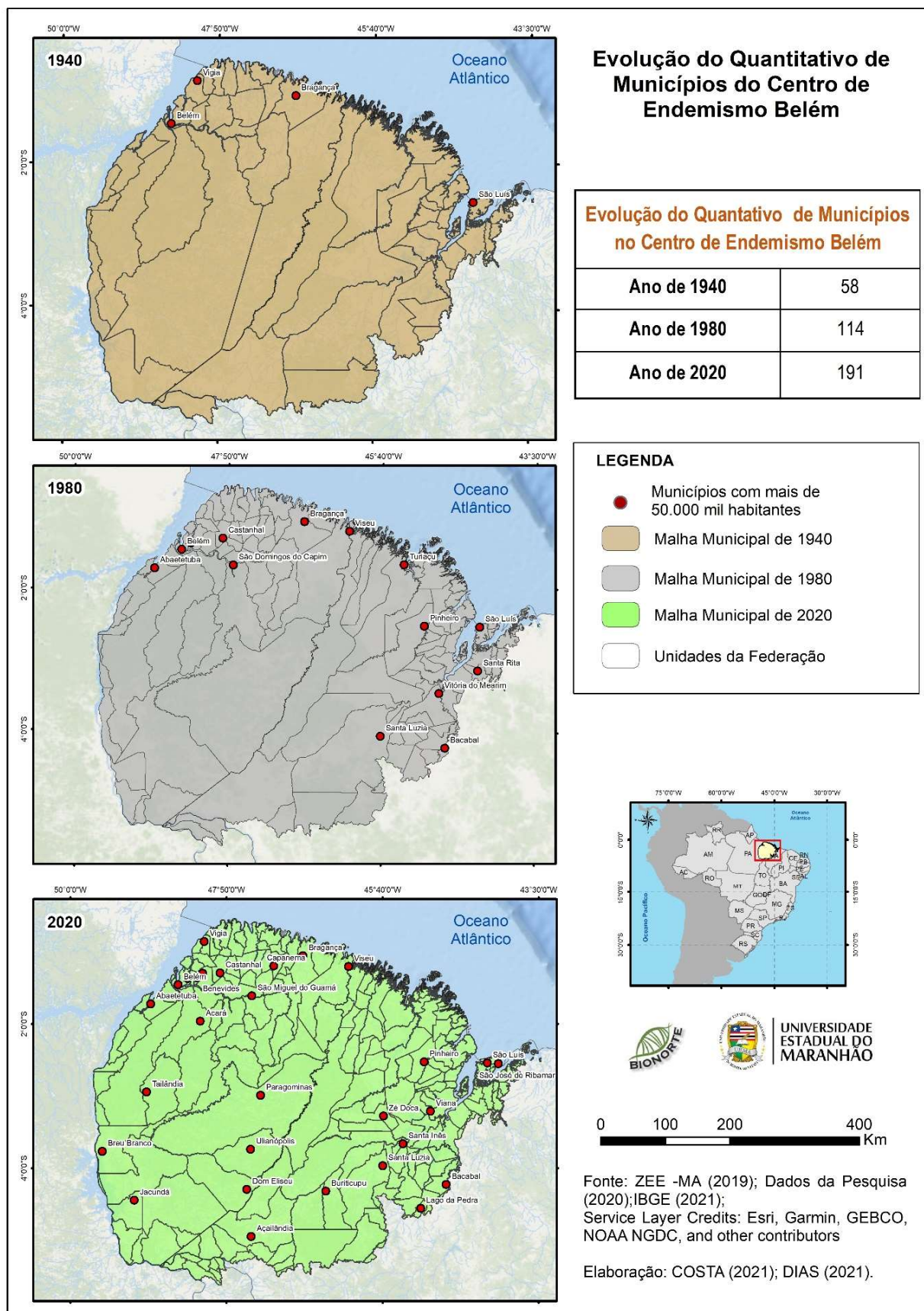
Assim, entre as décadas de 1940 e 2020, o Centro de Endemismo Belém saltou de um quantitativo de 58 municípios para um total de 191 (Figura 39). Em outras palavras, o fator de multiplicação de origem de novas municipalidades foi de 3,3 em apenas 80 anos. A isso soma-se o processo natural de aumento do quantitativos de municípios com populações com mais de 50 mil habitantes. De quatro em 1940, esse número saltaria para 13 em 1980 e para 27 em 2020. Destaca-se que as duas capitais de Estados Federativos que estão inseridas nos limites do CEB, São Luís (Extremo Nordeste) e Belém (Extremo Noroeste), respondem por quase três milhões e meio de habitantes.

Os processos ocupacionais respondem pela materialização de estratégias geopolíticas regionais que foram concomitantes à manutenção de fronteiras produtivas, criação de arranjos produtivos pautados, sobretudo, no avanço de práticas agropecuárias (BECKER, 2007b). Por outro lado, as frentes pioneiras de ocupação foram consolidadas até a primeira metade da década de 1990 com o estabelecimento da rede urbana e municipal presente até o início da década de 2020. Ademais, as rodovias e ferrovias de interligação regional confundiram-se com os limites municipais.

Esse patamar de integração territorial foi alcançado principalmente pelo estabelecimento de redes que passaram a interligar as áreas de ocupação humana no CEB, sobretudo durante o século XX e XI. E isso tanto no tocante às rodovias, quanto às ferrovias e às linhas de transmissão de energia elétrica, por exemplo. É nessa perspectiva de alterações das dinâmicas territoriais através das transmutações das paisagens que VALVERDE e DIAS (1967) chamariam atenção. Segundo os autores, com o advento dos ciclos de integração nacional em direção à Amazônia, a partir da sua fachada oriental, haveria perdas substantivas de áreas florestais e a implantação de arranjos produtivos que fariam as coberturas nativas desaparecerem paulatinamente.

Avaliar a evolução das marchas ocupacionais ou de antropização da Amazônia Oriental não tem sido tarefa das mais fáceis. Antes do início dos anos 1970, com o Projeto Radar da Amazônia (RADAM), posteriormente denominado RADAMBRASIL, não existia nenhum esforço cartográfico de conjunto para o entendimento dos processos de transformação da Amazônia biomática para uma Amazônia antropomática. Contudo, foi a partir do aprimoramento de técnicas de mapeamento com base em sensoriamento remoto e geoprocessamento entre as décadas de 1990 e 2000 que foi possível compreender a extensão dos problemas ocasionados pelas perdas de coberturas vegetais nativas no Amazônia, *lato sensu*, e no CEB, *stricto sensu* (DIAS et al., 2019).

**Figura 39:** Configuração dos territórios dos municípios que constituem o Centro de Endemismo Belém entre as décadas de 1940 e 2020.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).

Foi nessa perspectiva que a fragmentação da paisagem começou a ser evidenciada como um reflexo da perda da integridade paisagística do Leste Amazônico e, concomitantemente, houve urgência quanto à definição dos seus limites ocupacionais e produtivos em função da conservação do patrimônio natural remanescente. Questões como reassentamentos de populações tradicionais ou ribeirinhas, pressões de ocupação em Terras Indígenas (TIs) e seus entornos imediatos, perda de recursos alimentícios para as populações locais (como a caça e o pescado) e a substituição de áreas de agricultura itinerante de várzea por outros tipos de uso são pontos fortes para a discussão (FEARNSIDE, 2015). A Usina Hidrelétrica de Tucuruí (PA), por exemplo, daria a tônica de como os projetos de integração territorial confluiriam para a expressiva perda de coberturas vegetais nativas.

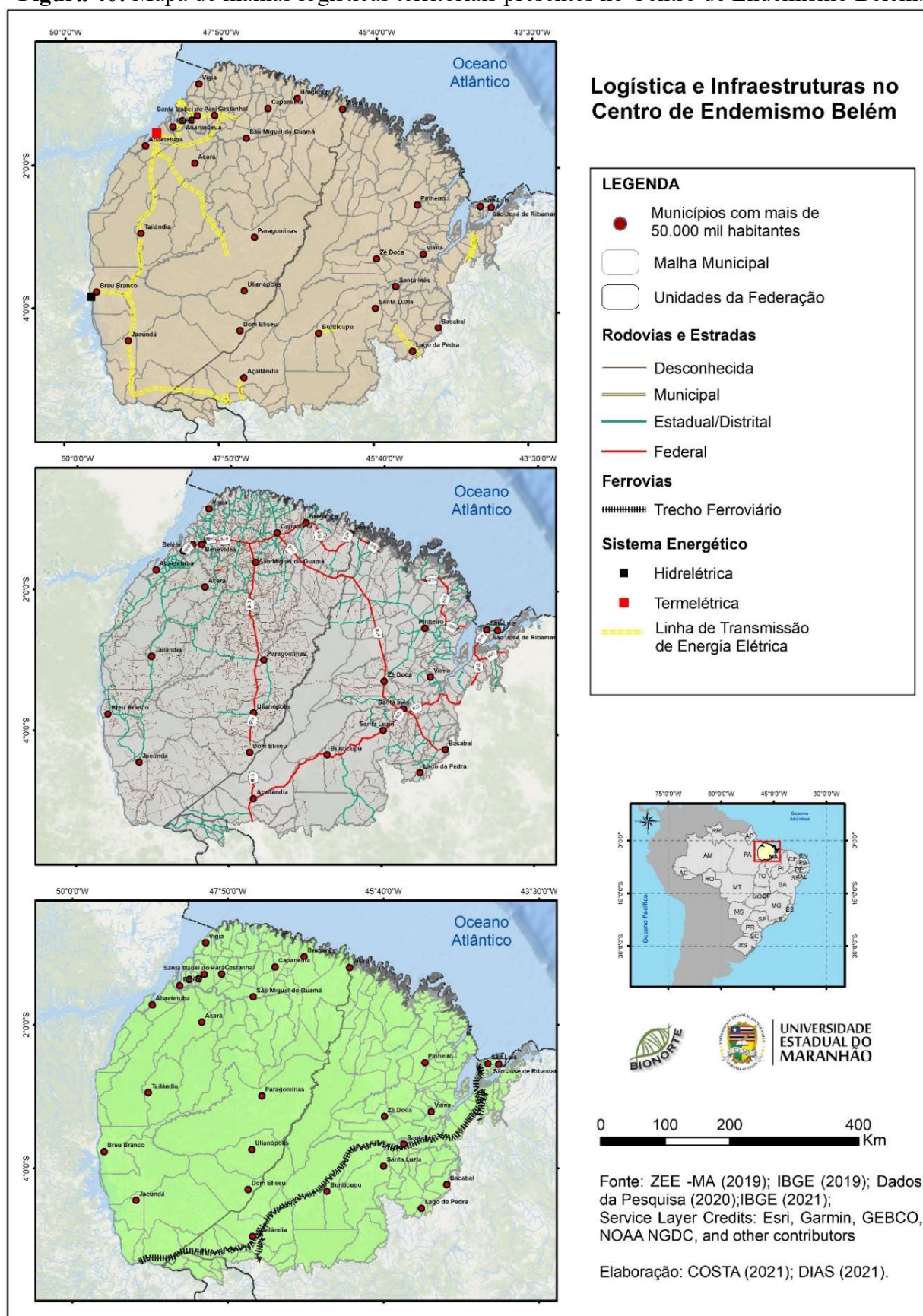
Associa-se a isso o argumento político da necessidade de ocupação amazônica pelas estruturas e corredores relacionados à ampliação da malha energética nacional, no caso do Brasil. Por outro lado, havia grande urgência em reconhecer o patrimônio biodiverso a ser perdido, bem como os atributos socioculturais relacionados às comunidades indígenas e ribeirinhas, que tantas vezes já viram no século XX sua manutenção prejudicada ou desconsiderada pelos interesses alheios externos. O aumento na emissão de gases do efeito estufa pelas florestas alagadas, a perda de vegetação e os distúrbios de saúde pública podem concorrer para uma modificação integral das características das paisagens e territórios amazônicos vinculados direta ou indiretamente aos ambientes de barramentos fluviais para a geração de energia elétrica.

Somado a esse exemplo, incursões sobre as áreas naturais foram realizadas mormente a partir da construção de rodovias, com o a Belém-Brasília ou BR-010 (anos 1950 e 1960), a BR-222, entre Itapecuru-Mirim (MA) e Marabá (PA) e mais de quatro dezenas de estradas estaduais, todas durante os últimos 70 anos. Isso sem contar a abertura de estradas municipais ou vicinais, que a despeito de suas condições para a trafegabilidade, permitiram com que o CEB fosse ocupado em modelo de “espinhas de peixe”. Tal fato representou a destruição das áreas naturais já nos processos originais de interligações de povoamentos humanos, que gerariam novos núcleos ocupacionais em recorrentes ciclos de substituição da natureza biomática por impressões paisagísticas antropocênicas.

Desde o final dos anos 1970, com a construção da Estrada de Ferro Carajás, a Amazônia Oriental teria a aceleração definitiva de suas perdas biomáticas. Compreendendo um espaço total que abrigaria quase a totalidade das bordas do CEB de Nordeste a Sul, esse seria o fator geoeconômico e geopolítico mais importante a ser aplicado na região biogeográfica sob análises. Esse conjunto de infraestruturas de transportes ferroviários viria a partir da década de 1980 o maior corredor de exportação mineral do Norte do Brasil. O mesmo seria disposto quanto às linhas de transmissão de energia elétrica, que interligaria a região biogeográfica da Amazônia Oriental com o restante do País, principalmente a partir dos anos 1980 (Figura 40).



**Figura 40:** Mapa de malhas logísticas territoriais presentes no Centro de Endemismo Belém.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Assim, de forma a ilustrar a marcha da transmutação biomática para a realidade de pressões de usos antropomáticas regionais no CEB, a Figura 41 e a Tabela 14 apresentam o comportamento dos processos de uso da terra e de diminuição das coberturas vegetais nativas desde 1985 até 2020. Nota-se que as coberturas vegetais associadas a formações florestais tiveram uma redução na ordem de 37,7% no período, com o maior decréscimo registrado no decênio 1995-2005, cujo quantitativo atingiu 16,3% de perdas líquidas (MAPBIOMAS, 2022). Por outro lado, as áreas com pastagens tiveram um acréscimo de 211,15% em para o lastro temporal analisado. Isso corrobora o argumento de que a pecuária (Figura 42), sobretudo a bovina, que exige mais espaços para práticas extensivas, foi a principal atividade implantada no Centro de Endemismo Belém após a perda dos ecossistemas nativos.

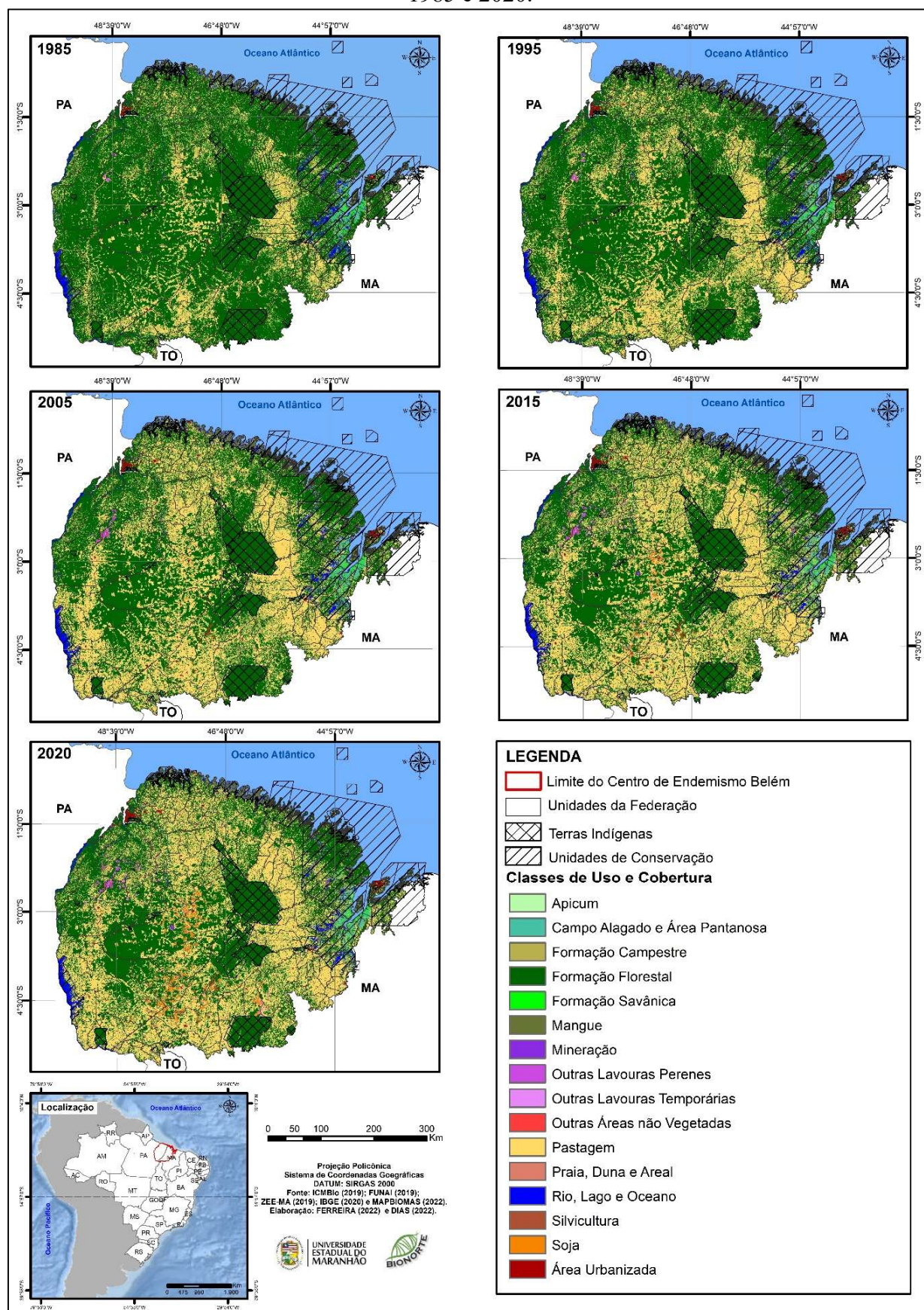
As atividades agrícolas compõem três classes na taxonomia territorial ora apresentada, quais sejam: soja ou lavoura temporária (Figura 43), outras lavouras temporárias e outras lavouras permanentes (Figura 44). Unidas, somam 5.905,11 km<sup>2</sup>, sendo a segunda principal manifestação do agronegócio no CEB. Já a silvicultura (Figura 45), que era inexistente em 1985, compreende um total de 584,17km<sup>2</sup> em 2020, com o crescimento mais expressivo simbolizado entre os anos 1995-2005, totalizando 1.601,8%.

A Tabela 15 apresenta os percentuais de crescimento ou decréscimo decadal e ao ano para cada conjunto de células paisagísticas ou geoecológicas de uso e cobertura, o que auxilia no entendimento de como foram processadas as alterações atrópicas no contexto da região biogeográfica em questão. As formações vegetais remanescentes não consideradas florestais (formação savânica, mangue, formação campestre, campo alagado e área pantanosa, praias e dunas e apicuns) somam um total de 13.143,84 km<sup>2</sup> em 1985. No ano 2020, esse quantitativo era de 12.393,24 km<sup>2</sup>, uma diminuição na ordem de 5,71%. Não obstante, estratégico é refletir sobre a composição de sistemas ecológicos naturais no CEB, incluídos os corpos hídricos (rios, lagos e oceano), que perfazem um total de 137.636,43 km<sup>2</sup>, ou 55,58% do território analisado, enquanto os diversos tipos de uso compreendem 109.998,91 km<sup>2</sup>, ou seja, 44,42% da região biogeográfica.

Em relação ao Mapa de Vegetação do Centro de Endemismo Belém já comentado (Figura 38) e desenvolvido a partir da base de dados do IBGE (2019), pode-se perceber uma pequena discrepância de área total entre os dados de coberturas vegetais remanescentes e de paisagens antropocênicas, contudo isso não inviabiliza o citado trabalho nem o torna impraticável. Dessa forma, pela acurácia das bases de dados do Projeto MAPBIOMAS (2022) ser mais adequada par o nível de análise que se propõe neste trabalho acerca de entendimento de fragmentação do território, os seus dados de formações vegetais foram considerados para dar prosseguimento às análises ora pretendidas.



**Figura 41:** Processos de uso e cobertura da terra no Centro de Endemismo Belém entre os anos de 1985 e 2020.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

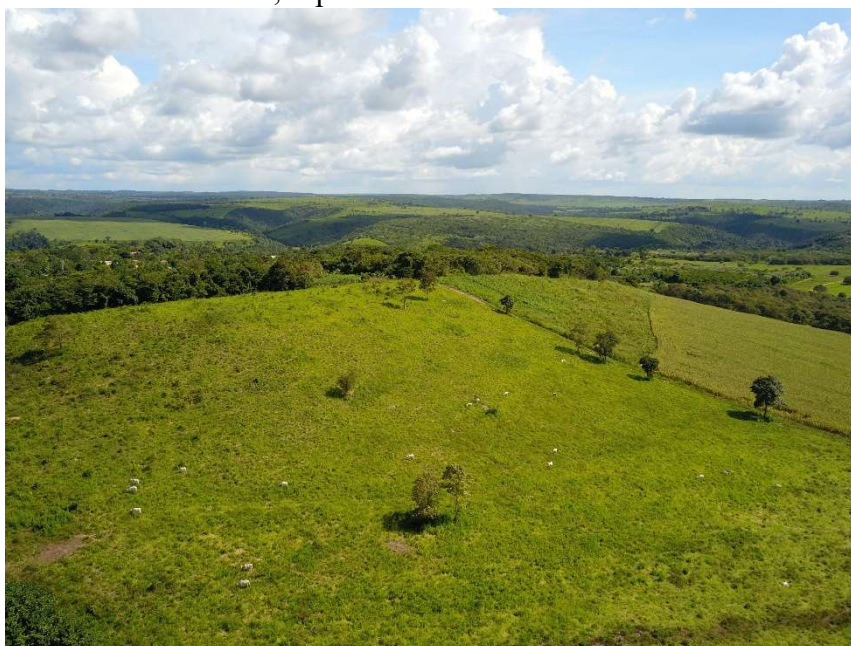


**Tabela 14:** Quantitativos de área por cada unidade paisagística relacionada ao uso e cobertura da terra no Centro de Endemismo Belém entre os anos de 1985 e 2020.

| CLASSES                          | 1985              |                 | 1995              |                | 2005              |                | 2015              |                | 2020              |                |
|----------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|
|                                  | Área (Km²)        | %               | Área (Km²)        | %              | Área (Km²)        | %              | Área (Km²)        | %              | Área (Km²)        | %              |
| Rio, Lago e Oceano               | 5.687,76          | 2,297%          | 5.103,31          | 2,06%          | 5.076,35          | 2,050%         | 4.671,79          | 1,89%          | 5.226,66          | 2,11%          |
| Formação Florestal               | 179.771,25        | 72,595%         | 157.278,26        | 63,51%         | 131.643,59        | 53,160%        | 121.055,72        | 48,88%         | 120.016,53        | 48,47%         |
| Formação Savânica                | 1.543,81          | 0,623%          | 1.298,85          | 0,52%          | 1.145,80          | 0,463%         | 926,77            | 0,37%          | 1.118,37          | 0,45%          |
| Mangue                           | 5.849,60          | 2,362%          | 5.961,83          | 2,41%          | 6.002,35          | 2,424%         | 6.004,29          | 2,42%          | 5.940,35          | 2,40%          |
| Floresta Plantada (Silvicultura) | -                 | 0,000%          | 19,60             | 0,01%          | 333,55            | 0,135%         | 580,99            | 0,23%          | 584,17            | 0,24%          |
| Formação Campestre               | 3.488,98          | 1,409%          | 3.220,10          | 1,30%          | 3.166,41          | 1,279%         | 3.260,09          | 1,32%          | 3.061,39          | 1,24%          |
| Pastagem                         | 48.299,94         | 19,504%         | 70.874,89         | 28,62%         | 95.581,50         | 38,598%        | 103.794,05        | 41,91%         | 101.985,12        | 41,18%         |
| Praia e Duna                     | 30,89             | 0,012%          | 50,89             | 0,02%          | 48,63             | 0,020%         | 35,77             | 0,01%          | 3,09              | 0,00%          |
| Infraestrutura Urbana            | 526,06            | 0,212%          | 961,98            | 0,39%          | 1.204,91          | 0,487%         | 1.350,48          | 0,55%          | 1.386,38          | 0,56%          |
| Outras Áreas não Vegetadas       | 3,88              | 0,002%          | 0,43              | 0,00%          | 0,02              | 0,000%         | 0,12              | 0,00%          | 27,17             | 0,01%          |
| Mineração                        | 7,25              | 0,003%          | 16,52             | 0,01%          | 35,30             | 0,014%         | 97,02             | 0,04%          | 110,96            | 0,04%          |
| Apicum                           | 216,41            | 0,087%          | 277,55            | 0,11%          | 194,03            | 0,078%         | 312,91            | 0,13%          | 209,17            | 0,08%          |
| Soja (Lavoura Temporária)        | -                 | 0,000%          | -                 | 0,00%          | 112,03            | 0,045%         | 1.294,07          | 0,52%          | 3.373,43          | 1,36%          |
| Outras Lavouras Temporárias      | 4,32              | 0,002%          | 4,85              | 0,00%          | 210,27            | 0,085%         | 1.121,25          | 0,45%          | 1.225,82          | 0,50%          |
| Campo Alagado e Área Pantanosa   | 2.014,15          | 0,813%          | 2.226,05          | 0,90%          | 2.264,03          | 0,914%         | 1.889,17          | 0,76%          | 2.060,87          | 0,83%          |
| Outras Lavouras Perenes          | 191,14            | 0,077%          | 340,33            | 0,14%          | 616,67            | 0,249%         | 1.240,95          | 0,50%          | 1.305,96          | 0,53%          |
| <b>Total</b>                     | <b>247.635,44</b> | <b>100,000%</b> | <b>247.635,44</b> | <b>100,00%</b> | <b>247.635,44</b> | <b>100,00%</b> | <b>247.635,44</b> | <b>100,00%</b> | <b>247.635,44</b> | <b>100,00%</b> |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Figura 42:** Pastagens usadas para pecuária extensiva no âmbito no Sudeste do Centro de Endemismo Belém, especificamente em Bom Jesus das Selvas.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Figura 43:** Área preparada para lavouras temporárias de grãos presentes no contexto do Centro de Endemismo Belém, município de Itinga (MA), perto da divisa com o Pará.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Figura 44:** Lavouras permanentes em uma de suas principais culturas no Centro de Endemismo Belém, o cultivo de dendê (*Elaeis guineenses*) perto da sede do município de Mãe do Rio (PA).



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).



**Figura 45:** Uso da terra na forma de silvicultura de eucaliptos na Região do Bico do Papagaio Maranhense, nos divisores de águas das Bacias do Ararandeuá-Capim, Tocantins e Gurupi, Sul do Centro de Endemismo Belém.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Tabela 15:** Percentual de crescimento decadal e anual de cada célula paisagística de uso e cobertura da terra no Centro de Endemismo Belém entre os anos 1985 e 2020.

| CLASSES                          | ANOS DE REFERÊNCIA |                 |            |                 |            |                 |            |                 |
|----------------------------------|--------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
|                                  | 1995/1985          |                 | 2005/1995  |                 | 2015/2005  |                 | 2020/2015  |                 |
|                                  | Cresc. (%)         | Cresc. (% a.a.) | Cresc. (%) | Cresc. (% a.a.) | Cresc. (%) | Cresc. (% a.a.) | Cresc. (%) | Cresc. (% a.a.) |
| Rio, Lago e Oceano               | -10,3%             | -1,1%           | -0,5%      | -0,1%           | -8,0%      | -0,8%           | 11,9%      | 2,3%            |
| Formação Florestal               | -12,5%             | -1,3%           | -16,3%     | -1,8%           | -8,0%      | -0,8%           | -0,9%      | -0,2%           |
| Formação Savânica                | -15,9%             | -1,7%           | -11,8%     | -1,2%           | -19,1%     | -2,1%           | 20,7%      | 3,8%            |
| Mangue                           | 1,9%               | 0,2%            | 0,7%       | 0,1%            | 0,0%       | 0,0%            | -1,1%      | -0,2%           |
| Floresta Plantada (Silvicultura) | -                  | -               | 1.601,8%   | 32,8%           | 74,2%      | 5,7%            | 0,5%       | 0,1%            |
| Formação Campestre               | -7,7%              | -0,8%           | -1,7%      | -0,2%           | 3,0%       | 0,3%            | -6,1%      | -1,2%           |
| Pastagem                         | 46,7%              | 3,9%            | 34,9%      | 3,0%            | 8,6%       | 0,8%            | -1,7%      | -0,4%           |
| Praia e Duna                     | 64,7%              | 5,1%            | -4,4%      | -0,5%           | -26,4%     | -3,0%           | -91,4%     | -38,7%          |
| Infraestrutura Urbana            | 82,9%              | 6,2%            | 25,3%      | 2,3%            | 12,1%      | 1,1%            | 2,7%       | 0,5%            |
| Outras Áreas não Vegetadas       | -88,9%             | -19,7%          | -95,3%     | -26,4%          | 500,0%     | 19,6%           | 22.541,7%  | 195,8%          |
| Mineração                        | 127,9%             | 8,6%            | 113,7%     | 7,9%            | 174,8%     | 10,6%           | 14,4%      | 2,7%            |
| Apicum                           | 28,3%              | 2,5%            | -30,1%     | -3,5%           | 61,3%      | 4,9%            | -33,2%     | -7,7%           |
| Soja (Lavoura Temporária)        | -                  | -               | -          | -               | 1.055,1%   | 27,7%           | 160,7%     | 21,1%           |
| Outras Lavouras Temporária       | 12,3%              | 1,2%            | 4.235,5%   | 45,8%           | 433,2%     | 18,2%           | 9,3%       | 1,8%            |
| Campo Alagado e Área Pantanosa   | 10,5%              | 1,0%            | 1,7%       | 0,2%            | -16,6%     | -1,8%           | 9,1%       | 1,8%            |
| Outras Lavouras Perenes          | 78,1%              | 5,9%            | 81,2%      | 6,1%            | 101,2%     | 7,2%            | 5,2%       | 1,0%            |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Contudo, antes de discutir as métricas associadas às paisagens naturais remanescentes do CEB, é importante destacar que a análise geocológica integrada considera toda a sua delimitação territorial da biorregião, não adotando conceitos geopolíticos ou institucionais. Isso se dá pelo motivo de que dezenas de milhares desses fragmentos florestais e de demais coberturas naturais estudadas independem desses limites, pois os ultrapassam. Nessa perspectiva, os fragmentos que interceptam as linhas de divisas interestaduais são tratados como células únicas, e não como unidades geocológicas ou biorregionais distintas em unidades federativas diferentes. Em outros termos, em a premissa é que em uma região biogeográfica devem inexistir limites geopolíticos.

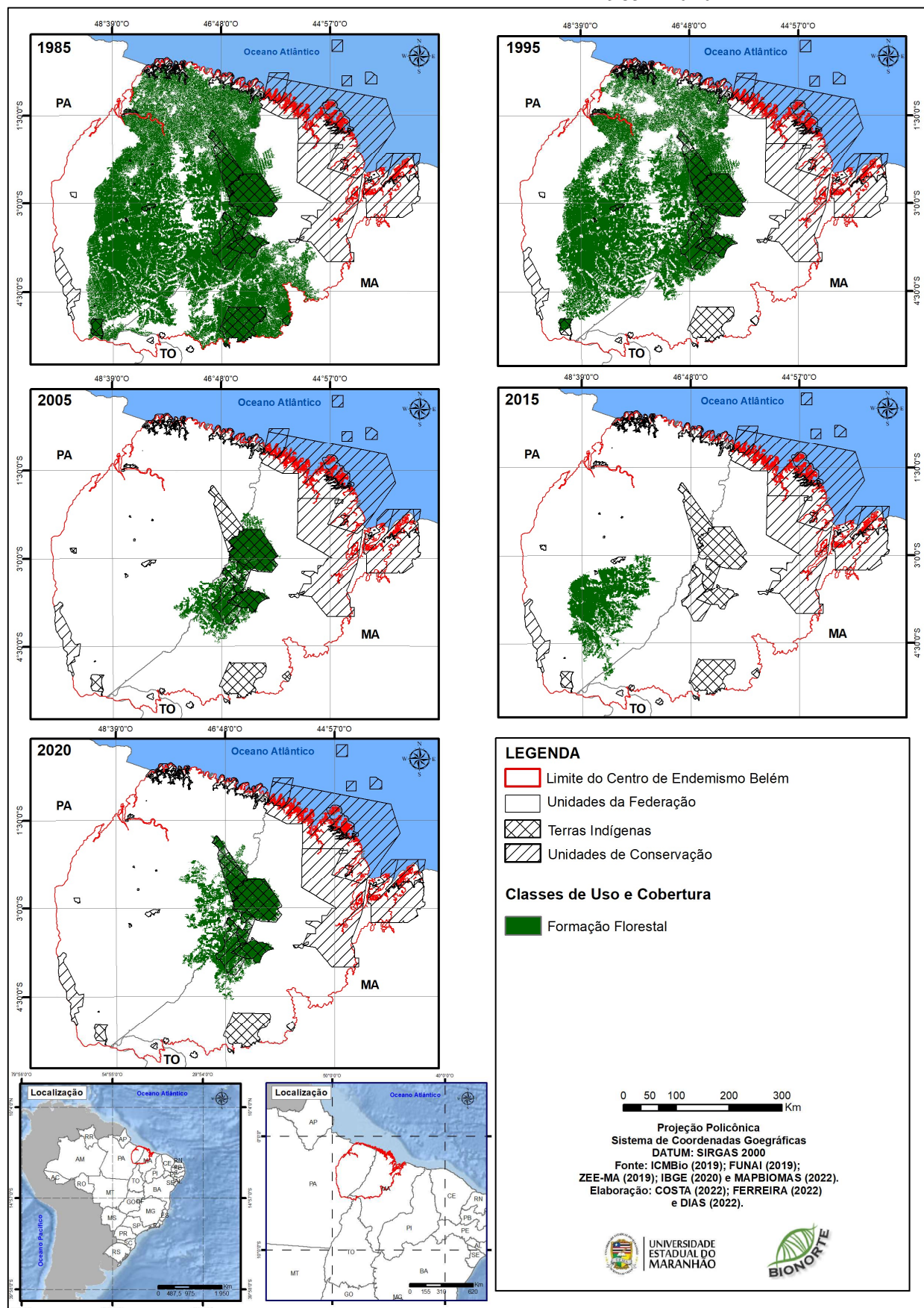
Na análise integrada foram utilizados dados de uso e cobertura da coleção 6.0 do MAPBIOMAS (2022), série histórica mais recente e publicada em agosto de 2021, e foi necessário realizar correções de precisão nas bordas de classes com técnicas de geoprocessamento. Tais ajustes cartográficos concorreram para a configuração de maiores manchas contínuas de coberturas vegetais nativas do CEB (Figura 46), sem que houvesse prejuízo à disposição dos dados. A Tabela 16 apresenta os tamanhos dos fragmentos por cada tipologia de vegetação nativa analisada.

O índice de maior mancha, portanto, é equivalente à análise espacial de tamanho de área do maior fragmento da paisagem, nesse caso, da maior mancha de formação florestal contínua e conectada do Centro de Endemismo Belém. É importante destacar que os mosaicos, em que pese os de formações florestais, possuem conectividade, ou seja, são interligados por corredores ecológicos ainda existentes. Assim, desde o ano de 1985, houve uma perda do espaço total da conectividade dos conjuntos paisagísticos em destaque. Enquanto nesse marco temporal havia mancha contínua na ordem de 119.906,00 km<sup>2</sup>, em 2020 o quantitativo areal representava 20.885,80 km<sup>2</sup>. A redução geográfica foi de 82,58% em apenas 35 anos.

Entre os anos de 1985 e 1995, foi detectada uma perda de 22.669 km<sup>2</sup> das formações florestais contínuas. Todavia, o intervalo com maior percentual de perda de cobertura florestal registrada no CEB foi entre 1995 e 2005, evidenciando que os processos de supressão, desmembramento e desestruturação das coberturas vegetais com flormacoes florestais se intensificaram mais na virada do século. Entre os anos de 2005 e 2015, contudo, haveria mudanças nesses padrões e para áreas distintas com maior mancha contínua.

A articulação territorial e paisagístico, associada ao que CELENTANO et al. (2018) e DIAS et al. (2019) denominam de Mosaico Gurupi, passaria por uma diminuição de suas dimensões entre 2005 e 2015, quando perderia o status de maior fragmento contíguo para uma área situada a Sudoeste daquela, no Pará. Dessa forma, durante a primeira metade da década de 2010, o maior fragmento era de 14.130,70 km<sup>2</sup>.

**Figura 46:** Mapa de indicativo de maior mancha de áreas de vegetação nativa contínua no Centro de Endemismo Belém entre os anos de 1985 e 2020.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Tabela 16:** Índice de maior mancha para as principais feições paisagísticas naturais do Centro de Endemismo Belém para os anos de 1985 a 2020.

| FORMAÇÃO FLORESTAL      |            |           |           |           |           |
|-------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Ano                     | 1985       | 1995      | 2005      | 2015      | 2020      |
| Área (km <sup>2</sup> ) | 119.906,00 | 82.082,90 | 15.651,50 | 14.130,70 | 20.885,80 |
| MANGUES                 |            |           |           |           |           |
| Ano                     | 1985       | 1995      | 2005      | 2015      | 2020      |
| Área (km <sup>2</sup> ) | 243,67     | 249,65    | 289,55    | 289,81    | 260,74    |
| APICUM                  |            |           |           |           |           |
| Ano                     | 1985       | 1995      | 2005      | 2015      | 2020      |
| Área (km <sup>2</sup> ) | 4,17       | 4,29      | 4,5       | 8,05      | 4,92      |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).

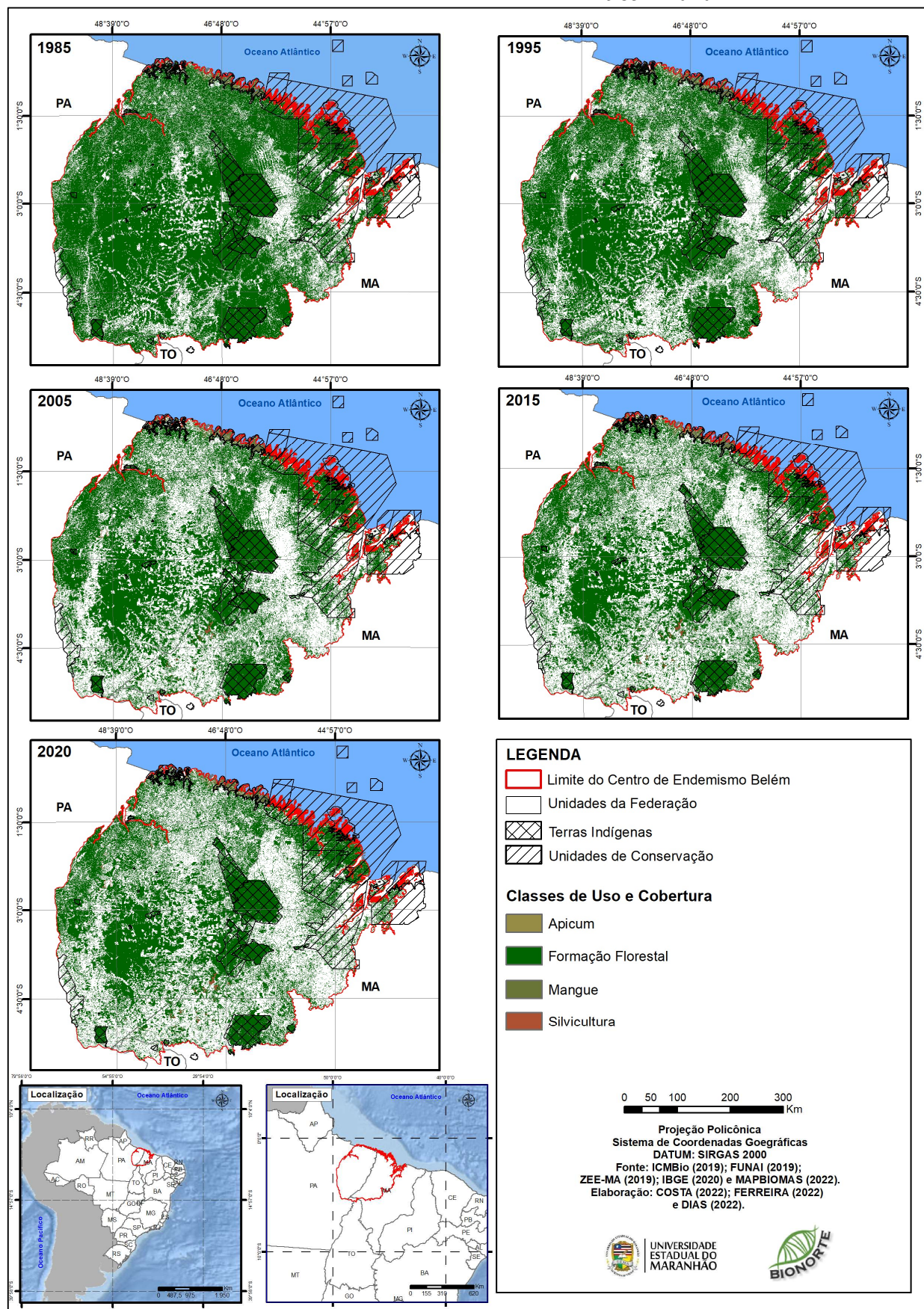
As pressões de uso e cobertura da terra foram ampliadas nas áreas protegidas do Oeste do Maranhão e Leste do Pará (ARAÚJO et al., 2011; SILVA JUNIOR et al., 2020). Contudo, supõe-se que houve recuperação paisagística entre 2016 e 2020, no Mosaico Gurupi, o que o fez retornar ao primeiro lugar enquanto área mais expressiva de maior mancha de coberturas vegetais no âmbito do Centro de Endemismo Belém. Quanto às formações vegetais de mangues e apicuns, em virtude do tamanho de suas áreas, não houve variações significativas ao longo do período compreendido entre 1985 e 2020. Por serem ecossistemas costeiros e sujeitos à variação do nível relativo do mar e das dinâmicas litorâneas, os sistemas ambientais pouco perderam em área total nos intervalos adotados. Se forem avaliadas apenas as áreas iniciais e finais de ambos, o primeiro teve um aumento de área contínua na ordem de 7,01%, enquanto o outro variou positivamente em 17,99% em área.

As pressões de uso materializadas no CEB entre 1985 e 2020, como visto, causaram a diminuição dos índices de maior mancha. Todavia, estas não traduzem sozinhas toda a realidade do processo de fragmentação pelo qual passou a região biogeográfica. Para maior certeza científica quanto à situação ecológica da Amazônia Oriental, procedeu-se à contagem dos fragmentos de formações florestais, de mangues e de apicuns, sobretudo. Posteriormente, tabulou-se o tamanho médio dos fragmentos e a densidade das manchas.

Como pode ser visualizado em ilustrações específicas (Figura 47, Tabela 17), o Centro de Endemismo Belém salta de um total de 591.354 fragmentos de formações florestais em 1985 para 684.512. Isso representa um aumento de 15,75% em 35 anos. Por outro lado, no mesmo período o tamanho médio dos fragmentos de vegetação florestal, como a presente na Figura 48, caíram 43,3%, ou seja, de 30 ha, em média, para 17 ha no período analisado. Esses números indicam alta fragmentação da paisagem e diminuição da conexão entre as mesmas, conforme será visto mais adiante.



**Figura 47:** Mapa de fragmentos de formações vegetais nativas amazônicas no contexto territorial do Centro de Endemismo Belém entre 1985 e 2020.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Tabela 17:** Métricas relacionadas a fragmentos de formações vegetais nativas amazônicas no Centro de Endemismo Belém entre 1985 e 2020.

| 1985                 |                     |                       |                                 |
|----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|
| CLASSES              | TOTAL DE FRAGMENTOS | DENSIDADE DAS MANCHAS | TAMANHO MÉDIO DAS MANCHAS (KM²) |
| Formações Florestais | 591.354             | 2,38                  | 0,3                             |
| Mangues              | 20.764              | 0,08                  | 0,28                            |
| Apicum               | 8.796               | 0,03                  | 0,02                            |
| 1995                 |                     |                       |                                 |
| CLASSES              | TOTAL DE FRAGMENTOS | DENSIDADE DAS MANCHAS | TAMANHO MÉDIO DAS MANCHAS (KM²) |
| Formações Florestais | 708.243             | 2,85                  | 0,22                            |
| Mangues              | 22.037              | 0,088                 | 0,27                            |
| Apicum               | 10.965              | 0,04                  | 0,025                           |
| 2005                 |                     |                       |                                 |
| CLASSES              | TOTAL DE FRAGMENTOS | DENSIDADE DAS MANCHAS | TAMANHO MÉDIO DAS MANCHAS (KM²) |
| Formações Florestais | 571.162             | 2,3                   | 0,23                            |
| Mangues              | 17.326              | 0,06                  | 0,35                            |
| Apicum               | 6.992               | 0,02                  | 0,028                           |
| 2015                 |                     |                       |                                 |
| CLASSES              | TOTAL DE FRAGMENTOS | DENSIDADE DAS MANCHAS | TAMANHO MÉDIO DAS MANCHAS (KM²) |
| Formações Florestais | 588.959             | 2,37                  | 0,2                             |
| Mangues              | 17.879              | 0,07                  | 0,34                            |
| Apicum               | 10.251              | 0,04                  | 0,03                            |
| 2020                 |                     |                       |                                 |
| CLASSES              | TOTAL DE FRAGMENTOS | DENSIDADE DAS MANCHAS | TAMANHO MÉDIO DAS MANCHAS (KM²) |
| Formações Florestais | 684.512             | 2,76                  | 0,17                            |
| Mangues              | 19.950              | 0,08                  | 0,3                             |
| Apicum               | 8.719               | 0,03                  | 0,024                           |

**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).

**Figura 48:** Feição-tipo de fragmento de formações florestais no Centro de Endemismo Belém, em Nova Ipixuna (PA).



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2021).



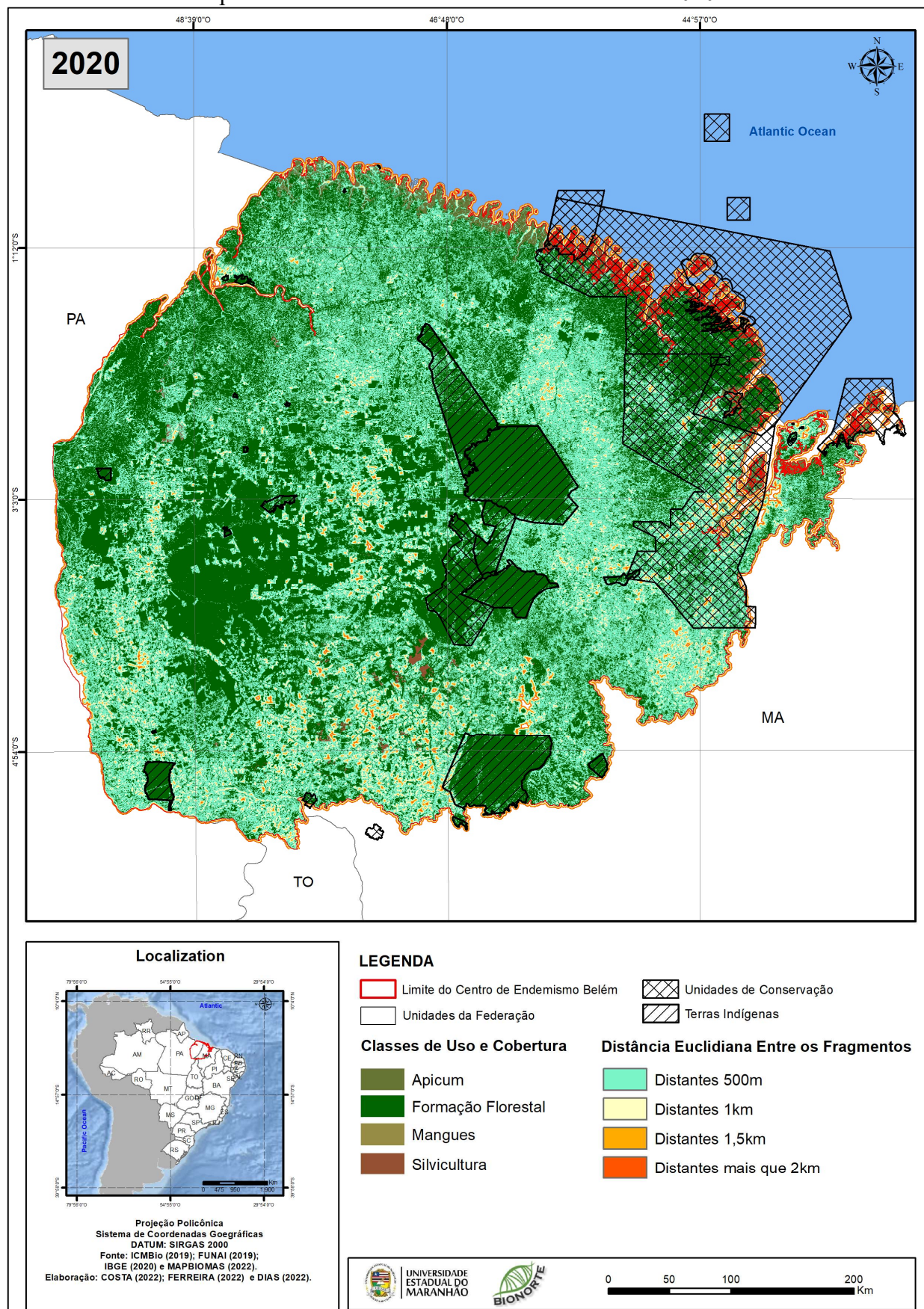
É prudente destacar um fato demonstrado nos dados referentes aos fragmentos de formações florestais presentes no CEB: entre 1995 e 2005, o total de unidades desconectadas nesse tipo de célula cartográfica diminuiu. Contudo, isso não significa que a fragmentação da paisagem passou pelo mesmo processo. Ao serem analisados os números em uma perspectiva evolutiva, esses anos apresentaram uma perda efetiva de 137.081 fragmentos. Em seguida, entre 2005 e 2020, houve uma recuperação de 113.350 desses pequenos mosaicos paisagísticos. Isso significa que houve perdas por processos de supressão parcial da vegetação ou pela ampliação dos focos ativos de calor entre 1995 e 2005. A partir disso, houve apenas o aumento no quantitativo de fragmentos, o que não desencadearia novo crescimento florestal, conforme já indicado na Tabela 14.

As demais formações vegetais, representadas por mangues e apicuns, não apresentaram grandes ganhos ou perdas reais de fragmentos. Contudo, há que se indicar que essas feições paisagísticas, embora não necessariamente conectadas ecológica e geograficamente com os principais núcleos de formações florestais, são de importância estratégica para a conservação e precisam ser monitorados e acompanhados quanto à ampliação ou redução de área total ou de número de fragmentos.

Com a formação de enclaves humanos ocupacionais em áreas em que outrora dominavam vastas formações florestais, rapidamente a demanda por conexão dos povoamentos antropocênicos foi-se maximizando em porte e tamanho, sobretudo entre 1985 e 2005. Isso ocorreu pela necessidade de integração geopolítica e produtiva nacional e infranacional dos territórios, quer seja para a ampliação da dominação espacial amazônica, quer seja para a facilitação do escoamento de produtos da floresta e mobilidade de pessoas (BECKER, 2001; 2007a; 2007b). Assim, a diminuição de área de fragmentos conflui para a ampliação de um efeito maléfico à manutenção das coberturas vegetais nativas: o efeito de borda. Este, por sua vez, tende a ampliar a capacidade de estocagem de calor nos limites da vegetação remanescente e, por isso, são mais sensíveis à gênese ou à propagação de focos de calor, como queimadas e incêndios.

É nesse sentido que, em atinência ao conceito de corredores ecológicos, insere-se a métrica de paisagem denominada distância euclidiana entre os fragmentos, que busca correlacionar a proximidade entre os fragmentos. Essa proposição é importante para detectar a existência ou a viabilidade de funcionamento de corredores ecológicos expressos na paisagem. Para tal, no contexto do Centro de Endemismo Belém, foram aplicados cálculos adequados em ambiente SIG, os quais geraram o mapa presente na Figura 49.

**Figura 49:** Mapa demonstrativo das distâncias euclidianas entre os fragmentos de vegetação nativa presentes no Centro de Endemismo Belém em 2020.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

É possível destacar que ao Sul do CEB há uma grande concentração de fragmentos que distam entre si em mais de 2,0km, o que denota isolamento ecológico e biogeográfico em relação às áreas matrizes no Pará e no Maranhão, as quais estão localizadas em dois grandes fragmentos contínuos, como já comentado. Por outro lado, o afastamento das chamadas manchas de vegetação florestal está associado à ausência de corredores ecológicos reais e efetivos que as conecte. Em mosaico, as funções ecológicas dessas áreas remanescentes, aqui não indicadas em suas tipologias, acabam por comprometer a própria manutenção em médio e longo prazos dos estoques de biodiversidade nativa.

Contudo, um pouco mais de 65% dos fragmentos florestais estão dispostos a uma distância de até 500 metros entre si. Eles apontam, portanto, para alguma capacidade de conectividade, o que é comum em áreas de povoamento e ocupação efetiva recente, ainda mais em áreas neotropicais. Em outro espectro, as demais formações vegetais não apresentam problemas quanto à sua conectividade, pois estão inseridas dentro da distância mínima. Por conseguinte, a silvicultura já se mostra presente continuamente, o que indica alteração na dinâmica conectiva das paisagens regionais. Outras discussões sobre viabilidades de conexão na escala de médias e macropaisagens será vista a seguir.

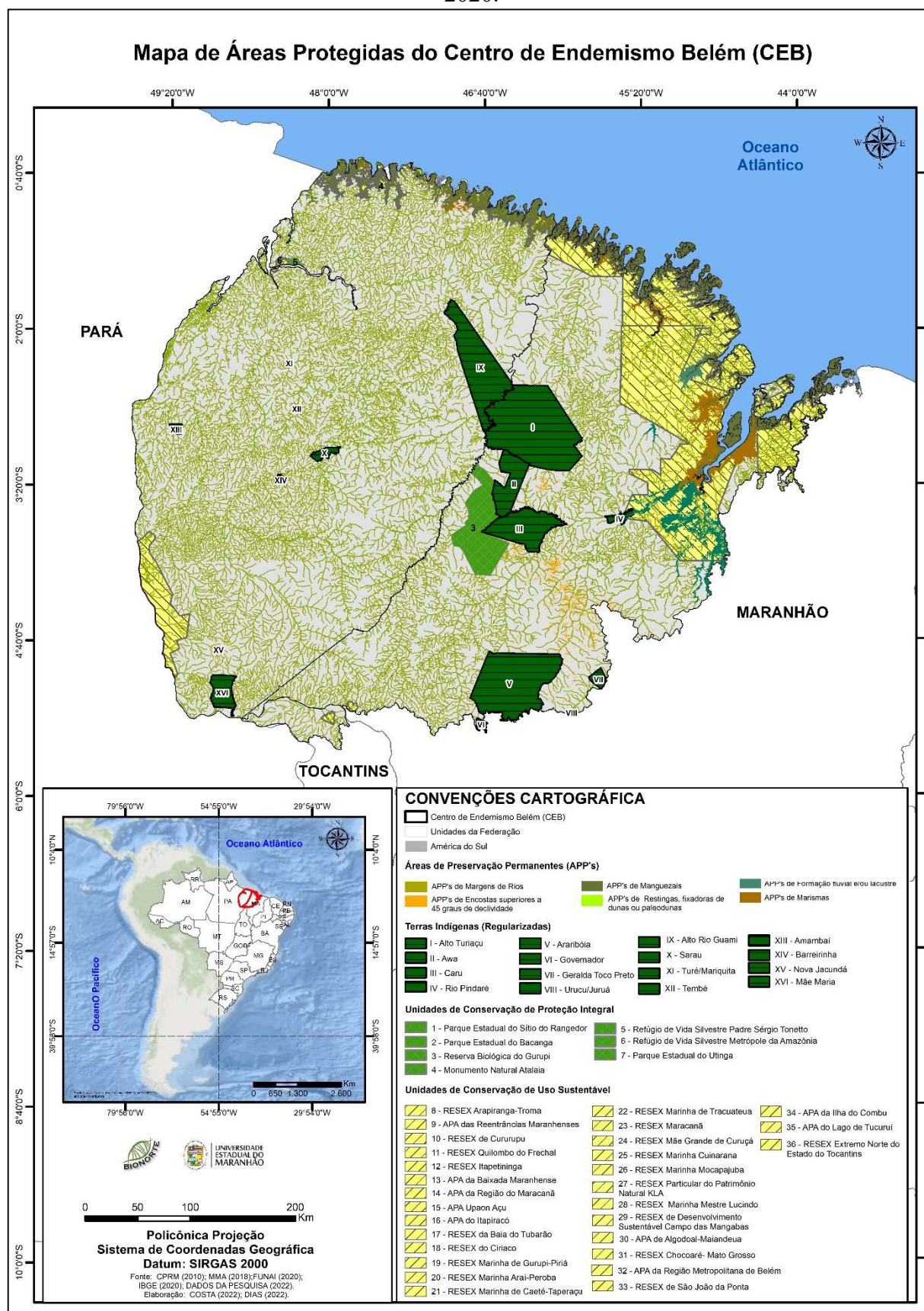
#### **4.6. Áreas Protegidas, Áreas Prioritárias para a Conservação e a Configuração Propositiva de Corredores Ecológicos para o Centro de Endemismo Belém**

A abordagem dada na Amazônia (*lato sensu*) para corredores ecológicos cinge-se a áreas onde a concentração florestal, especificamente de ecossistemas nativos, está em espaços físicos de menor povoamento humano. Biorregiões como o CEB acabam por não possuir indicativos técnicos sobre como integrar suas paisagens e biodiversidades, uma vez que ele não é partícipe dos principais planos, programas e projetos de conexão ecológica regional. Isso é sintomático de um problema maior: a inobservância por parte dos formuladores de políticas públicas quanto à urgência de criação de conectores ecológicos entre as paisagens remanescentes para proporcionar fluxos de biodiversidade.

Embora haja uma profusão de cursos hídricos na Amazônia Oriental, cuja vegetação ripária é legalmente protegida no Brasil, as mesmas possivelmente perdem paulatinamente suas funções ecológicas para a conectividade necessária das paisagens. A Figura 50 e a Tabela 18 apresentam, respectivamente, as áreas totais em km<sup>2</sup> por tipologia de território de proteção legal e a localização e distribuição geográfica das áreas protegidas da parte continental e costeira do CEB. Na presente abordagem, de natureza geoecológica, há que se indicar que o princípio da comparação geográfica é indispensável, uma vez que ele permite um entendimento integrado dos quadros de áreas protegidas e suas principais características distributivas. Nesse aspecto, alia-se diretamente aos postulados dos geossistemas (MATEO-RODRIGUEZ e SILVA, 2019; MARQUES NETO, 2022).



**Figura 50:** Mapa de áreas protegidas no contexto do Centro de Endemismo Belém para o ano de 2020.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).



**Tabela 18:** Quantitativo de áreas protegidas no Centro de Endemismo Belém por tipologia e com respectivas áreas em km<sup>2</sup>.

| Nº | APP'S                                                    | ÁREA (KM <sup>2</sup> ) | PERCENTUAL SOBRE TOTAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (%) | PERCENTUAL SOBRE A ÁREA DO CEB (%) |
|----|----------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------|
| 1  | APP's de Restingas, fixadoras de dunas ou paleodunas     | 73,38                   | 0,09%                                          | 0,03%                              |
| 2  | APP's de Formação fluvial e/ou lacustre                  | 2.370,77                | 2,94%                                          | 0,96%                              |
| 3  | APP's de Manguezais                                      | 7.194,97                | 8,93%                                          | 2,91%                              |
| 4  | APP's de Marismas                                        | 2.300,96                | 2,86%                                          | 0,93%                              |
| 5  | APP's de encosta $\geq 45^\circ$                         | 61,35                   | 0,08%                                          | 0,02%                              |
| 6  | APP's de Margens de Rios                                 | 13.185,09               | 16,36%                                         | 5,32%                              |
|    | <b>Totais</b>                                            | <b>25.186,52</b>        | <b>31,26%</b>                                  | <b>10,17%</b>                      |
| Nº | TERRAS INDÍGENAS                                         | ÁREA (KM <sup>2</sup> ) | PERCENTUAL SOBRE TOTAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (%) | PERCENTUAL SOBRE A ÁREA DO CEB (%) |
| 1  | Terras Indígenas no Maranhão                             | 12.462,95               | 15,47%                                         | 5,03%                              |
| 2  | Terras Indígenas no Pará                                 | 3.766,23                | 4,67%                                          | 1,52%                              |
|    | <b>Totais</b>                                            | <b>16.229,18</b>        | <b>20,14%</b>                                  | <b>6,55%</b>                       |
| Nº | UNIDADES DE CONSERVAÇÃO                                  | ÁREA (KM <sup>2</sup> ) | PERCENTUAL SOBRE TOTAL DE ÁREAS PROTEGIDAS (%) | PERCENTUAL SOBRE A ÁREA DO CEB (%) |
| 1  | Unidades de Conservação de Proteção Integral             | 2.828,74                | 3,51%                                          | 1,14%                              |
| 2  | Unidades de Conservação de Uso Sustentável               | 36.337,83               | 45,09%                                         | 14,67%                             |
| 3  | Área Total de Unidades de Conservação (km <sup>2</sup> ) | 39.166,57               | 48,60%                                         | 15,82%                             |
|    | <b>Totais</b>                                            | <b>80.582,27</b>        | <b>100,00%</b>                                 | <b>32,54%</b>                      |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

A legislação brasileira em vigência é profícua na definição de áreas protegidas. A despeito de classificações ou considerações tipológicas, como a presente em SILVA et al. (2022). Com os estoques de vegetação nativa, sobretudo de porte florestal, diminuindo ao longo das últimas décadas (MU e JONES, 2022), os principais remanescentes estão inseridos sobretudo em Terras Indígenas (TIs), Unidades de Conservação e em Áreas de Preservação Permanentes (APPs).

Somam-se a elas os aprovisionamentos de formações vegetais nativas ou secundárias presentes em propriedades particulares que ainda mantém as suas Reservas Legais (RLs). Todas essas tipologias de áreas protegidas são definidas no Brasil por legislação específica, mas é fato que apenas as TIs e UCs são consideradas fortemente para fins de conservação ambiental por parte de planejadores ligados a órgãos oficiais de gestão ambiental. Embora importantes e estratégicas, as RLs não estão espacializadas neste trabalho, haja vista requerem metodologias próprias de reconhecimento cartográfico e identificação de conflitos de sobreposição de propriedades e inconformidades nos procedimentos de autodeclaração de dados nas bases oficiais de cadastro. Some-

se ainda o fato de que, no Maranhão, por exemplo, ainda não há esforços significativos de homologação do Cadastro Ambiental Rural (CAR) e consequentemente de RLs, mesmo em áreas de máxima proteção legal, como é o caso da Baixada Maranhense (MARANHÃO, 2020).

Dessa feita, ao abordar Terras Indígenas, Unidades de Conservação e Áreas de Preservação Permanentes, apresenta-se um levantamento até aqui inédito acerca das dimensões reais de salvaguardas territoriais cartografadas para a Amazônia Oriental. Não se pode perder de vista, todavia, que a realidade dos mosaicos formados por essas unidades territoriais tenham efetivamente e praticamente a presença variada de ecossistemas já perturbados pelas atividades humanas, por vezes bastante predatórias. Essa é uma discussão que será vista ainda dentro desse tópico, sobretudo quando na demonstração argumentativa de comportamentos geográficos da distribuição e mosaicagem de áreas protegidas com as áreas prioritárias para a conservação no âmbito do CEB.

Assim, no que tange à área de trabalho, as UCs e TIs, que formadoras dos maiores blocos contínuos de salvaguarda da biodiversidade e do patrimônio geodiversos remanescentes na região biogeográfica ora trabalhada, estão em maior dimensão territorial no Maranhão, mas são pouco expressivas no Pará e quase inexistentes no Tocantins. Note-se que 31,26% de todas as áreas protegidas do CEB são compostas por seis tipologias de Áreas de Preservação Permanentes (APPs), definidas pelo Novo Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012), enquanto 20,14% são Terras Indígenas.

Já as UCs representam 48,60% de todos os territórios institucionalmente protegidos pelos Governos para fins de salvaguarda ambiental. Contudo, ao serem analisadas todas essas categorias à luz do espaço total do CEB, que, conforme já definido, é de 247.635,44 km<sup>2</sup>, menos de um terço são consideradas legalmente protegidas. Os demais 67,46% são destinados à produção, pois as questões de aplicação das leis quanto às reservas legais em propriedades amazônicas ainda estarão em análise durante esta década. Esse fato, *di per si*, caracteriza um passivo de Reservas Legais no espaço total do CEB, o que pode ser considerado nas políticas públicas relativas ao comércio de créditos de carbono, desde que os esforços planejados e envidados sejam pautados em estratégias de reintrodução de espécies vegetais nativas.

No que concerne às Áreas de Preservação Permanentes (APPs), há que ser feita uma diferenciação entre elas em duas modalidades: as localizadas em ambientes costeiros e as localizadas em ambientes continentais. As primeiras configuram paisagens com forte influência dos ambientes próximos ao mar, sendo caracterizadas por formações vegetais fixadoras de dunas (Figura 51) e/ou paleodunas e restingas, manguezais (Figura 52) e marismas tropicais e apicuns (Figura 53).

Já as continentais evidenciam-se em grande parte as vegetações de formação fluvial e/ou lacustre, ou seja, as de margens de rios (Figura 54), bem como as de lagos naturais (Figura 55) ou

artificiais, as protetoras de nascentes (Figura 56) e as de manutenção de encostas com mais de 45° de inclinação (Figura 57). Tal diferenciação é crucial, tendo em vista a necessária orientação dos cenários de mitigação de danos em seus ambientes e, por consequência, as perspectivas de restauração ou recuperação de áreas degradadas, mormente no que confere às demandas atuais por indução às matrizes bioeconômica em forte evidência.

**Figura 51:** Vegetação fixadora de dunas no município de Raposa (MA), extremo Nordeste do Centro de Endemismo Belém.



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2023).

**Figura 52:** Ecossistema de manguezais extensivos, intercalados por ambientes de restingas, município de Raposa (MA).



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2023).



**Figura 53:** Apicuns extensivos adjacentes ao estuário do Rio Pericumã, Baía de Cumã, Bequimão (MA), Área de Proteção Ambiental das Reentrâncias Maranhenses, nas proximidades de campos inundáveis extensivos.



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2022).

**Figura 54:** Mosaico de Áreas de Preservação Permanentes do tipo margens de rios no extremo Noroeste do Estado do Tocantins na localidade Encontro das Águas dos Rios Tocantins e Araguaia, município de Esperantina (TO).



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2022).



**Figura 55:** Mosaico de vegetação de Áreas de Preservação Permanentes às margens do lago natural Aquiri, Área de Proteção Ambiental da Baixada Maranhense, Viana (MA).



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2022).

**Figura 56:** Vegetação protetora de sistema de nascentes que fazem parte da Bacia do Rio Itinga, em Dom Eliseu (PA), próximo à divisa interestadual Pará-Maranhão. Esse tipo de paisagem é bastante típico das microbacias formadoras da Bacia Hidrográfica Interfederativa do Gurupi, em seu alto curso, que configura ambientes ecotonais de florestas ombrófilas abertas em direção aos Domínios Climatobotânicos dos Cerrados.



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2021).



**Figura 57:** Áreas de vertentes com mais de 45° de elevação com presença esparsa de vegetação em diversos estágios sucessionais na Serra do Tiracambu-Coroados, entre Bom Jesus das Selvas e Açailândia (MA).



**Fonte:** Acervo pessoal do Autor (2022).

Fato é que as pressões antropogênicas em curso, como já discutido em item precedente, acabou por alterar bastante as áreas protegidas apresentadas. Também é absolutamente consensuado na literatura especializada que as APPs são os principais corredores ecológicos viáveis existentes no Brasil (AB'SÁBER, 2004b; ALMEIDA et al., 2016; PEREIRA et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2017; SUTIL, GONÇALVES, VIEIRA, 2020; SILVA, RIBEIRO, SOARES, 2023) e, por consequência, no âmbito do CEB.

Em todas as suas tipologias categorizadas, esse tipo de território protegido deve ser admitido legalmente como uma modalidade de território viável à conexão de fauna e flora, sobretudo nas políticas de salvaguarda e de valoração ambiental, conforme indicado no Decreto Federal nº 5.758, de 13 de abril de 2006 (BRASIL, 2006), que estabeleceu o Plano Nacional de Áreas Protegidas (PNAP). Esse marco legal indica que as UCs e TIS, as quais já são consideradas nos esforços públicos e privados como áreas a proteger, devem estar integradas em esforços comuns de proteção. Contudo, as APPs devem ser realisticamente adotadas como a melhor forma, senão única, de conexão entre elas, mesmo que teoricamente. Assim, com esse último tipo de áreas protegidas seria viável conectar grandes matrizes de ecossistemas nativos remanescentes.

Ademais, os mosaicos desse conjunto de áreas protegidas serviriam ao seu propósito precípuo, que é o de condicionamento de fluxos gênicos, uma vez que nelas podem transitar diversos

representantes da biodiversidade regional, quer seja ela animal, quer seja ela vegetal (com o fluxo e dispersão de sementes e a dispersão de pólen). Dessa maneira, a conexão de paisagens, considerando a necessidade de integração de mosaicos de áreas protegidas, tidas regionalmente como matrizes, deve passar pela admissão de todas as modalidades de áreas onde a salvaguarda de paisagens e de biodiversidade é garantida por marcos legais. Em outras palavras, deve-se reafirmar que não apenas UCs e TIs são espaços geoecológicos e biogeográficos propensos à proteção real. As APPs, mais abrangentes territorialmente, são fundamentais para o intercâmbio da biodiversidade e igualmente requerem atenção especial para a efetivação de corredores ecológicos viáveis.

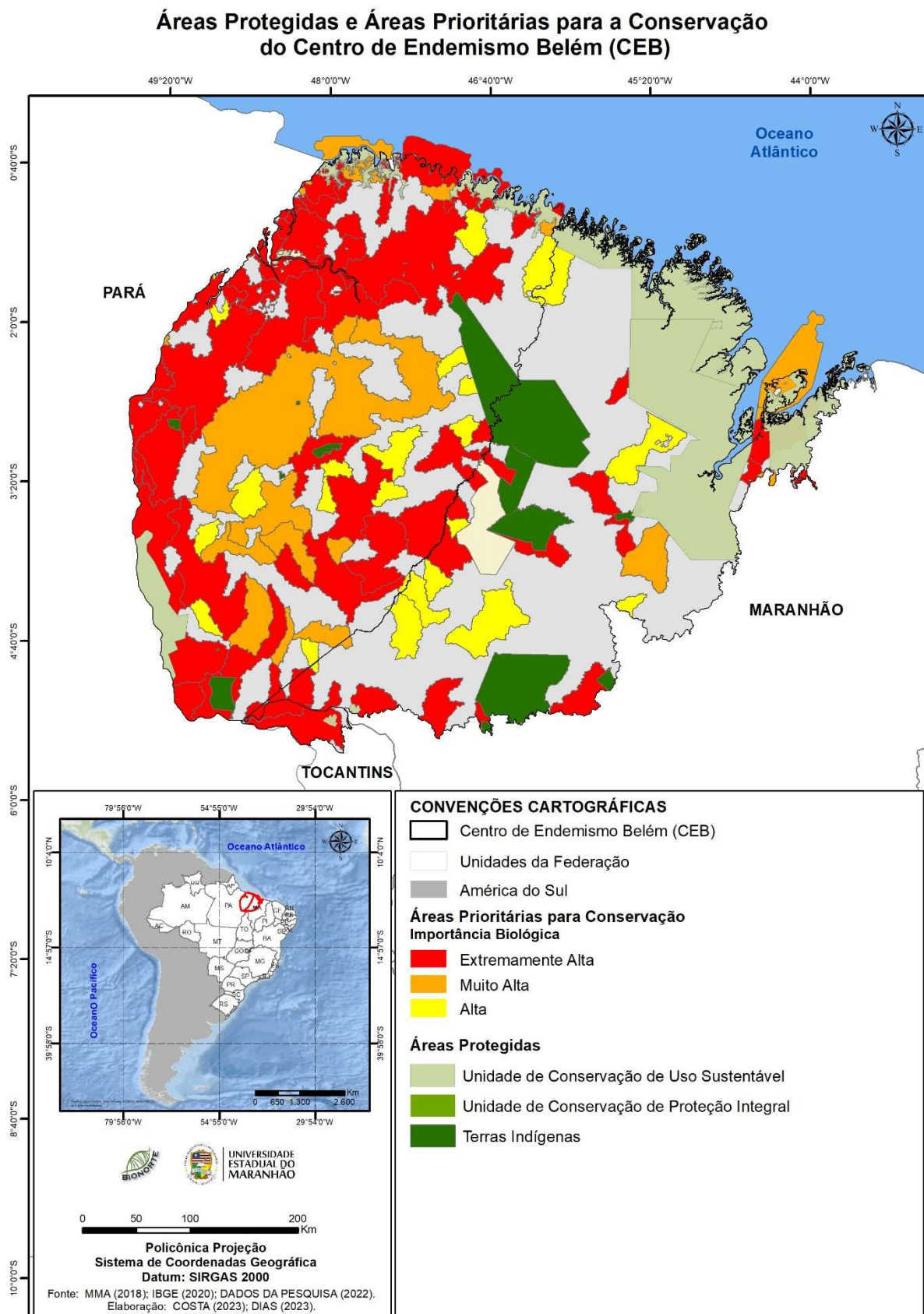
Contudo, a integração dessas modalidades de áreas protegidas deve igualmente perpassar pela necessária coadunação delas com as propostas legais vigentes de estabelecimento de Áreas Prioritárias para a Conservação (APCs). A coadunação das concepções protetivas mosaicadas com as unidades territoriais já criadas com essa finalidade deve ser o fio condutor de políticas públicas mais assertivas de conservação da natureza remanescente no CEB. Essa é a tônica dada deste ponto em diante, que além de envolver análises no que diz respeito às APCs, relacionará o foco dado às mesmas, bem como às áreas protegidas em agrupamento territorial devidamente disposto em demonstrativos cartográficos, de forma a entender proposta de criação de corredores ecológicos regionais.

As APCs foram propostas legalmente no Brasil de forma pioneira ainda entre os anos 1998 e 2000, quando pesquisas e consultas públicas, com presença de dezenas de especialistas em biodiversidade brasileira, foram conduzidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA). A culminância dessa atividade veio com a publicação do Decreto Federal nº 5.094, de 21 de maio de 2004 (BRASIL, 2004).

A institucionalização dos trabalhos permitiu as publicações de dois grandes conjuntos de dados sobre APCs, sendo o primeiro em 2007, com a formatação de bibliografia complementar a uma base de dados disponibilizada em mídias próprias (MMA, 2007). Em 2018, devido ao avanço das pressões humanas e às redefinições cartográficas sobre a concepção de biomas adota pelo Ministério, bem como a expansão das pesquisas sobre o tema no Brasil, foram alteradas as delimitações e as definições das APCs em âmbito nacional por modalidade de importância estratégica para adoção por políticas públicas (MMA, 2018). Foram estas as adotadas na presente pesquisa.

Em face de ambas as classificações, sendo adotada a mais recente, por questão de pertinência cronogeográfica, foi realizado mapeamento temático das APCs especificamente para o CEB (Figura 58). Toda a classificação obedeceu aos planos de informação que estabelecem prioridade, níveis e tipos de ações para a preservação de habitats e manutenção da biodiversidade está em conformidade com os dados disponíveis (MMA, 2018). Na mesma projeção cartográfica foram inseridas as UCs e TIs, para dar noção de quão poucas são as áreas efetivamente protegidas no Centro de Endemismo.

**Figura 58:** Cartografia propositiva atual para as Áreas Prioritárias para a Conservação do Centro de Endemismo Belém.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).

Como disposto na figura precedente, há três classes de importância biológica identificadas para o CEB: as de Alta, Muito Alta e Extremamente Alta. Embora essas tipologias sejam usadas para todo o Brasil na classificação do MMA desde 2007, para a biorregião estudada esses indicativos apresentam significado especial, uma vez que traduzem de fato a urgência em reverter, mesmo que parcialmente, as pressões antropogênicas em curso.

Ao todo, dos 247.635,44 km<sup>2</sup> do CEB, 120.067,47 km<sup>2</sup>, ou 48,49% do território, são compostos por APCs (Tabela 19). De forma a elucidar a situação desse modelo de apontamento de políticas públicas de conservação, apenas 5,30%, ou 4.285,85 km<sup>2</sup>, são consideradas áreas de Alta Importância Biológica. Na classe Muito Alta encontram-se 31,68% do total, com 38.043,27 km<sup>2</sup>. Já os polígonos de Extremamente Alta Importância Biológica perfazem quase 1/3 do CEB, com 64,75% dele, ou seja, 77.738,35 km<sup>2</sup>, um território aproximadamente do tamanho da Escócia.

**Tabela 19:** Classificação das Áreas Prioritárias para a Conservação por prioridade, nome da ação, área e percentual.

| Nº | PRIORIDADE DE AÇÃO | NOME DA AÇÃO                                                                                                                  | ÁREA (KM2) | PERCENTUAL SOBRE O TOTAL (%) |
|----|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------|
| 1  | Alta               | Criação de UC de Uso Sustentável                                                                                              | 20,99      | 1,75%                        |
| 2  | Alta               | Criação de UC sem categoria definida                                                                                          | 321,52     | 0,27%                        |
| 3  | Alta               | Gestão integrada e participativa de áreas protegidas, corredores ecológicos e territórios de povos e comunidades tradicionais | 216,55     | 0,18%                        |
| 4  | Alta               | Recuperação de áreas degradadas                                                                                               | 3.726,78   | 3,10%                        |
| 5  | Muito alta         | Ampliação de Unidade de Conservação                                                                                           | 162,29     | 0,14%                        |
| 6  | Muito alta         | Criação de UC de Proteção Integral                                                                                            | 1.023,89   | 0,85%                        |
| 7  | Muito alta         | Criação de UC de Uso Sustentável                                                                                              | 323,16     | 0,27%                        |
| 8  | Muito alta         | Criação de UC sem categoria definida                                                                                          | 1.176,69   | 0,98%                        |
| 9  | Muito alta         | Criação e Fortalecimento de Instrumentos de Gestão Territorial                                                                | 114,43     | 0,10%                        |
| 10 | Muito alta         | Gestão integrada e participativa de áreas protegidas, corredores ecológicos e territórios de povos e comunidades tradicionais | 3.447,06   | 2,87%                        |
| 11 | Muito alta         | Monitoramento e Manejo                                                                                                        | 39,37      | 0,03%                        |
| 12 | Muito alta         | Recuperação de áreas degradadas                                                                                               | 31.756,39  | 26,45%                       |
| 13 | Extremamente alta  | Ampliação de Unidade de Conservação                                                                                           | 4.275,45   | 3,56%                        |
| 14 | Extremamente alta  | Criação de UC de Uso Sustentável                                                                                              | 3.186,40   | 2,65%                        |
| 15 | Extremamente alta  | Criação de Unidade de Conservação                                                                                             | 1.310,14   | 1,09%                        |
| 16 | Extremamente alta  | Criação e Fortalecimento de Instrumentos de Gestão Territorial                                                                | 1.372,70   | 1,14%                        |
| 17 | Extremamente alta  | Declarar como área não apta para atividades impactantes (mineração, exploração de óleo e gás, carcinicultura)                 | 339,83     | 0,28%                        |
| 18 | Extremamente alta  | Desenvolvimento de turismo de base comunitária sustentável                                                                    | 251,94     | 0,21%                        |
| 19 | Extremamente alta  | Desenvolvimento de Turismo de base comunitária sustentável                                                                    | 1.349,29   | 1,12%                        |

| Nº           | PRIORIDADE DE AÇÃO | NOME DA AÇÃO                                                                                                                  | ÁREA (KM2)        | PERCENTUAL SOBRE O TOTAL (%) |
|--------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 20           | Extremamente alta  | Fiscalização e Controle de Atividades Ilegais                                                                                 | 7.271,27          | 6,06%                        |
| 21           | Extremamente alta  | Fortalecimento das cadeias de valor dos produtos da sociobiodiversidade                                                       | 2.344,48          | 1,95%                        |
| 22           | Extremamente alta  | Gestão integrada e participativa de áreas protegidas, corredores ecológicos e territórios de povos e comunidades tradicionais | 9.804,27          | 8,17%                        |
| 23           | Extremamente alta  | Monitoramento e Manejo                                                                                                        | 3.008,78          | 2,51%                        |
| 24           | Extremamente alta  | Reconhecimento de Áreas Conservadas por Comunidades Tradicionais                                                              | 2.833,98          | 2,36%                        |
| 25           | Extremamente alta  | Reconhecimento de Território Quilombola (Regularização Fundiária)                                                             | 365,58            | 0,30%                        |
| 26           | Extremamente alta  | Recuperação de áreas degradadas                                                                                               | 39.749,51         | 33,11%                       |
| 27           | Extremamente alta  | Redução de impacto de atividade degradante                                                                                    | 6,62              | 0,01%                        |
| 28           | Extremamente alta  | Turismo Sustentável                                                                                                           | 268,09            | 0,22%                        |
| <b>Total</b> |                    |                                                                                                                               | <b>120.067,47</b> | <b>100,00%</b>               |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Embora não tenha ligação direta entre esse valor e os 120.016,53 km<sup>2</sup> de formações vegetais remanescentes no território analisado (o que já foi oportunamente citado e analisado), há que se supor que haja concordância em proteger áreas relictuais inseridas na gradação espacial de possibilidades protetivas dispostas no mapa retromencionado. Mas a realidade não é bem essa. Embora próximos, os números traduzem duas situações opostas: o que é necessário proteger e o que ainda resta de vegetação florestal nativa no CEB.

Essa dicotômica abordagem acaba por implicar em uma consequente indicação de que há uma necessária tomada de decisões técnico-científicas, que deve conduzir a posturas de eleição de prioridades quanto à elaboração e implementação de políticas públicas na área analisada. Assim, na escala de paisagem e face às grandes perdas absolutas de coberturas vegetais no CEB, há que se partir de duas premissas efetivamente reais:

- há um total de 16 TIs e 36 UCs em todo o CEB, sendo que, dentre estas últimas, apenas sete são UCs de Proteção Integral e tão-somente a Reserva Biológica do Gurupí possui tamanho areal significativo para a manutenção, mesmo que parcial, dos estoques de biodiversidade nela existentes na atualidade;
- o quantitativo de 128 polígonos referentes a APCs estão presentes em todo o CEB, número esse produzido e disposto pela cartografia presente na Figura 58. Contudo, nem todos possuem paisagens vegetacionais nativas, mesmo que fragmentadas, favoráveis à proteção efetiva. A verdade é que as áreas recomendadas, embora espacializem idiosincrasias



ambientais e ações que deveriam ser consideradas como obrigatórias à conservação, estão deveras impactadas pelas ações humanas em curso.

Em assim sendo, convém orientar para a resolução de conflitos protetivos no CEB, isso a partir de três pontos técnico-científicos considerados fulcrais para o planejamento biorregional:

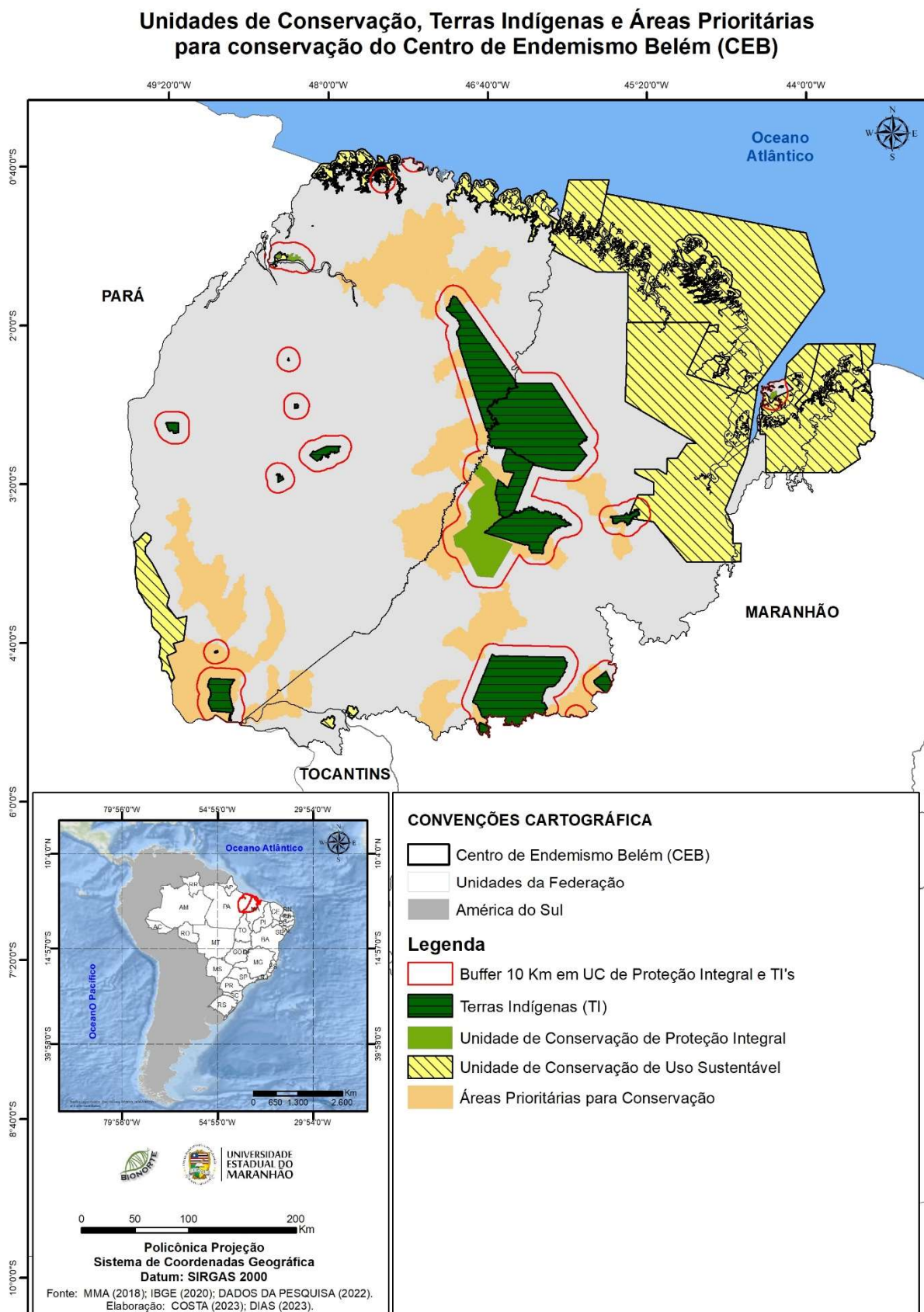
- a) expansão cartográfica das zonas de amortecimento das UCs de Proteção Integral para uma configuração de *buffer* na ordem de 10 km em relação à poligonal definida;
- b) proposição de áreas de igual funcionalidade e espessura para as TIs, onde estão localizados os principais redutos de vegetação nativa (e de fauna e flora a ela associados) de toda a Amazônia Oriental;
- c) consideração da possibilidade de constituição cartográfica de mosaicos de paisagens, como o modelo do Mosaico Gurupi (CELENTANO et al., 2018), já comentando no âmbito deste trabalho.

Após, estrategicamente deve-se verificar quais APCs tangenciam os limites das UCs de Proteção Integral e Terras Indígenas ou de suas zonas de amortecimento. Ao serem estabelecidas essas conexões, dispõe-se de um modelo geoecológico-cartográfico para articulação de políticas públicas, sobretudo quanto à recuperação de áreas e estabelecimento de processos de desfragmentação de paisagens. É nesse contexto que, aplicado ao CEB, tem-se a articulação de propostas de corredores ecológicos considerados factíveis (Figura 59), haja vista o redimensionamento da ótica macroescalar para duas regiões específicas.

Sendo corredores ecológicos faixas lineares (longitudinais, latitudinais e diagonais), com a presença de habitats suscetíveis à permeabilidade da biodiversidade, a premissa adotada para o CEB encontrou caminhos para a conexão de fragmentos, manchas e matrizes paisagísticas de importância local ou regional, o que é amplamente discutido na literatura especializada (FRY, TRESS e TRESS, 2009; LANG e BLASCHKE, 2009; BOTEQUILHA-LEITÃO e GUIOMAR, 2021). Essas unidades geoecológicas e biogeográficas servem, ainda, para a indicação de políticas públicas de restauração das paisagens, em busca da desfragmentação ou criação de condições de continuidade e manejo dos ecossistemas (ARRUDA, 2004).

Essas unidades ou células territoriais devem ser circunscritas a áreas nucleares relevantes para a manutenção (VANZOLINI, 1980; AB'SÁBER, 2006; ARAÚJO e BASTOS, 2019) ou recuperação de áreas degradadas (BRANCALION, GANDOLFI e RODRIGUES, 2015). Com isso, os corredores ecológicos podem atingir seus principais objetivos, que é garantia de manutenção da biodiversidade, de sua dispersão, reprodução e salvaguarda, sobretudo em face das mudanças ambientais regionais e macrorregionais em curso (VIOLA e FRANCHINI, 2018).

**Figura 59:** Mapa de Unidades de Conservação, Terras Indígenas (ambas com proposta de zona de amortecimento de 10 km de buffer) e Áreas Prioritárias para a Conservação no Centro de Endemismo Belém.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).

É possível observar que existem núcleos isolados no CEB, o que é representado por TIs que, a despeito do fato de serem estrategicamente importantes, não são conectadas aos demais blocos paisagísticos segundo o procedimento adotado e exposto até aqui. Assim, elas não serão consideradas para a composição do *design* paisagístico dos mosaicos que formam os corredores ecológicos. Por outro lado, tendo em vista a concentração de áreas protegidas no Estado do Maranhão, formadoras do Mosaico Gurupi (CELENTANO et al., 2018; DIAS et al., 2019; DIAS et al., 2023), permite uma aderência maior, com percolação territorial do Pará ao Maranhão, longitudinalmente.

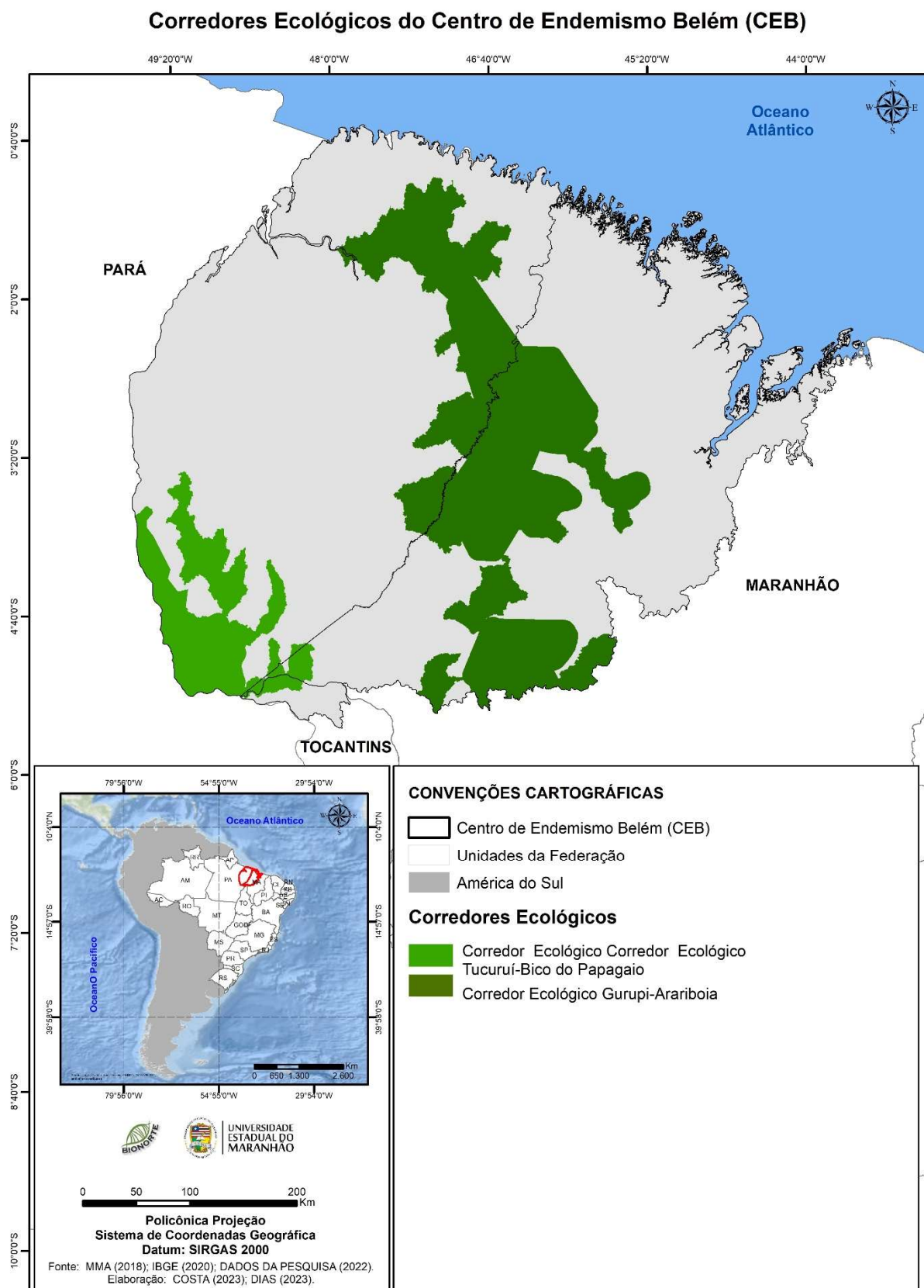
A Sudoeste, outro modelo paisagístico é destacado, mantendo possíveis induções à conexão entre TIs e APCs situadas das áreas próximas à APA do Lago de Tucuruí até chegar à região do Bico do Papagaio, no Maranhão, e perpassando pela confluência dos Rios Tocantins e Araguaia. Sua disposição é pró-parte longitudinal, mas com segmentos reconhecíveis latitudinais e apresenta um comportamento espacial de definição dos principais limites do CEB com a biorregião amazônica vizinha, no caso o Centro de Endemismo Xingu.

Por conseguinte, e a partir da ilustração exibida, devem ser observados dois elementos importantes analíticos importantes: o primeiro refere-se ao fato da não adoção da APA da Baixada Maranhense, Norte e Nordeste da biorregião analisada, na delimitação do Corredor Ecológico Gurupi – Arariboia. Essa UC, juntamente com a APA das Reentrâncias Maranhenses, à qual é contígua, configuram corredores ecológicos particulares, sob outras orientações que não as dispostas aqui, já que forma um corredor já existente, devendo obedecer a regimes próprios de uso, ocupação, manejo e proteção. Isso está indicado nos artigos 11 a 13 da Lei Estadual nº 11.269, de 28 de maio de 2020 (MARANHÃO, 2020).

O segundo é que a APA do Lago de Tucuruí tem em seu Plano de Manejo a indicação de necessidade de sua inserção em mosaicos maiores e mais abrangentes de áreas a proteger, o que requer a sua inserção em esforços mais abrangentes de salvaguardas ambientais (PARÁ, 2021). Dessa maneira, adotou-se essa UC na composição do Corredor Ecológico Tucuruí – Bico do Papagaio. Em assim sendo, o disciplinamento dos dois corredores ecológicos para a CEB (Figura 60) é de fundamental importância para a indicação de ações de gestão ambiental por parte dos Estados e da União. Ademais, através da Bacia do Tocantins – Araguaia, esse mosaico pode se conectar com outras áreas amazônicas, tal qual com as dos Cerrados (LATRUBESSE et al., 2019) em áreas contíguas.

O Corredor Gurupi – Araiboia, segundo o modelo geográfico apresentado com base nas premissas já descritas, apresenta uma área total de 49.095,21 km<sup>2</sup> e está disposto entre os Estados do Maranhão e do Pará, de forma longitudinal. Abrange áreas desde a Bacia do Guamá/Capim no Centro Noroeste da área de pesquisa, até os contatos da Amazônia com os domínios dos Cerrados, no extremo Sul-Sudeste da biorregião, especificamente na Terra Indígena Arariboia.

**Figura 60:** *Design*, em escala de paisagens, dos corredores ecológicos propostos para o Centro de Endemismo Belém.



**Fonte:** Elaborado pelo Autor (2023).

Os blocos territoriais designativos que apresentam o modelo espacial de conectividade ora descrito são, para o Estado do Maranhão, parcialmente homólogos aos previstos por OLIVEIRA et al. (2019). Apresentam, todavia, uma variação para Leste, chegando à TI Pindaré, e um estreitamento no contato entre o bloco Norte e o bloco Sul do atual corredor ecológico proposto.

Utilizando os mesmos procedimentos metodológicos para a cartografia das paisagens regionais presentes em tópicos anteriores desta pesquisa, foram calculadas as métricas de paisagem aplicadas ao Corredor Gurupi – Arariboia. Elas apontam para um total de 107.131 fragmentos florestais (Figura 61) para o ano de 2020 (MAPBIOMAS, 2022), sendo que o maior fragmento (ou mancha) está disposto em uma área contínua de 16.710,80 km<sup>2</sup> e engloba o conjunto das áreas protegidas maranhenses e paraenses que compõem o Mosaico Gurupi (Figura 62). Consequentemente, o tamanho médio dos fragmentos é de 0,27 km<sup>2</sup>, inferior ao proposto por LAURENCE e VASCONCELOS (2009), que calcularam como tamanho mínimo de fragmento viável 100 ha, ou 1 km<sup>2</sup>. A área total dos fragmentos de formações florestais perfaz 47,99% do cômputo geral do Corredor, ou seja, 23.561,30 km<sup>2</sup>.

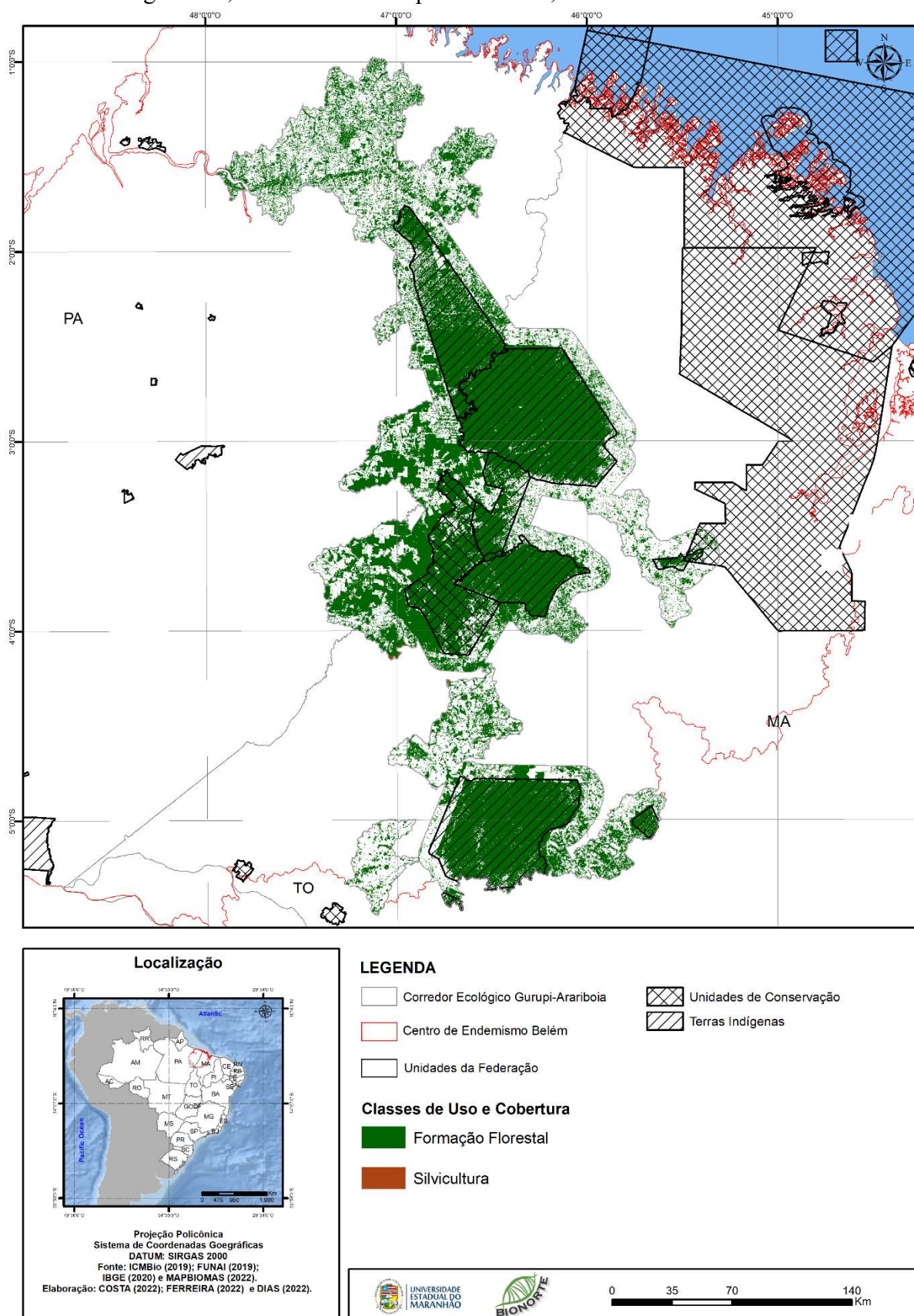
Foram ainda estabelecidos com técnicas computacionais os índices de proximidade entre os fragmentos (Figura 63). Na projeção cartográfica, percebe-se claramente que há possibilidade conectiva alta na porção Centro-Norte do Corredor Ecológico Gurupi – Arariboia, ao passo que a parcela Centro-Sul e Sudeste apresenta maior incidência de fragmentos com maiores distâncias entre eles.

Nesse sentido, é coerente indicar que uma das tipologias de áreas de conexão de paisagens são os denominados *stepping-stones* (LUO et al., 2021). Eles são parcelas locais com vegetação ainda presente, porém permeada por matrizes antropogênicas, que servem de ambientes ou pontos de parada para várias espécies da fauna regional durante suas jornadas migratórias dentro de suas áreas de vivência ou em busca de habitats saudáveis, uma vez que há muitos fragmentos distantes 500 metros ou mais uns dos outros.

Ocorre que, embora essa seja uma estratégia utilizada por muitos táxons, outros não dispõem de adaptações para suportar percursos longos e isso pode afetar não apenas a manutenção de populações geneticamente viáveis, como também concorre para a extinção local ou regional de um número de espécies que pode ser bastante expressivo. E como isso se materializa no âmbito de um Centro de Endemismo, essas perdas tendem a ser muito mais emblemáticas, dada a especialização elevada dos seus componentes biodiversos quanto à seleção de habitats. Analiticamente, há viabilidades de continuidade das conexões com as APPs de margens de rios e de nascentes que compõem essa parte do CEB. Contudo, elas não são vistas na escala de trabalho biorregional ora adotada, que é de 1:250.000.

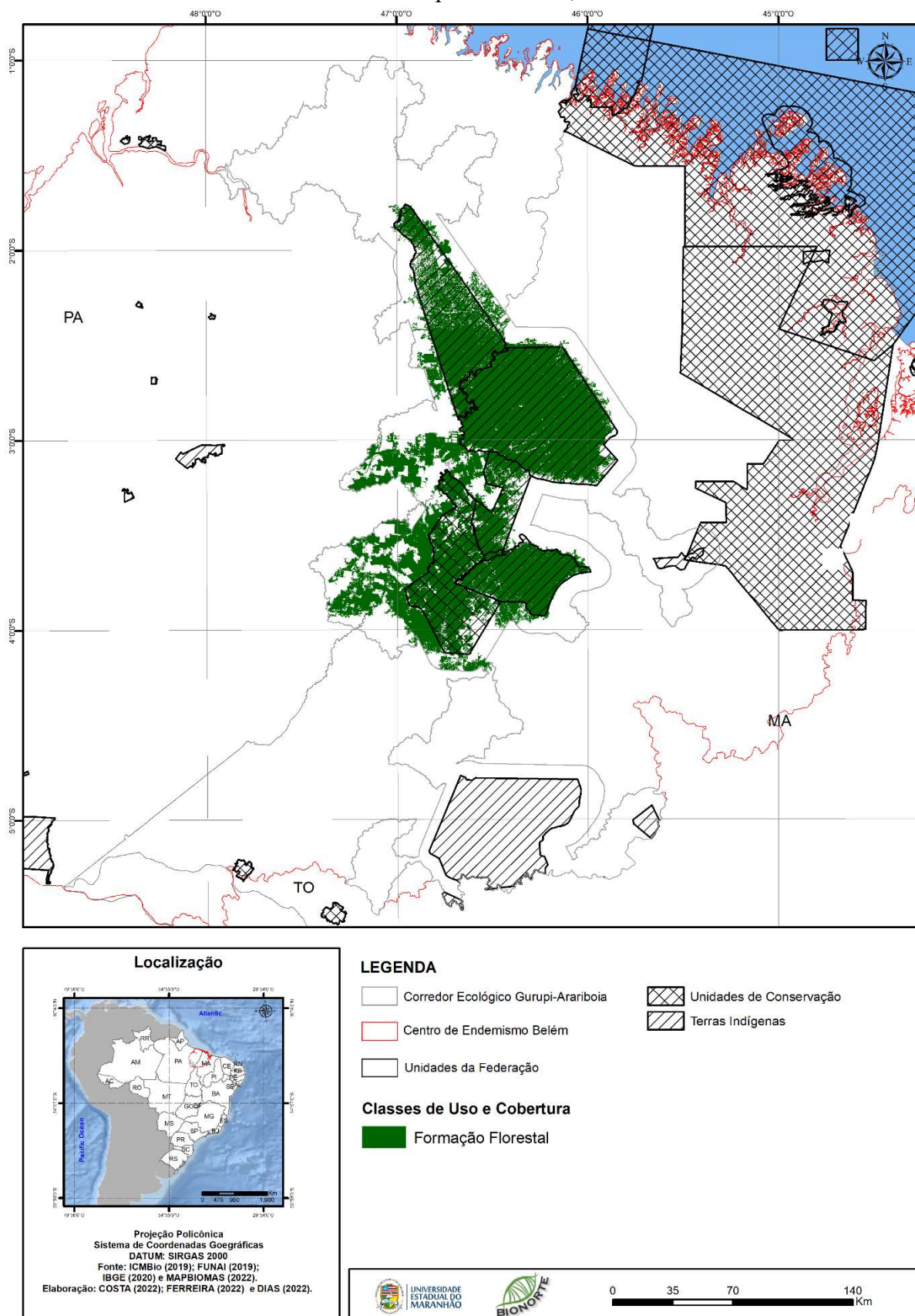


**Figura 61:** Distribuição espacial dos fragmentos de formações florestais remanescentes, na forma de fragmentos, no Corredor Gurupi - Arariboia, Centro de Endemismo Belém.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

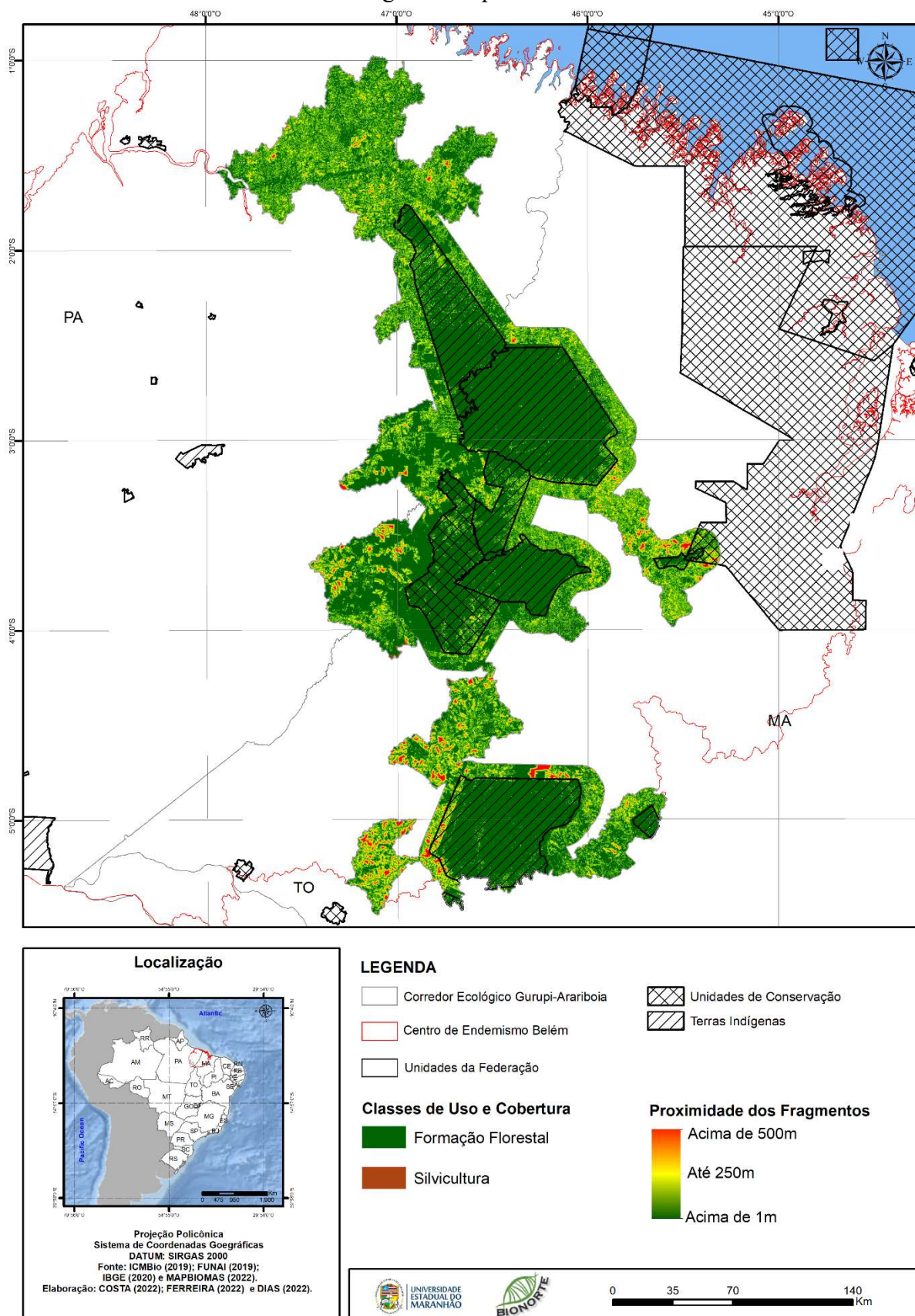
**Figura 62:** Maior fragmento (mancha) de formações florestais remanescentes espacializadas no contexto territorial do Corredor Gurupi - Arariboia, Centro de Endemismo Belém.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).



**Figura 63:** Mapeamento da proximidade entre os fragmentos (em metros) inseridos no Corredor Ecológico Gurupi - Arariboia.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

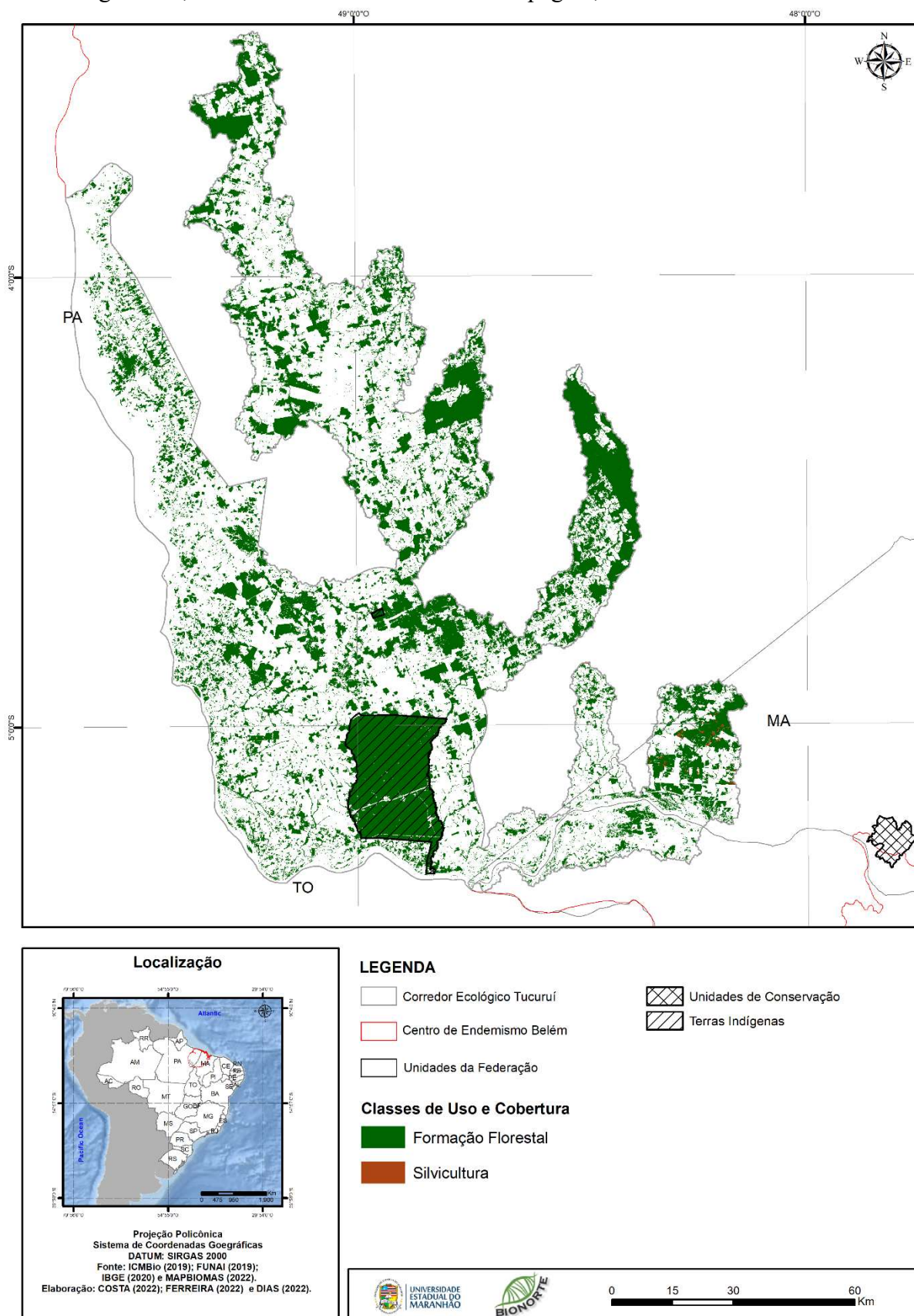
Já o Corredor Tucuruí – Bico do Papagaio, com seus 13.563,98 km<sup>2</sup>, apresenta um mosaico bastante heterogêneo de paisagens. Com 26.028 fragmentos de tamanhos areais médios de 0,17 km<sup>2</sup> (Figura 64), tem na TI Mãe Maria (no Pará) e em poucos espaços de entorno como a maior mancha (ou fragmento contínuo), com 448,26 km<sup>2</sup> (Figura 65). Não obstante o fato de possuir menos fragmentos que o Corredor Gurupi – Arariboia, o modelo ou *desing* paisagístico ora descrito apresenta menor quantidade percentual de áreas com coberturas vegetais de porte florestal em seu território, num total de 3.208,27 km<sup>2</sup>, ou 23,75% de área, apenas. Em outros termos, 76,25% do corredor proposto está antropizado.

O fato descrito no parágrafo anterior expõe uma dificuldade emblemática para a conexão das paisagens no comentado corredor ecológico: a baixa fragmentação comparativa mostra um elevado distanciamento entre os fragmentos (Figura 66), dificultando ainda mais os fluxos gênicos regionais. Afora a TI Mãe Maria, as demais áreas protegidas não apresentam espaços viáveis para a manutenção de grandes estoques genéticos. Contudo, essa lógica é importante, uma vez que a fragmentação expressiva dessa parcela do CEB orienta para políticas emergenciais de recomposição vegetal, com esforços de recuperação de áreas degradadas e consequente recuperação paisagística, já que o Corredor Tucuruí – Bico do Papagaio apresenta localização e situação geográficas estratégicas para essas atividades.

As variabilidades climáticas regionais já apresentadas podem ser suscitadas, também, para a compreensão da importância do estabelecimento dessas duas propostas de corredores ecológicos em função das alterações já confirmadas das dinâmicas atmosféricas (Figura 67), associadas ou potencializadas pelas pressões de uso da terra. A espacialização de ambos os *desings* paisagísticos nos mapas de classificações climáticas permite que sejam compreendidos dois fatos cruciais:

- a) na parcela Sul-Sudeste do CEB, onde foi proposta a implantação do Corredor Tucuruí – Bico do Papagaio, avançou substantivamente a expansão dos climas subúmidos secos (C1) em detrimento dos climas classificados como subúmidos chuvosos (C2), isso em relação às normais climatológicas de 1991-2020 em relação à precedente, ou seja, 1961-1990;
- b) é inequívoca a participação dos processos de uso humano intensivo da terra e perda de coberturas florestais na configuração das. A resposta principal foi a perda de umidade do CEB, o que é traduzida pelo desaparecimento de uma classificação climática (a B2), já citado. Isso afetou sobretudo a parcela Nor-Noroeste do Corredor Gurupi – Arariboia, justamente a área com a maior mancha florestal contínua desse conjunto paisagístico, bem como do CEB como um todo. O ressecamento nessa área pode implicar em maior fragmentação das áreas contínuas remanescentes, sobretudo por aumento das temperaturas em sua porção externa (efeito de borda).

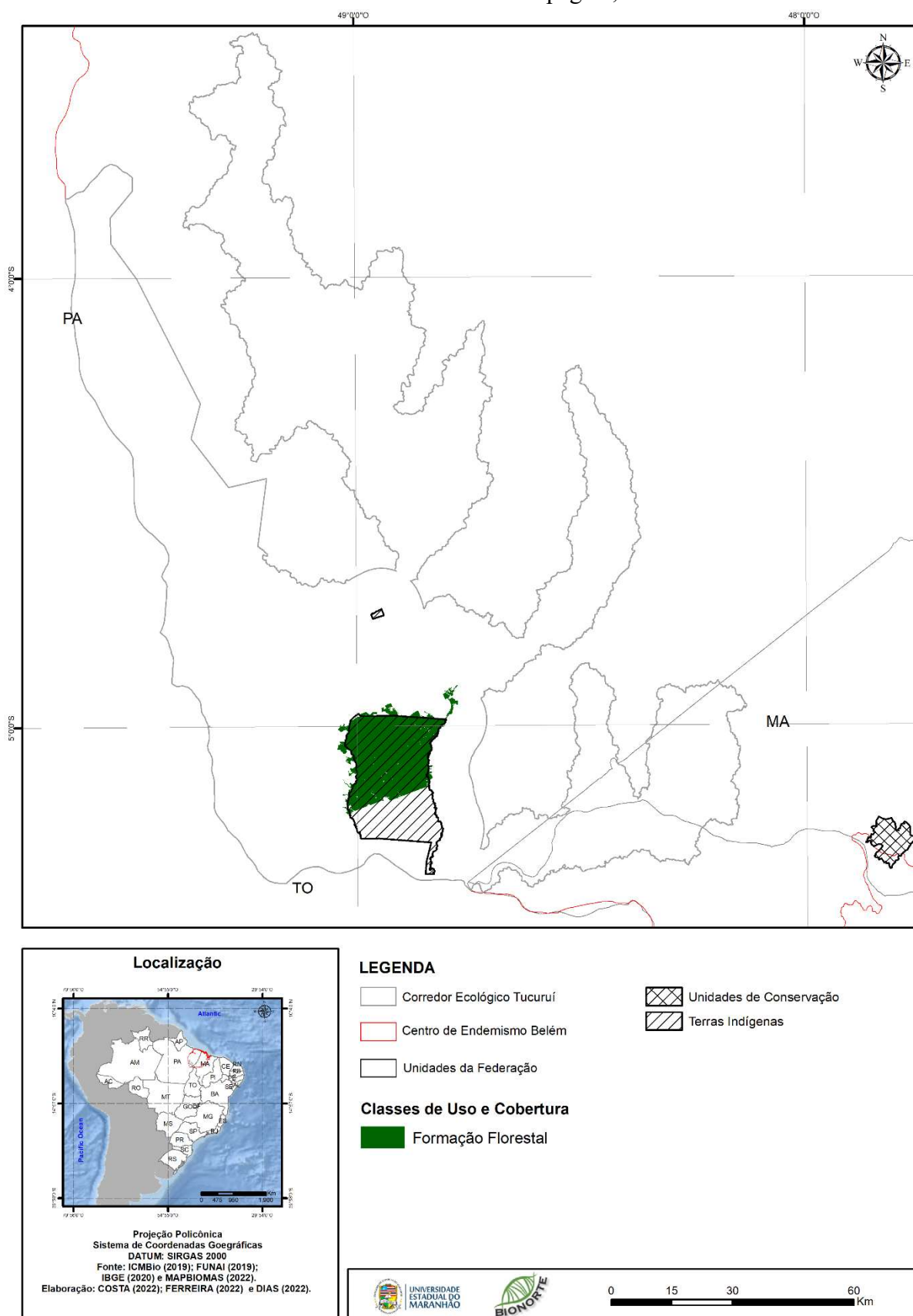
**Figura 64:** Distribuição espacial dos fragmentos de formações florestais remanescentes, na forma de fragmentos, no Corredor Tucuruí - Bico do Papagaio, Centro de Endemismo Belém.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

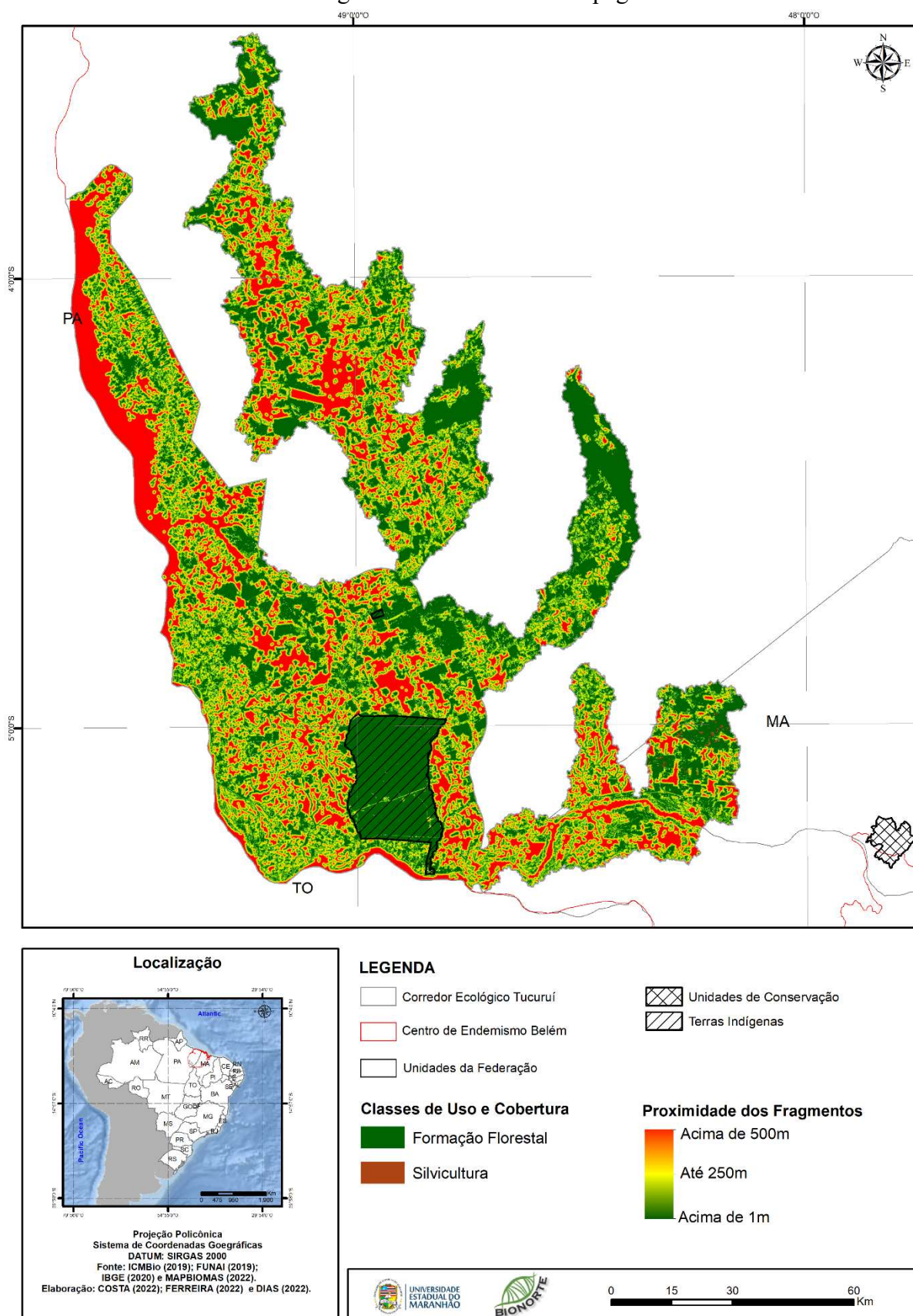


**Figura 65:** Maior fragmento (mancha) de formações florestais remanescentes espacializadas no contexto territorial do Corredor Tucuruí - Bico do Papagaio, Centro de Endemismo Belém.



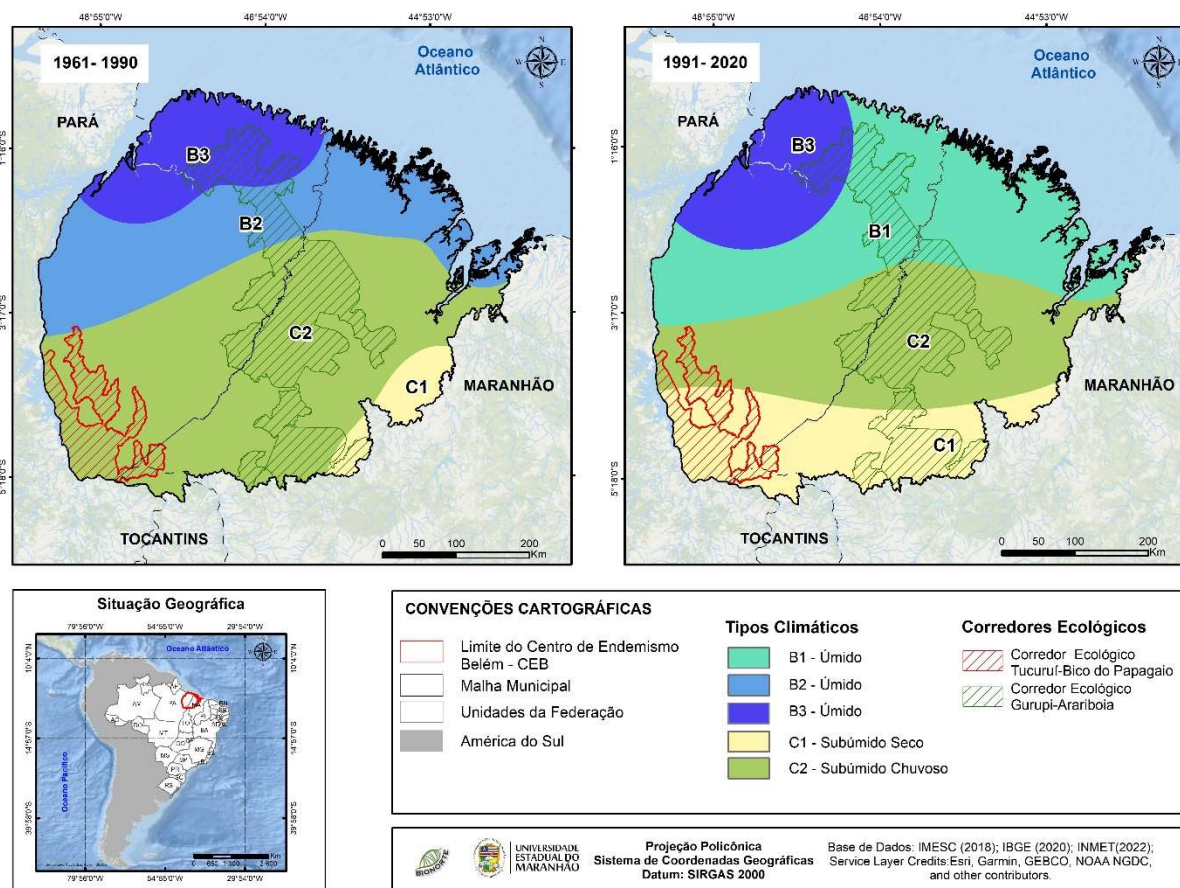
Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Figura 66:** Mapeamento da proximidade entre os fragmentos (em metros) inseridos no Corredor Ecológico Tucuruí - Bico do Papagaio.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

**Figura 67:** Comparativo dos Corredores Ecológicos propostos para o CEB frente às indicações de variabilidades climáticas entre 1961-1990 e 1991-2020.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

A demonstração mais cabal de que as alterações nos habitats presentes no CEB geraram dinâmicas climáticas adversas perpassa pela ampliação dos climas mais secos na região. Possível implicação primeira dá-se pela já comentada savanização do Sul da biorregião. Ambos os corredores propostos (Tabela 20) apresentam um avanço do clima Subúmido Seco (C1), sendo 483,11% no Corredor Gurupi – Arariboia e 10.797,87 km<sup>2</sup> no Corredor Tucuruí – Bico do Papagaio.

**Tabela 20:** Situação evolutiva do Corredor Ecológico Gurupi – Arariboia e do Corredor Ecológico Tucuruí – Bico do Papagaio quanto às classificações climáticas regionais entre 1961-1990 e 1991-2020.

| TIPO DE ÁREA                                | TIPO CLIMÁTICO (1961-1990) |                       |                       |                       |                       | Área Total (km <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|
|                                             | B3 (km <sup>2</sup> )      | B2 (km <sup>2</sup> ) | B1 (km <sup>2</sup> ) | C2 (km <sup>2</sup> ) | C1 (km <sup>2</sup> ) |                               |
| Corredor Ecológico Gurupi-Arariboia         | 6.948,52                   | 4.543,47              | -                     | 35.832,06             | 1.773,86              | 49.097,91                     |
| Corredor Ecológico Tucuruí-Bico do Papagaio | -                          | 39,24                 | -                     | 13.524,73             | -                     | 13.563,98                     |
| TIPO DE ÁREA                                | TIPO CLIMÁTICO (1991-2020) |                       |                       |                       |                       | Área Total (km <sup>2</sup> ) |
|                                             | B3 (km <sup>2</sup> )      | B2 (km <sup>2</sup> ) | B1 (km <sup>2</sup> ) | C2 (km <sup>2</sup> ) | C1 (km <sup>2</sup> ) |                               |
| Corredor Ecológico Gurupi-Arariboia         | 3.157,35                   | -                     | 11.585,56             | 24.011,43             | 10.343,57             | 49.097,91                     |
| Corredor Ecológico Tucuruí-Bico do Papagaio | -                          | -                     | -                     | 2.766,11              | 10.797,87             | 13.563,98                     |

Fonte: Elaborado pelo Autor (2023).

Outras tipologias climáticas também podem ser destacadas com base nas ilustrações indicadas. A diminuição de climas úmidos do tipo B3 (também denominados equatoriais) na ordem de 54,56% em relação às duas normais climatológicas de referência no Corredor Gurupi – Arariboia e o decréscimo de 79,55% nos climas subúmidos chuvosos (C2) no Corredor Tucuruí – Bico do Papagaio são igualmente emblemáticas. Contudo, soluções para essas perdas são imprescindíveis e estarão contidas nas discussões desta pesquisa em capítulo seguinte.

## 5. DISCUSSÕES

A situação geoecológica e biogeográfica integrada do Centro de Endemismo Belém é maximizada pela perda gradativa e rápida das características biomáticas holocênicas, com as impressões paisagísticas advindas das forçantes humanas sobre os sistemas naturais, as quais tem se transformado em um conjunto de antromas. Embora não seja consensual, conforme indicado no início da apresentação dos resultados da presente pesquisa, a área territorial do CEB precisa ser consensualmente definida (conforme proposto em todo o trabalho), ao considerar que seus mosaicos paisagísticos internos requerem tratamento integrado quanto à análise da biorregião na escala de paisagem.

Os processos ocupacionais amazônicos, geralmente analisados como os fluxos demográficos e culturais presentes na Amazônia desde o final do Pleistoceno e início do Holoceno, foram grifados em diversos achamentos arqueológicos distribuídos do Acre ao Maranhão e de Roraima e do Amapá até o Mato Grosso (BUENO, 2010). Apontam para culturas diferenciadas, mas com alto poder de manejo do território, seja por uso dos recursos (manejo das sementes caboclas, por exemplo), seja pelos resíduos dos usos dos recursos (como as terras pretas de índio).

A domesticação da Amazônica (LAURENCE e VASCONCELOS, 2009), por sua vez, está intimamente relacionada com a produção de alimentos (agricultura) e o manejo e melhoramento genético de plantas nativas, isso por empiria (tentativas de acerto e erro), sobretudo em processo de horticultura ou cultivos pequenos e controlados. Somou-se a isso a arboricultura, processo em que há cultivo de árvores, em que pesem as frutíferas. E essa combinação rica e rotativa é a base de um sistema agroflorestal local (e original), que permitiu a manutenção das culturas indígenas.

Já no contexto histórico, da colonização à atualidade, o manejo da floresta foi pautado por ciclos de exploração visando as orientações de cada período econômico. Assim como o século XIX representou o Ciclo da Borracha, o seguinte representou o Ciclo da Madeira e da Castanha. Atualmente, pauta-se um Ciclo da Biodiversidade, onde todos os contextos espaciais dos ecossistemas da Amazônia Brasileira, por exemplo, podem ser ambientes de “descoberta” de produtos para atender a preferências ou necessidades do mercado.

Por outro lado, a Geodiversidade do CEB, marcada pelos elementos geológicos e geomorfológicos resultantes de uma evolução da própria dinâmica tectônica, litológica e paleoclimática regional, não apresenta isoladamente nenhuma colaboração para a configuração dos padrões de biodiversidade regionais, mas auxilia nas configurações dos habitats presentes na região biogeográfica analisada. Esse elemento é considerado parcialmente responsável pelo desenvolvimento das formações vegetais na paisagem e totalmente entrelaçado com a manutenção de



hábitats e ecossistemas continentais e costeiros. Como expressão maior desse cenário integrado, a vegetação da Amazônia Oriental é avaliada com muito heterogênea, com 51 classes diagnosticadas cartograficamente, isso dado caráter ecotonal inter-biomático do CEB, complementado por questões de natureza climática associada.

É ponto pacífico que a conversão, no CEB, de áreas naturais em zonas de pressão de uso antropogênico foi maximizada por projetos de territorial, bem como pela indução à abertura de frentes de ocupação e colonização agrícola e agrária, tanto induzidas por políticas federais, quanto por políticas das unidades federativas (nomeadamente os estados) que compõem o território da Amazônia Oriental (BECKER, 2010). E isso deu-se, sobretudo, a partir da década de 1970, período de grandes intervenções governamentais que induziram a processos de “colonização” regional, com vistas à inserção humana em frentes pioneiras de ocupação (AB’SÁBER, 2004a).

Nesse cenário de transmutação de ambientes naturais em territórios humanizados, o fogo e a descontinuidade de hábitats, por exemplo, têm provocado desde então o surgimento de barreiras biogeográficas antropogênicas à dispersão de espécies, sendo que apenas os rios de maior porte e que ainda têm algum tipo de vegetação ripária em suas margens ainda possuem a função ecológica de corredores de biodiversidade, isso *stricto sensu*. Somam-se aos fatos um processo intensivo de defaunação e de supressão de hábitats em um território ainda insuficientemente conhecido quanto à sua biodiversidade e quanto à sua Geodiversidade frente aos processos predatórios de rápidas conversões de uso e cobertura da terra em curso nas últimas décadas na biorregião analisada.

É nesse sentido que este trabalho se insere, ao apresentar um panorama evolutivo acerca das condições do macroterritório ora apresentado, com vistas a propor uma indicação cartográfica das pressões de uso da terra e coberturas vegetais remanescentes, em que são destacados os produtos de sensoriamento remoto e geoprocessamento disponíveis. Estes, pois, retratam um mosaico geoecológico que é de fato viável para a implementação de políticas públicas voltadas para a conservação.

Em outros termos, se hoje já se infere a possibilidade de formatação de cenários geográficos prospectivos delicados quanto aos Estados Federativos que compõem o CEB, demandam-se diagnósticos e prognósticos assertivos quanto ao reconhecimento dos efeitos geoecológicos diretos das pressões de uso associados às fronteiras econômicas em tão impactado mosaico macropaisagístico do Bioma Amazônico. E quanto aos graus de fragilidades do espaço total trabalhado e à devida integração geoecológica das paisagens, indica-se que são propósitos legítimos de desenvolvimento de uma avaliação integrada dos elementos físicos e antropogênicos que compõem esse Centro de Endemismo, um das mais biodiversos da Amazônia.

A partir dessa conjuntura analítica, conceitos como efeitos de borda, área e distância, de hábitat matriz e características ecológicas de comunidades fragmentadas tendem a dar a tônica das análises geoecológicas regionais para um efetivo manejo da paisagem, tendo em vista a necessidade de correlação entre a pesquisa atual e a própria constituição atual dos ecossistemas amazônicos. Nesse contexto, a integridade dos sistemas ecológicos ou ambientes remanescentes com a biodiversidade associada a esses espaços e sua perda consequente de identidades naturais deve se tornar fator preponderante, sobretudo sob a ótica dos corredores ecológicos. Interpreta-se, pois, que esse é um importante ponto para o planejamento geoecológico e biorregional, o que é deveras necessário e estratégico para o contexto da gestão ambiental pública e privada no Centro de Endemismo Belém.

Nesse contexto pluriescalar (que envolve fatos locais e também os de caráter integrado, ou seja, regional) há destaque para a perda de habitats por fragmentação e processos derivados e, nestes, a mudança de composição de espécies, que embora não tenha sido a tônica do presente trabalho, é claramente o principal problema pelo qual passa o CEB nas últimas décadas.

A biodiversidade, portanto, apresenta prováveis desequilíbrios diferenciados no contexto interno à área de trabalho, quer seja pela ampliação dos oportunismos ecológicos, quer seja pela perda de comunidades de predadores ou de presas, que no geral geram deturpações dos sistemas biogeográficos alelobióticos locais e regionais. Ademais, mudanças na estrutura trófica nos ecossistemas fragmentados ou remanescentes podem indicar mudanças severas nos processos ecológicos pré-existentes, concorrendo para mudanças nos processos e serviços ecossistêmicos.

À luz da Biogeografia de Ilhas (MACARTHUR e WILSON, 1967), WHITTAKER e FERNÁNDEZ-PALACIOS (2013) enfatizam que a Biologia da Conservação (e por consequência a Geoecologia da Paisagem e a Biogeografia) deve considerar o tamanho dos fragmentos e o fator de isolamento geográfico das comunidades bióticas locais e regionais que passaram a ser analisados como determinantes primários da riqueza de espécies em manchas de habitats. Assim, essa unidade paisagística, o fragmento, após definida e mensurada, pode ser adotada também para aferir a abundância e a ocorrência de espécies.

Nesse sentido, relações entre fragmentos de tamanhos heterogêneos e da distância mínima entre eles com o nível de detalhe do tipo de cobertura da terra são condições para a delimitação dos habitats com áreas com dimensões necessárias para a manutenção dos fluxos gênicos e de populações. Some-se a isso a distância entre esses microterritórios e uma área matriz, cujas ligações por corredores podem representar as únicas possibilidades reais de tentar manter táxons com algum tipo de ameaça de extinção. Por outro lado, é possível afirmar que o efeito de ilha presente nos fragmentos implicaria, em tese, no pressuposto de que quanto menor for o remanescente de habitats natural, menores são os quantitativos de espécies nele existentes em relação ao habitat contínuo ou às áreas-matriz.

Ademais, dependendo do tipo de unidade paisagística em que se encontrarem, estes podem ter maior ou menor sucesso reprodutivo, o que pode ser relacionado a maiores ou menores condições mesológicas e que podem ser descritas e analisadas através de mapeamento de adequação de habitats por fragmentos ou conjuntos destes com o auxílio de métodos estatísticos e cartográficos, considerando sempre a escala espaço-temporal a adotar.

ANJOS (2010) indica que somente são consideradas áreas funcionais para a conservação na Amazônia e particularmente no CEB aquelas maiores ou iguais a 5.000 ha. Por conseguinte, LAURENCE e VASCONCELOS (2009) aconselham o desenvolvimento de pesquisas sobre áreas menores que 100 ha para avaliar as garantias de manutenção da biodiversidade amazônica, concluindo que elas podem não são efetivamente viáveis para todos os conjuntos faunísticos e florísticos regionais.

Aqui foi constatado que os tamanhos médios dos fragmentos, em 2020, estão na ordem de 17 ha, configurando pequenas “ilhas de biodiversidade”, algo bastante inferior ao que ambos os trabalhos citados apresentam e tal fato pode indicar colapso ecológico de populações biológicas inteiras, com potencial extinção de táxons. Em outros termos, a composição estrutural amostral desses tipos de conjuntos de micropaisagens precisam ser compreendidas em estudos posteriores, em escalas cartográficas iguais ou superiores a 1:100.000, haja vista que disso depende a garantia do correto manejo biorregional ou geoecológico dos terrenos e territórios para que haja viabilização de implantação de corredores ecológicos. Mesmo que esses espaços funcionem ecologicamente apenas como microrrefúgios no contexto antropomático em curso, por exemplo, os mencionados *stepping stones*.

As conexões das paisagens, cujos marcos legais estão presentes na legislação em vigor, são importantes ferramentas e instrumentos do manejo de paisagens e da gestão da biodiversidade. Contudo, seu planejamento científico não é adotado no Sistema Interativo de Análise Geoespacial da Amazônia Legal (SIAGEO-Amazônia), desenvolvido por esforços públicos durante a década de 2010 (EMBRAPA, 2023), tanto no que diz à complementação de dados e informações sobre todos os Estados da Amazônia Legal, quanto sobre a imposição da questão escalar, haja vista ser tal base de dados associada a diagnósticos ao milionésimo, ou seja, na escala 1:1.000.000. Isso dificulta a precisão quanto à tomada de decisões gerenciais e estratégicas para territórios de porte regional ou sub-regionais, pois estes últimos carecem de uma compreensão escalar regional (representações gráficas iguais ou superiores a 1:250.000), como as apresentadas neste trabalho.

Assim, o planejamento biorregional do CEB deve convergir seus focos para a garantia de manutenção da integridade das florestas nativas presentes no contexto territorial do Mosaico Gurupi,

bem como para a recuperação de áreas associadas para agregar fauna nativa, condição factual para a sustentabilidade real das comunidades humanas tradicionais e manutenção da geobiodiversidade.

Também é imperativo que se volte para a produção de conhecimentos para além dos fragmentos ou áreas de controle já estabelecidas e profundamente analisadas. Isso é requerido para melhor compreensão dos processos de perdas de habitats, bem como a variação territorial de alterações nas dinâmicas dos seres vivos presentes no CEB, algo bastante em evidência nos estudos para a conservação de áreas e que pode vir a ser utilizado em políticas públicas de proteção ao patrimônio ambiental brasileiro remanescente. Contudo, como os tamanhos médios das manchas tendeu à diminuição, é razoável indicar que a manutenção dos estoques de biodiversidade nativa tem sido comprometida, especialmente para os animais mais exigentes em relação à sua distribuição geográfica ou para aqueles que sejam menos tolerantes às mudanças mesológicas impostas pelas antropogêneses.

Como métricas comparativas, os resultados da pesquisa apresentaram elevado número de fragmentos em relação ao percentual de habitats com cobertura vegetal nativa, o que *di per si*, representa uma proposta de reconhecimento de possíveis padrões existentes entre a geografia dos fragmentos e a sua efetiva colaboração para a recomposição ecológica dos corredores. Por outro lado, os efeitos de bordas de fragmentos podem conduzir a problemas relacionados à manutenção dos mesmos, tendo em vista a ampliação de processos de degradação de sua qualidade e diminuição de sua quantidade por desaparecimento frente aos processos produtivos em curso. Isso pôde ser inferido na análise dos dois corredores ecológicos propostos

Esses dados e informações são estratégicos para a indicação de políticas mais eficientes e eficazes de salvaguarda ambiental e recuperação de áreas degradadas. Ao observar que há menos de  $\frac{1}{3}$  do total do território do CEB como áreas com algum tipo de proteção ambiental institucional ou legal e que 109.998,91 km<sup>2</sup>, ou seja, 44,42% da região biogeográfica, já são efetivamente destinadas à produção, algo parece causar espanto. Nesse cômputo, que é de 76,96%, em tese não haveria espaço para a ampla manutenção de reservas legais, que foram definidas pelas legislações ambientais brasileiras desde os anos 1960 e atualizadas em 2012.

Explica-se: para os espaços amazônicos, mesmo considerando os caracteres geoestratégicos do CEB em que os Estados do Pará e Maranhão criaram cotas alternativas de Reserva Legal para áreas que não sejam de florestas ou de cerrados, por exemplo. Assim, áreas de usos consolidados ou de terrenos cujas formações vegetais estejam em processo inicial de recomposição, passaram a ter reservas legais de 50%. Mesmo assim, as áreas de uso efetivo do território compreenderiam a 54.994,45 km<sup>2</sup>, ou seja, 22,21% do espaço total do CEB. Isso se forem consideradas apenas as formações secundárias ou outras que não se enquadrem nas tipologias já citadas. Assim, o total de

RL com 50% de obrigatoriedade somadas com áreas protegidas institucionais e terras utilizadas para a produção, em todas as escalas, somam 99,17% do CEB. Sobrariam, ainda 0,83% de terras com usos ou formações vegetais não enquadradas.

Contudo, a realidade não pode ser encarada de forma cartesiana, puramente pautada em números que não correspondem à realidade factual, como indicado no parágrafo anterior. Existem passivos de RLs na Amazônia Oriental que não refletem os dados que aqui estão calculados. Na verdade, enquanto não houver a homologação de instrumentos do Novo Código Florestal Brasileiro, como o Cadastro Ambiental Rural (CAR), não serão validados os dados para que sejam empregados os normativos para recuperação ou restauração de áreas degradadas ou de solos expostos. Há áreas produtivas com 100% dos terrenos utilizados, sem obedecer aos critérios legais vigentes. Isso compromete sobremaneira a sustentabilidade ambiental na prática e, para o CEB, passaria ela a ser apenas uma utopia.

De forma a exemplificar os usos da terra e seus conflitos de interpretação por parte das autoridades, no Maranhão e no Tocantins existem regulamentos próprios quanto à não derrubada de matas secundárias caracterizadas como cocais. Nesse aspecto, as formações vegetais secundárias com palmeiras, segundo exposto em ilustrações do item sobre vegetação atual no CEB, computa um total de 29.370,49 km<sup>2</sup>. Em outros termos, essa é uma área que não deveria ser desmatada, em qualquer hipótese ou classe de pressão de uso.

Todavia, se fosse somado esse valor ao cômputo de áreas protegidas institucional e legalmente, de RLs com 50%, de terrenos com usos efetivos, ter-se-ia um total de 111,03% de área para o Centro de Endemismo Belém, o que é matematicamente impossível. Assim, indica-se que haja desdobramentos deste estudo para reconhecer os padrões efetivos de dinâmicas de uso e cobertura da terra em todos os municípios que compõem o CEB para que seja feita uma confrontação entre o que é declarado em plataformas oficiais e o que está disposto na realidade.

Nesse aspecto, trabalho de BRANCALION et al. (2015) apontam para cenários de incerteza da efetividade e eficácia dos dispositivos presentes na legislação ambiental em vigor, isso tanto para a conservação de recursos naturais, quanto para a proteção da biodiversidade e geração e/ou manutenção de serviços ambientais por meio da recuperação de áreas degradadas. Na verdade, segundo eles, a garantia de manutenção de integridades paisagísticas e de biodiversidade carecem de estudos mais sistemáticos sobre os impactos dos marcos regulatórios em vigor como fatores garantidores do equilíbrio ecossistêmico local e regional, tendo as formações vegetais remanescentes como fator integrador entre o biótico, o abiótico e os assentamentos humanos.

Uma outra discussão pertinente acerca da região biogeográfica analisada, porém que a extrapola territorialmente, é que a sua totalidade está inserida na já bastante debatida Amazônia Legal.



Essa categoria, que é inequivocamente apenas de natureza geopolítica e não ecológica ou ambiental e que foi definida pelas Leis Federais nº 1.806/1953 (BRASIL, 1953), nº 5.173/1966 (BRASIL, 1966) e Lei Complementar Federal nº 031/1977 (BRASIL, 1977), não estabelece nenhum tipo de referência às formações vegetais, muito menos ao bioma em seu corpo normativo. Seu único uso deve ser para fins de uma geografia política e de uma geografia econômica exploratória. E utilizar essa categorização para puramente estabelecer critérios de proteção ambiental ou de recuperação induzida de componentes bióticos e abióticos da paisagem regional é inapropriado, frente aos seus próprios instrumentos normativos e garantidores de práticas antropogênicas nos marcos legais citados.

Dessa feita, a consolidação do CEB como conjunto de antromas e de perda de características biomáticas não deve ser encarada como um cenário futuro, mas como uma cena atual e real. As classificações climáticas elaboradas para subsidiar as análises de como foram materializados os comportamentos da atmosfera através da perda de água, sobretudo, consegue revelar mais que a própria variabilidade do clima e aponta para relações diretas desta como uma consequência provável das pressões de uso na biorregião estudada. Aliás, a junção de esforços de pesquisa aplicadas à revisão dos paradigmas impostos pelas frentes produtivas e de ocupação dos conjuntos paisagísticos que o compõem deve ser a tônica para a década em curso. Por outro lado, o monitoramento e a avaliação, das políticas públicas relacionadas à restauração e recomposição da região biogeográfica em si.

A indicação de custos para efetivar ações conservacionistas na Amazônia é desafio estratégico da gestão ambiental brasileira, sobretudo frente à retomada maciça de ações de desmatamento (IMAZON, 2022), à ampliação das queimadas e de maior diversificação das pressões de uso antropogênicas (XU et al., 2020). A perda de habitats em terras amazônicas gera perturbações que vão desde a extinção de espécies endêmicas às alterações nas dinâmicas atmosféricas regionais e continentais.

O recente artigo de SILVA et al. (2022) traz nova perspectiva analítica voltada para a gestão de territórios legalmente protegidos, uma vez que estabelece marcos monetários que validam a busca por recursos financeiros para aplicar em ações conservacionistas na Amazônia Brasileira. Isso permite que governos subnacionais, nacionais e internacionais, organizações não-governamentais, institutos de pesquisa, universidades e empresas possam, isolada ou conjuntamente, tenham a real noção global dos investimentos necessários à proteção da Amazônia, no Brasil. Ademais, é lugar comum considerar as UCs e as TIIs como áreas a proteger, junto à implantação de Áreas Prioritárias para a Conservação. Isso é fundamental, sim, entretanto há outra tipologia de espaços protegidos a considerar: as Áreas de Preservação Permanentes (APPs).

Definidas no Código Florestal Brasileiro desde a sua versão da década de 1960, sendo ratificada na legislação da década de 2010 (BRASIL, 2012), as APPs são importantes corredores

ecológicos e mantenedoras de estabilidade ecológica de ecossistemas bastante frágeis e suscetíveis aos impactos das ações humanas. Seja na forma de manguezais, de nascentes ou de margens de cursos d'água, somadas a vertentes com inclinação superior a 45° e às bordas de tabuleiros, esses espaços ecológicos naturais são os principais elementos conectivos entre os estoques de biodiversidade de UCs e de TIs na Amazônia Brasileira (CRUZ et al., 2022) e notadamente no CEB.

Embora haja esforços pontuais para sua recuperação ou indicações legais em instrumentos de gestão, como no CAR, sua condição protetiva, a despeito da realidade disposta na legislação, é pouco eficiente. De lavouras temporárias nelas realizadas, às pressões relativas ao carreamento de rejeitos de mineração ou de insumos agrossilvopastoris pelas águas das chuvas em direção às coleções hídricas continentais ou costeiras, as APPs passaram a sofrer grandes problemas com as diversas formas de uso da terra na Amazônia Brasileira (*lato sensu*) e no CEB (*stricto sensu*). Tal argumento reside no fato de serem muito distribuídas em todo o território e mais difíceis de monitorar.

Para ter uma noção geográfica disto, aplicando técnicas de geoprocessamento e adotando bases cartográficas oficiais e de projetos de pesquisa em escala nacional, como já mencionado ao longo do texto, realizou-se a aferição das dimensões das áreas protegidas amazônicas no CEB. As TIs e UCs têm status protetivo significativo como tipos de territórios jurídico-institucionais, ao menos em marcos legais e em estratégias de planejamentos governamentais e de articulação de políticas públicas, algo não aplicável, ainda, às APPs.

Por conseguinte, tão-somente a categoria de APPs de margens de rios da Amazônia Brasileira contempla geograficamente 16,36% de todas as áreas protegidas do CEB, o que é um pouco superior ao espaço total das TIs presentes no Maranhão, que perfazem 15,47% do total de territórios sob salvaguardas ambientais. Mesmo assim, não há estudos sistemáticos de economia ou de contabilidade ecológica para aferição dos seus serviços ecossistêmicos (RENDON, STEINHOFF-KNOPP e BURKHARD, 2022) e custos para a gestão, manutenção e recuperação de suas funções ecológicas em um contexto de Centro de Endemismo. Uma alternativa para esse tipo de proposta de pesquisa pode ser a análise das APPs por Estado, como fez o Maranhão recentemente em seu Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Amazônico (CATUNDA e DIAS, 2019), ou mesmo por centros de endemismo, regiões biogeográficas bastante sensíveis às mudanças na cobertura da terra (SILVA et al, 2005; SILVA et al., 2013; BRITO et al., 2019).

Assim, demarcou-se todas as áreas protegidas do Centro de Endemismo Belém (CEB). Esse é o menor dentre todos os da Amazônia, com 247.635,44km<sup>2</sup>, ou seja, 5,88% do total do bioma. Há nele um total de 80.582,27km<sup>2</sup> de áreas protegidas ou 32,54% do CEB. Respectivamente, têm-se 39.166,57 km<sup>2</sup> em UCs, 16.229,18 km<sup>2</sup> em TIs e 25.186,52 km<sup>2</sup> em APPs de todos os tipos. É de se notar que as APPs são os únicos corredores ecológicos transitáveis que permitem elos biogeográficos

entre os mosaicos de UCs e de TIs, principalmente por ser o CEB o menor, porém mais fragmentado de todos os centros de endemismo amazônico (CASTRO et al., 2020 a; 2020b). Evidentemente que não são aplicados os custos de proteção, recuperação e monitoramento das mesmas, já que não estavam nos propósitos deste trabalho, mas com base nas áreas delimitadas e em suas disposições geográficas, é possível desenvolver esse tipo de exercício de planejamento territorial em um futuro breve.

Há que se reconhecer a importância de trabalhos como o de SILVA et al. (2022), mas entende-se que para a maior efetivação das propostas conservacionistas no CEB, devem ser elaborados por pesquisadores que atuam na Amazônia Brasileira estudos complementares pautados na mesma proposta metodológica, mas igualmente aplicados às APPs. Isso em especial para aquelas que protegem as drenagens naturais das bacias hidrográficas. Havia a dificuldade de seu mapeamento, algo que foi suplantado com os presentes resultados deste trabalho, já que as bases cartográficas tendem a ser publicadas.

Metodologicamente, LEES e PEREZ (2008) definiram os corredores ecológicos de duas formas: a) corredores de conservação da biodiversidade (espaço geográfico de ordem sub-regional definido como unidade de planejamento territorial para a conservação em escala média a grande; e b) corredores biológicos (os que permitem a conectividade entre pequenas áreas potencialmente significativas para a conservação das comunidades biológicas remanescentes). Feito isso, haveria maior possibilidade de entendimento da importância do reconhecimento das conectividades entre as paisagens remanescentes naturais. O corredor ecológico Gurupi – Arariboia está inserido na primeira categoria, enquanto o Corredor Tucuruí – Bico do Papagaio relaciona-se à segunda.

A tarefa de criar e de implementar propostas de corredores ecológicos deve ser uma tarefa obrigatória, também, para os Estados Federativos brasileiros que compõem a Amazônia Legal, especialmente Maranhão, Pará e Tocantins, cujas terras fazem parte do CEB. Recomendações para a realização de zoneamentos ou mesmo de reconhecimento por cartografia temática da situação, localização e abrangência de APPs em centros de endemismo, como o que foram indicados aqui, são necessários para calcular os investimentos de manutenção desses territórios jurídico-institucionais igualmente prioritários para a conservação integrada da natureza remanescente.

Em outro espectro, a perda da biodiversidade, dificilmente será revertida. Com isso, esforços para a proteção de ambientes naturais é imprescindível, integrando estratégias conservacionistas de processos físicos e bióticos, *in situ*. Em observação deveras contundente, ANJOS (2010) esclarece que a depreciação dos habitats florestais ocasionou a perda substancial de nichos ecológicos para os organismos endêmicos que ocorrem na biorregião ora analisada. Ademais, o citado autor comenta que, frente às alterações antropogênicas em curso no CEB, os blocos com formações florestais

remanescentes, além de insuficientes em número, não são capazes de sozinhos manterem a integridade da biodiversidade regional.

Outros mecanismos para a conservação de áreas precisam ser implementados em espaços de tempo mais curtos. Ações protetivas em áreas alteradas e que possuam resiliência é uma proposta exequível e agir com foco nas RLs, por exemplo, é uma estratégia que os governos estaduais do Maranhão, do Pará e do Tocantins devem focar ao longo desta década para que, ao passo que as áreas degradadas sejam efetivamente passíveis de restauração, também possibilite a consolidação de conectores paisagísticos que viabilizem a manutenção da biodiversidade e ampliação dos habitats disponíveis, em caráter suplementar aos remanescentes. Em outros termos, as APCs devem estar tanto em ecossistemas originais, quanto em ecossistemas alterados, sobretudo de terras que foram abandonadas pelo homem após exauridas, desde que tenham viabilidade para regeneração.

A ampliação do uso e monitoramento dessa categoria protetiva (as RLs) é a única iniciativa em microescala que pode alterar positivamente as dinâmicas em média e larga escalas no contexto do CEB. Destaca-se, contudo, que os corredores propostos não apresentaram sozinhos nenhum elemento cartográfico de viabilidade de junção, mas isso não caracterizaria, em tese, problemas na proposta, uma vez que os cursos hídricos regionais podem estabelecer essa comunicação de estoques de biodiversidade em escala de paisagem.

E nessa lógica estão inseridos os Corredores Ecológicos Tucuruí – Bico do Papagaio e Gurupi – Arariboia. Neles recomenda-se que os Estados do Maranhão, Pará e Tocantins e do Maranhão e Pará, respectivamente, devem envidar esforços conjuntos para garantir prioridade para a homologação do CAR em áreas circunscritas a esses mosaicos paisagísticos. Some-se a isso a demanda por maior rigor dos órgãos ambientais oficiais dessas Unidades Federativas quanto ao cumprimento dos dispositivos legais que tratam sobre a recuperação, manutenção ou uso durável das RLs.

Concordantemente, os mecanismos internacionais de REDD+, ou seja, de redução de emissões provenientes do desmatamento e da degradação florestal, ampliando os sumidouros orgânicos de Carbono, devem ser fomentados no âmbito de todo o CEB, principalmente nos corredores ecológicos propostos. Todavia, devem haver incentivos para a captação de recursos nacionais e externos para a recomposição dos maciços florestais e ampliação dos tamanhos dos fragmentos, até a sua conexão, tornando mais viáveis os fluxos gênicos na biorregião de estudos. Como não é mais possível reverter os processos deletérios de uso em sua totalidade, a recomposição das RLs com espécies nativas é o caminho mais viável para uma real e efetiva conexão paisagística.

Por fim, é importante considerar que os serviços ecossistêmicos, sobretudo ligados à manutenção dos recursos florestais (ZANCHI e BRADY, 2019), geram bem-estar social, tal como

são grandes indutores de manutenção de cadeias produtivas humanas e de reconfiguração de arranjos produtivos locais de alto potencial econômico. E em tempos em que estão em voga a busca por novas alternativas de exploração dos recursos naturais, aliada à adoção de novas matrizes energéticas e padrões de restauração dos serviços ecossistêmicos, nada mais assertivo do que considerar todas as tipologias de áreas protegidas para garantir a sustentabilidade atual e futura da biodiversidade do Bioma Amazônico, mormente a relacionada ao CEB.



## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da presente pesquisa trouxe consigo respostas sobre a situação evolutiva e atual do Centro de Endemismo Belém. Área de maior criticidade quanto à proteção real e efetiva para a Amazônia Brasileira, ela apresenta-se como uma das mais biodiversas e heterogêneas dos trópicos sul-americanos, contudo sob perigos iminentes de transformação definitiva de suas paisagens remanescentes em sistemas produtivos, com consequente perda de patrimônio genético natural. As áreas institucionalmente protegidas representam pouco significado de extensão territorial, contudo estão dispostas como os últimos redutos de vegetação e refúgios de fauna.

Conforme passaram-se as décadas, as pressões de uso antropogênicos passaram, portanto, a conduzir a verdadeira tônica das alterações dos sistemas ambientais naturais, sobretudo os ligados à biodiversidade e aos espaços biogeográficos regionais. O caráter transicional do CEB em direção a outros domínios paisagísticos do Centro, do Norte e do Leste da Brasil e da América do Sul, antes visto como pontes de dispersão e de concentração de formas de vida cosmopolita ou endêmica, hoje exige esforços de salvaguarda cada vez maiores.

As lacunas deixadas pelas políticas de governos nacionais e infranacionais geraram conflitos de exploração dos recursos naturais frente às demandas por proteção ambiental e à manutenção de certa segurança climática. Situações que demonstram ter consequências negativas quanto aos quesitos mais prejudicadas no jogo geopolítico e geoestratégico travado entre unidades federativas que formam o CEB, bem como em âmbitos nacional e internacional, cujo objetivo tem-se pautado em manter as atividades produtivas para além de uma política ambiental de fato conservacionista.

Outrossim, convém mencionar que as análises dispostas no presente trabalho tiveram um caráter de cenarização atual da necessidade de mudança de paradigmas relacionados à proteção da natureza. Para além daquela já adotada em áreas protegidas, como em APPs, Terras Indígenas e Unidades de Conservação, há que se ter noção do que é possível proteger para que sejam iniciados, *pari passu*, esforços de recuperação, restauração, regeneração e recomposição de paisagens na forma de corredores de biodiversidade.

A visão de ecomuseus na forma de refúgios da biodiversidade, como o são as TIs e UCs de Proteção Integral, deve ser potencializada com a proteção dos maiores blocos de vegetação nativa ainda presentes no CEB. Também há que se propor a ampliação das medidas técnico-jurídicas e políticas que viabilizem a criação de novas e significativas áreas institucionais para essa finalidade, sobretudo para a coalescência de fragmentos de formações florestais.

Dos objetivos específicos da pesquisa, os quatro foram efetivamente alcançados, pois:

- a) apresentou-se o cenário da geodiversidade e das tipologias de habitats do CEB, bem como suas importâncias estratégicas para a definição de sua área de abrangência;
- b) ampliou-se o conhecimento cartográfico do CEB, com elementos ainda não estudados, como o clima e a fragmentação dos habitats em uma escala de paisagem multitemporalmente, com destaques para as pressões antropogênicas cumulativas sobre a biorregião;
- c) estabeleceu-se análise cenarizada do macroterritório de estudos com base em métricas de paisagem e, assim, foram reconhecidas as áreas cuja presença humana foi mais deletéria para a biodiversidade; e
- d) elaborou-se um *design* de paisagens na forma de corredores ecológicos para a priorização de políticas ambientais de monitoramento, controle e restauração de paisagens criticamente antropizados, com impactos diretos na biodiversidade e no clima.

Ademais, os primeiros resultados da pesquisa foram publicados na forma de artigo no volume 24, número 96 da revista *Caminhos de Geografia*, cuja classificação no sistema Qualis-CAPES para o quadriênio 2017-2020 é A1 para a área de Biotecnologia. O título do trabalho é “Evolução da dinâmica das pressões antropogênicas sobre paisagens naturais do Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental” e está centrado nas discussões acerca dos padrões de uso e cobertura da terra e das métricas de paisagem adotadas para a compreensão do CEB. O frontispício do referido documento está presente no Anexo 01.

Ainda nesse contexto, como foi possível avaliar o CEB sob ótica de 60 anos de medições climáticas, o estudo foi capaz de apontar como os cenários climáticos evoluíram e se houve relação humana direta entre ações humanas e os ritmos das dinâmicas atmosféricas consolidadas nesse período maior de tempo. Após essa interpretação, foram apresentadas as principais unidades paisagísticas estabelecidas nacionalmente como Áreas Prioritárias para a Conservação (APCs), recortados os seus limites para o território do Centro de Endemismo Belém e estabelecidos os corredores ecológicos regionais.

Isso obedeceu ao propósito de analisar quais áreas são efetivamente válidas e viáveis para salvaguardar o patrimônio ambiental remanescente para a composição de um cenário de conexão paisagística franca. Assim, então, conclui-se o presente estudo, que longe de querer esgotar os temas associados ao CEB, apresentou uma súmula de dados e de abordagens para subsidiar tomadas de decisão, na forma de políticas públicas, para a proteção dos mais expressivos fragmentos biogeográficos no contexto da Amazônia Oriental.

Perante tudo o que foi visto até aqui, cabem orientações para futuros esforços de pesquisa relativos ao Centro de Endemismo Belém. São eles:

- a) investigações sobre as diferentes áreas de concentração de espécies animais e vegetais registradas no CEB, com realização de comparações estatísticas entre elas, a fim de indicar áreas prioritárias para o monitoramento da biodiversidade;
- b) divulgar produções cartográficas sobre o CEB, na forma de atlas ambiental, para popularizar e socializar o conhecimento sobre as principais características geoecológicas da biorregião, tal como preencher lacunas de disseminação de informações científicas sobre a área-tema da pesquisa;
- c) ampliar pesquisas na área de história econômica e demográfica do CEB, com perspectivas de compreensão e de cartografia dos conflitos existentes no território e suas estratégias (se houver) de mitigação;
- d) promover intercâmbios entre órgãos ambientais, instituições de pesquisa e universidades para o compartilhamento de dados e estruturas de pesquisa voltada para o reconhecimento da fauna e flora ameaçada de extinção no CEB pelos processos de fragmentação em curso;
- e) realizar modelagem de habitats viáveis para a salvaguarda da biodiversidade local e regional com o propósito de restauração de conexões de paisagens efetivas para a ampliação do fluxo gênico entre os fragmentos mais próximos entre si do CEB, mormente nos corredores ecológicos Gurupi – Arariboia e Tucuruí – Bico do Papagaio.

Essas são consideradas, por fim, ações consequentes desta pesquisa que podem concorrer para a sensibilização coletiva dos problemas pelos quais passa o CEB, de um lado e, por outro, compreender dinâmicas naturais e bióticas que não foram abordadas neste trabalho, mas que são igualmente indispensáveis ao planejamento biorregional. Nesse sentido, a união de esforços sempre será buscada para a real proteção, recuperação e restauração das paisagens regionais para a biodiversidade e para a sociedade em si.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil. **Revista Orientação**, n. 3, 1967, p. 45-48.
- \_\_\_\_\_. A organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. In: FERRI, Mário Guimarães (coord.). **III Simpósio sobre o cerrado**. São Paulo: Edgard Blücher / EDUSP, 1971. p. 01-14.
- \_\_\_\_\_. O relevo brasileiro e seus problemas. In: AZEVEDO, A. (coord.). **Brasil: a terra e o homem**. V. 1 – As Bases Físicas. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1972. p. 135-250.
- \_\_\_\_\_. The paleoclimate and paleoecology of Brazilian Amazon. In: PRANCE, G. T. (ed.). **Biological diversification in the tropics: Proceedings of the Fifth International Symposium of the Association for Tropical Biology, held at Macuto Beach, Caracas, Venezuela, February 8-13, 1979**. New York: Columbia University Press, 1982. p. 41-59.
- \_\_\_\_\_. Spaces occupied by the expansion of dry climates in South America during the quaternary ice ages. **Revista IG (Instituto Geológico)**. São Paulo, v. 21, n. 1/2. jan./dez. 2000.
- \_\_\_\_\_. **Amazônia: do discurso à práxis**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2004a. 320 p.
- \_\_\_\_\_. O suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares). In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: EDUSP, 2004b. p. 15-25.
- \_\_\_\_\_. **Ecossistemas do Brasil** [com fotos de Luiz Cláudio Marigo]. São Paulo: Metalivros, 2006. 300 p.
- \_\_\_\_\_. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul – primeira aproximação. In: LEMOS, A. I. G.; ROSS, J. L. S.; LUCHIARI, A. (orgs.). **América Latina: sociedade e meio ambiente**. São Paulo: Expressão Popular, 2008. p. 19-33.
- \_\_\_\_\_. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 8. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2021. 159 p.
- ABREU, S.F.. Observações sobre a Guiana Maranhense. **Revista Brasileira de Geografia**. Rio de Janeiro, ano I, vol. 4, out./1939. p. 25-50.
- ALENCAR, A.A.; BRANDO, P.M.; ASNER, G.P.; PUTZ, F.E. Landscape fragmentation, severe drought, and the new Amazon forest fire regime. **Ecological Applications**, 2015, 25: 1493-1505. <https://doi.org/10.1890/14-1528.1>
- ALMEIDA, A. S. de; VIEIRA, I. C. G. Centro de Endemismo Belém: status da vegetação remanescente e desafios para a conservação da biodiversidade e restauração ecológica. **Revista de Estudos Universitários – REU**, [S. l.], v. 36, n. 3, 2010. Disponível em: <https://periodicos.uniso.br/reu/article/view/501>. Acesso em: 15. jun. 2022.

- 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.
- ALMEIDA, F.F.M.; BRITO NEVES, B.B.; CARNEIRO, C.D.R.. The origin and evolution of the South American platform. **Earth-Science Reviews**[S.l.], v. 50, n. 1-2, p. 77-111, 2000. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s0012-8252\(99\)00072-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0012-8252(99)00072-0). DOI: 10.1016/s0012-8252(99)00072-0.
- ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R. A. Brazilian structural provinces: an introduction. **Earth-Science Reviews**, Amsterdam, v. 17, n. 1-2, p. 1-29, 1981. DOI: 10.1016/0012-8252(81)90003-9.
- ALMEIDA, L. T.; MONTEIRO, L. I. B.; SILVA, F. B.; CORRÊDO, L. de P.; CESCONETTO, L. B. Locação de corredores ecológicos e Área de Preservação Permanente na Universidade Federal de Viçosa. *Nativa*, [S. l.], v. 4, n. 6, p. 412–418, 2016. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/3729>. Acesso em: 30 jul. 2023.
- ÅNGREN, G.I.; ANDERSSON, F.O. **Terrestrial ecosystem ecology: principles and applications**. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. 330 p.
- ANJOS, L.J.S. **Hábitat e conservação de aves ameaçadas da Área de Endemismo Belém**. 2010. 57 f. Dissertação (Mestrado em Zoologia). Museu Paraense Emílio Goeldi / Universidade Federal do Pará, Belém, 2010.
- ANTONUCCI, B.; CAMATTA-BARBINO, G.; REIS-DE-ANDRADE, N. L.; DRESCH-WEBLER, A. Efeito de um evento de friagem no cenário de mudança no uso e cobertura da terra no Sudoeste da Amazônia. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 33, n. 19, p. 149–168, 2023. DOI: 10.55761/abclima.v33i19.16675. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/16675>. Acesso em: 10 dez. 2023.
- ANTUNES, A. P.; FEWSTER, R. M.; VENTICINQUE, E. M.; PERES, C. A., LEVI, T.; ROHE, F.; SHEPARD, G. H. Empty forest or empty rivers? A century of commercial hunting in Amazonia. **Science Advances**, V. 2(10), e1600936: [doi: 10.1126/sciadv.1600936](https://doi.org/10.1126/sciadv.1600936), 16. out. 2016. Disponível em: <https://www.science.org/doi/full/10.1126/sciadv.1600936>. Acesso em: 09. dez. 2023.
- ARAÍ, E.; DUTRA, A. C.; GASPARINI, K. A. C.; DUARTE, V.; SHIMABUKURO, Y. E.. A degradação florestal cauda por queimadas: métodos e aplicações na Amazônia. In: SETZER, A.; FERREIRA, N. J. (orgs.). **Queimadas e incêndios florestais mediante monitoramento orbital**. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. p. 159-180.
- ARAÚJO, T. M. S.; BASTOS, F. de H. Corredores ecológicos e conservação da biodiversidade: aportes teóricos e conceituais. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 716–729, 2019. Doi: 10.35701/rcgs.v21n2.575. Disponível em: <http://rcgs.uvanet.br/index.php/RCGS/article/view/575>. Acesso em: 2 set. 2023.
- ARAÚJO, E.P.; LOPES, J.R.; CARVALHO FILHO, R. Aspectos econômicos e de evolução do desmatamento na Amazônia Maranhense. In: MARTINS, M.B.; OLIVEIRA, T.G. (eds.). **Amazônia Maranhense: diversidade e conservação**. Belém: MPEG, 2011. p. 35-42.



- ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estud. Av.** 34 (100), Sep-Dec 2020, <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005>.
- ARRUDA, D.M; SCHAEFER, C.E.G.R. Dinâmica climática e biogeográfica do Brasil no Último Máximo Glacial: o estado da arte. **Estudos Avançados** [online]. 2020, v. 34, n. 98 [Acessado 29 Junho 2022] , pp. 187-198. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.3498.012>. Epub 08 Maio 2020. ISSN 1806-9592. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.3498.012>.
- ATTENBOROUGH, D. **Nosso planeta**: o alerta do maior ecologista do nosso tempo. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2022. 191 p.
- AZEVEDO, A.. O “continente brasileiro”. In: AZEVEDO, A. **Brasil**: a terra e o homem – v.1: as bases físicas. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1972. p. 3-51.
- BAGOLY-SIMÓ, P. What Does That Have to Do with Geology? The Anthropocene in School Geographies around the World. **Annals of the American Association of Geographers**, 111:3, 2021, p. 944-957, DOI: [10.1080/24694452.2020.1860736](https://doi.org/10.1080/24694452.2020.1860736).
- BANCO MUNDIAL. **Relatório sobre o desenvolvimento mundial 2010: desenvolvimento e mudança climática**. São Paulo: Banco Mundial / EDUNESP, 2010. 418 p.
- BANERJEE, O., CICOWIEZ, M., MACEDO, M. et al. **An Amazon tipping point**: the economic and environmental fallout. Washington D.C: Inter-American Development Bank, 2021. 103 p.
- BARBOSA, A. de M. Agrometeorological water balance in the West of São Paulo State. **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 1–11, 2023. Doi: 10.5747/ca.2022.v18.n4.a502. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ca/article/view/4492>. Acesso em: 26. maio. 2023.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 512 p.
- BATALHA, M. A.. O cerrado não é um bioma. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 21–24, jan. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/qkJL5MqgNQMJFqcb873df7D/#>. Acesso em: 25 jul. 2023.
- BECKER, B. K.. Amazônia: construindo o conceito e a conservação da biodiversidade na prática. In: GARAY, I. E. G.; DIAS, B. F. S.. **Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais**: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento. Petrópolis: Vozes, 2001. p. 92-101.
- \_\_\_\_\_. **Amazônia**: geopolítica na virada do III Milênio. Rio de Janeiro: Garamond, 2007a. 169 p.
- \_\_\_\_\_. Reflexões sobre a geopolítica da soja na Amazônia. In: Costa, W. M.; Becker, B.K.; Alves, D. S. (orgs.). **Dimensões humanas da biosfera-atmosfera na Amazônia**. São Paulo: 2007b, p. 113-128.

- BENSON, W.W. Alternative models for infrageneric diversification in the humid tropics: tests with passion vine butterflies. In: PRANCE, G. T. (ed.). **Biological diversification in the tropics: Proceedings of the Fifth International Symposium of the Association for Tropical Biology**, held at Macuto Beach, Caracas, Venezuela, February 8-13, 1979. New York: Columbia University Press, 1982. p. 608-640.
- BERTALANFY, L.. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973. 351 p.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Revista RA'E GA**. Curitiba: EDUFPR, n. 8, 2004. p. 141-152.
- BIGARELLA, J.J.; ANDRADE-LIMA, D. Paleoenvironmental changes in Brazil. In: PRANCE, G. T. (ed.). **Biological diversification in the tropics: Proceedings of the Fifth International Symposium of the Association for Tropical Biology**, held at Macuto Beach, Caracas, Venezuela, February 8-13, 1979. New York: Columbia University Press, 1982. p. 27-40.
- BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F.. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais – v. 1: fundamentos geológico-geográficos, alteração química e física das rochas e relevo cárstico e dômico**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007. 425 p.
- BIROT, P. **Tratado de Geografía Física General**. Barcelona: Editorial Vicens-Vives, 1962. 475 p.
- BONAN, G.. **Ecological climatology: concepts and applications**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 550 p.
- BORMA, L.S.; NOBRE, C.A. (orgs.). **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 367 p.
- BORSATO, V.A.; MASSOQUIM, N.G.. **O delineamento das massas de ar no Brasil**. Curitiba: CRV, 2020. 194 p.
- BOTEQUILHA-LEITÃO, A.; GUIOMAR, N.. Padrões de paisagem. In: RIBEIRO, S. M. C.; BOSCOLO, D.; CIOCHETTI, G.; FIRMINO, A.; GUIOMAR, N.. **Ecologia da paisagem no contexto luso-brasileiro: volume 1**. Curitiba: Appris, 2021. p. 83-111.
- BRANCALION, P. H. S.; GALDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R.. **Restauração florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 432 p.
- BRASIL (País). **Lei Federal nº 1.806, de 06 de janeiro de 1953**, dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia, cria a Superintendência da sua execução e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1950-1969/11806.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1950-1969/11806.htm). Acesso em: 15 jul. 2022.
- \_\_\_\_\_. **Lei Federal nº 5.173, de 27 de outubro de 1966**, dispõe sobre o Plano de Valorização Econômica da Amazônia; extingue a Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia (SPVEA), cria a Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (SUDAM), e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/15173.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/15173.htm). Acesso em: 07. jan. 2023.

\_\_\_\_\_. **Lei Complementar nº 31, de 11 de outubro de 1977**, cria o Estado de Mato Grosso do Sul, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/lcp/lcp31.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp31.htm). Acesso em: 15 jul. 2022.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 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. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm#:~:text=LEI%20No%209.985%2C%20DE%2018%20DE%20JULHO%20DE%202000.&text=Regulamenta%20o%20art.,Natureza%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm#:~:text=LEI%20No%209.985%2C%20DE%2018%20DE%20JULHO%20DE%202000.&text=Regulamenta%20o%20art.,Natureza%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%AAsncias). Acesso em: 10. dez. 2023.

\_\_\_\_\_. **Decreto Federal nº 4.340, de 22 de agosto de 2002**, regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/D4340.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4340.htm). Acesso em: 10. dez. 2023.

\_\_\_\_\_. **Decreto Federal nº 5.092, de 21 de maio de 2004**, define regras para identificação de áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade, no âmbito das atribuições do Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5092.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5092.htm). Acesso em: 14 ago. 2023.

\_\_\_\_\_. **Decreto Federal nº 5.758, de 13 de abril de 2006**, institui o Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas – PNAP, seus princípios, diretrizes, objetivos e estratégias, e dá outras providências. Disponível em: [https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/conservacao-1/areas-prioritarias/decreto\\_5758\\_2006\\_pnap\\_240.pdf](https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/conservacao-1/areas-prioritarias/decreto_5758_2006_pnap_240.pdf). Acesso em: 14 ago. 2023.

\_\_\_\_\_. **Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012**, dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 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 nºs 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. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm). Acesso em: 14. abr. 2022.

BRAZ, L. C.; PEREIRA, J. L. G.; FERREIRA, L. V.; THALÊS, M. C. A situação das áreas de endemismo da Amazônia com relação ao desmatamento e às áreas protegidas. **Boletim de Geografia**, v. 34, n. 3, p. 45-62, 2016.

BRITO, T. F.; SANTOS, A. C. S.; MAUÉS, M. M.; *et al.* Historical records of orchid bees (Apidae: Euglossini) in Belém Endemism Center: species list of 92 years sampling. **Brazilian Journal of Biology**, v. 79, n. 2, p. 263–272, 2019. Doi: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.180139>.

BRITO-NEVES, B.B.. **Glossário de geotectônica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 256 p.

BUENO, L.. A Amazônia brasileira no Holoceno inicial: tecnologia lítica, cronologia e processos de ocupação. In: Pereira, E., Guapindaia, V. (orgs). **Arqueologia Amazônica – v. 2**. Belém: MPEG; IPHAN; SECULT, 2010, p. 545-560.

CAILLEUX, A.; TRICART, J.. Zones Phytogeographiques et morclimatiques du Quaternaire, au Brésil. **C. R. Soc. de Biogeogr.**(Paris), nº 88-93, p. 7-13.

- CAMPAGNARO, T.; SITZIA, T.; BRIDGEWATER, P.; EVANS, D.; ELLIS, E. Half Earth or Whole Earth: what can Natura 2000 teach us?, **BioScience**, Volume 69, Issue 2, February 2019, Pages 117–124, <https://doi.org/10.1093/biosci/biy153>.
- CANDIDO, Luiz Antonio et al. O clima atual e futuro da Amazônia nos cenários do IPCC: a questão da savanização. **Cienc. Cult.** [online]. 2007, vol.59, n.3 [cited 2022-06-27], pp.44-47. Available from: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252007000300017&lng=en&nrm=iso](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252007000300017&lng=en&nrm=iso). ISSN 0009-6725.
- CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y.; ZALÁN, P.V.; TEIXEIRA, J.B.G.. Estágios evolutivos do Brasil no Fanerozóico. In: HASUI, Y.; CARNEIRO, C.D.R.; ALMEIDA, F.F.M.; BARTORELLI, A.. **Geologia do Brasil**. São Paulo: BECA, 2012. p. 131-136.
- 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.
- CASTRO, R. B.; PEREIRA, J. L. G.; SATURNINO, R.; MONTEIRO, P. S. D.; ALBERNAZ, A. L. K. M. Identification of priority areas for landscape connectivity maintenance in the Xingu Area of Endemism in Brazilian Amazonia. **Acta Amazonica**, 50(1), 2020a, 68–79. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201903080>.
- CASTRO, R. B.; PEREIRA, J. L. G.; ALBERNAZ, A. L. K. M.; ZANIN, M. Connectivity, spatial structure and the identification of priority areas for conservation of Belém Area of Endemism, Amazon. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 92(2), 2020b. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202020181357>.
- 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. 493 p.
- CAVALCANTI, I. F. B.; SILVEIRA, V. P.. Influências das TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico nos eventos de seca. In: BORMA, L. S.; NOBRE, C. A. (orgs.). **Secas na Amazônia: causas e consequências**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 78-88.
- CAVALCANTI, L. C. S.. **Cartografia das paisagens: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 95 p.
- CELENTANO, D.; MIRANDA, M. V. C.; MENDONÇA, E. N.; ROUSSEAU, G. X.; MUNIZ, F. H.; LOCH, V. C.; VARGA, I. V. D.; FREITAS, L.; ARAÚJO, P.; NARVAES, I. S.; ADAMI, M.; GOMES, A. R.; RODRIGUES, J. C.; KAHWAGE, C.; PINHEIRO, M.; MARTINS, M. B... Desmatamento, degradação e violência no "Mosaico Gurupi" - a região mais ameaçada da Amazônia. **Estudos Avançados**, 32 (92), 2018, P. 315–339. <https://doi.org/10.5935/0103-4014.20180021>.
- CLAUDINO-SALES, V.; MAIA, R. P.; ANDRADES FILHO, C. O.. Tectônica e geomorfologia estrutural na formação do relevo brasileiro. In: GUERRA, A. J. T; LOUREIRO, H. A. S. (orgs.). **Geomorfologia: temas e conceitos no século XXI**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2022. p. 115-151.

- CLEMENT, C. R.. Da domesticação da floresta ao subdesenvolvimento da Amazônia. Grupo de Estudos Estratégicos Amazônicos, 29 março 2017. **Cadernos de Debate**, 2018.
- CLEMENTS, F. E.. **Plant succession**: an analysis of the development of vegetation. Washington: Carnegie Institution of Washington, 1916. 512 p.
- \_\_\_\_\_. **Plant succession and indicators**. New York City: The H.W. Wilson Company, 1928. 453 p.
- COLACIOS, R. D.. **Um clima de incertezas**: as controvérsias científicas sobre mudanças climáticas nas revistas científicas Science e Nature (1970-2005). São Paulo: Humanitas/FAPESP, 2017. 330 p.
- COLINVAUX, P. **Ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986. 725 p.
- 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, B. S. S. N.; FERREIRA, L. M.; DIAS, L. J. B.; COSTA, A. P.; SILVA, P. Z. F.; SOUSA, J. B. C.; MARTINS, G. C. V.; SILVA, S. G.; SOUSA, T. F.. **As Dinâmicas Climáticas do Estado do Maranhão entre 1989 e 2018**: precipitações, umidade atmosférica e evapotranspiração potencial. São Luís: IMESC, 2021. 230 p.
- COSTA, F. A.; FERNANDES, D. A.. Dinâmica agrária, instituições e governança territorial para o desenvolvimento sustentável da Amazônia. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 20, n. 3, p. 517–518, set. 2016. Doi: <https://doi.org/10.1590/198055272036>. Acesso em: 12 dez. 2022.
- COUTINHO, L.M.. Contribuição ao conhecimento da ecologia da mata pluvial tropical. Boletim Da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo. **Botânica**, no. 18, 1962, p. 5–219. <http://www.jstor.org/stable/43596538>.
- \_\_\_\_\_. O conceito do cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 1, p. 17-23, 1978.
- \_\_\_\_\_. O conceito de bioma. *Acta Botanica Brasilica* [online]. 2006, v. 20, n. 1 [Acessado 24 Maio 2022] , pp. 13-23. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100002>. Epub 28 Ago 2006. ISSN 1677-941X. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062006000100002>.
- \_\_\_\_\_. **Biomass brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016. 128 p.
- COUTO-SANTOS, F.R.; LUIZÃO, F. J.; CARNEIRO FILHO, A. Influência do status de conservação e da variação da precipitação na dinâmica de mosaicos floresta-savana ao norte da Amazônia Brasileira. *Acta Amazonica* [online]. 2014, v. 44, n. 2 [Acessado 27 Junho 2022] , pp. 197-206. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672014000200005>. Epub 27 Feb 2014. ISSN 1809-4392. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672014000200005>.
- COX, C.B.; MOORE, P.D.; LADLE, R.J. **Biogeografia**: uma abordagem ecológica e evolucionária. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019. 340 p.



- CRUZ, D.C.; FERREIRA, G. C.; RIBEIRO, S. S.; *et al.* Priority areas for restoration in permanent preservation areas of rural properties in the Brazilian Amazon. **Land Use Policy**, v. 115, p. 106030, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106030>.
- DANTAS, M. E.; ARMESTO, R. C. G.; ADAMY, A. Origem das paisagens. In: SILVA, C. R. (ed.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. p. 33-56.
- DANTAS, M.E.; SHINZATO, E.; BANDEIRA, I.C.N.; SOUZA, L.V.; RENK, J.F.C.. Compartimentação geomorfológica. In: BANDEIRA, I.C.N. (org.). **Geodiversidade do Estado do Maranhão**. Teresina: CPRM, 2013. p. 31-62.
- DANTAS, M.E.; TEIXEIRA, S.G. Origem das paisagens. In: JOÃO, X.S.J.; TEIXEIRA, S.G.; FONSECA, D.D.F. (orgs.). **Geodiversidade do Estado do Pará**. Belém: CPRM, 2013. p. 23-52.
- DAVIES, J.. **The birth of the Anthropocene**. Oakland, University of California Press, 2016. 234 pp.
- DE MARTONNE, E. **Panorama da Geografia – Volume II**. Lisboa: Cosmos, 1954. 815 p.
- DEAN, W.. **A ferro e fogo: a história da devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 2004.
- DEMANGEOT, J. **Os meios “naturais” do Globo**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2000. 478 p.
- DETZEL, V. A.; HARDT, L. P. A.; OLIVEIRA, F.; DALOTTO, R. S.. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Tocantins: Diagnóstico Ecológico-Econômico do Estado do Tocantins – v. I**. Palmas: SEPLAN-TO, 2017. 522 p. Disponível em: <https://central3.to.gov.br/arquivo/443465/>. Acesso em: 14. Jul. 2022.
- DEXTER, K; PENNINGTON, R.T.; OLIVEIRA FILHO, A.T.; BUENO, M.L.; SILVA DE MIRANDA, P.L.; NEVES, D.M. Inserting tropical dry forests into the discussion on biome transitions in the tropics, **Frontiers in Ecology and Evolution**, 2018, v.6., p. 1-7. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fevo.2018.00104/full>.
- DIAS, L. J. B.. **Proposta metodológica de zoneamento ambiental aplicada ao município de Anajatuba (MA)**. 2006. 133 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas). Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2006.
- DIAS, L.J.B. (org.). **Zonificação do território: etapa Bioma Amazônico**. São Luís: IMESC, 2019. 142 p.
- DIAS, L. J. B; COSTA, A. P. **Análise das condições climáticas do Estado do Maranhão entre janeiro e junho de 2020**. São Luís: IMESC, 2020. 93 p.
- DIAS, L.J.B.; CATUNDA, P.H.A.; PORTELA, A.K.O.; COSTA, A.P; SOUSA, J.S.; NUNES, A.S.. O contexto do Bioma Amazônico em território maranhense. In: CATUNDA, P.H.A.; DIAS, L.J.B. (orgs.). **Sumário Executivo do Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Maranhão – Escala 1:250.000 (Bioma Amazônico)**. São Luís: IMESC/UEMA, 2019. p. 05-29.

- 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. doi: 10.14393/RCG249668694. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/68694>. Acesso em: 6 dez. 2023.
- 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. B. et al. Uso e cobertura da terra do Bioma Cerrado e do Sistema Costeiro no estado do Maranhão. In: DIAS, L. J. B.; CATUNDA, P. H. A; CARVALHO, D. S.; PORTELA, A. K. O. (orgs.). **Sumário executivo do Zoneamento Ecológico Econômico do Maranhão (ZEE-MA) – v. 2: meio socioeconômico, arranjos jurídicos-institucionais, dinâmicas de sobreposições e usos e cobertura da terra – Etapa Bioma Cerrado e Sistema Costeiro**. 2. ed. São Luís: IMESC, 2021. p. 206-287.
- DOMINGUES, M. S.; BERMAN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente & Sociedade**, v. 15 n. 2, p. 1-22. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v15n2/02.pdf>. Acesso em: 19. mai. 2022.
- DRUMMOND, J. A.. Natureza rica, povos pobres? - questões conceituais e analíticas sobre o papel dos recursos naturais na prosperidade contemporânea. **Ambiente & Sociedade**, n. 10, p. 45–68, jan. 2002.
- DU TOIT, A. **Comparação geológica entre a América do Sul e a África do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1952. 190 p.
- EITEN, G. **Duas travessias na vegetação do Maranhão**. Brasília: UnB, 1994. 76 p.
- ELLIS, E.C.; RAMANKUTTY, N. Putting people in the map: Anthropogenic biomes of the world. **Front. Ecol. Environ.** 2008, 6, 439–447.
- ELLIS, E.C.; KAPLAN, J.O.; FULLER, D.Q.; VAVRUS, S.; KLEIN-GOLDEWIJK, K.; VERBURG, P.H. Used planet: A global history. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. 2013; 110: 7978–7985. <https://doi.org/10.1073/pnas.1217241110>.
- ELLIS, E.C.; BEUSEN, A.H.W.; GOLDEWIJK, K.K. Anthropogenic Biomes: 10,000 BCE to 2015 CE. **Land**, 2020, 9, 129. <https://doi.org/10.3390/land9050129>.
- ELLIS, E. C. et al., People have shaped most of terrestrial nature for at least 12,000 years. **Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.** 118, e2023483118 (2021). <https://doi.org/10.1073/pnas.2023483118>.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **SIAGEO Amazônia** – Sistema Interativo de Análise Geoespacial da Amazônia Legal. Disponível em: <https://www.amazonia.cnptia.embrapa.br/index.html>. Acesso em: 13. dez. 2023.

- ENQUIST, B.J.; ABRAHAM, A.J.; HARFOOT, M.B.J.; et al. The megabiota are disproportionately important for biosphere functioning. **Nat Commun.** **11**, 699 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-14369-y>.
- ESQUIVEL-MUELBERT, A.; BAKER, T.R.; DEXTER, K.G.; et al. Compositional response of Amazon forests to climate change. **Glob Change Biol.** 2019; 25: 39– 56. <https://doi.org/10.1111/gcb.14413>.
- FARIAS, M.H.C.S. et al. Impacto dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia. **Mercator** (Fortaleza) [online]. 2018, v. 17 [Acessado 6 Março 2022] , e17009. Disponível em: <<https://doi.org/10.4215/rm2018.e17009>>. Epub 04 Jun 2018. ISSN 1984-2201. <https://doi.org/10.4215/rm2018.e17009>.
- FATTORINI, S.. Endemism in historical biogeography and conservation biology: concepts and implications. **Biogeographia – The Journal of Integrative Biogeography**, 32, 2017, p. 47-75. <http://dx.doi.org/10.21426/B632136433>. Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/2jv7371z>.
- FEARNSIDE, P.M. **A Floresta Amazônica nas mudanças globais**. 2. ed. Manaus: INPA, 2003. 134 p.
- \_\_\_\_\_. Desenvolvimento hidrelétrico na Amazônia. In: FEARNSIDE, Philip M. (org.). **Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras**. Manaus: Editora do INPA, 2015. p. 09-34.
- FEARNSIDE, P.M.; LAURANCE, W.F.. Infraestrutura na Amazônia: as lições dos planos plurianuais. **Caderno CRH** [online]. 2012, v. 25, n. 64 [Acessado 24 Maio 2022] , pp. 87-98. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-49792012000100007>>. Epub 04 Jun 2012. ISSN 1983-8239. <https://doi.org/10.1590/S0103-49792012000100007>.
- FENECH, A.; MACIVER, D.; DALLMEIER, F. (eds.). **Climate change and biodiversity in the Americas**. Toronto: Environment Canada, 2008. 366 p.
- FERNANDES, A.. **Fitogeografia brasileira**. 2. ed. Fortaleza: Multigraf, 2000. 342 p.
- \_\_\_\_\_. **Conexões florísticas do Brasil**. Fortaleza: BNB, 2003. 134 p.
- FERNANDES, A.; BEZERRA, P.. **Estudo fitogeográfico do Brasil**. Fortaleza: Stylus Comunicações, 1990.
- FERREIRA, D. B. da S.; SOUZA, E. B. de; MORAES, B. C. de. Ciclo horário da precipitação no Leste da Amazônia durante o período chuvoso. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 13, 2021. doi: 10.5380/abclima.v13i0.34723. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13714>. Acesso em: 22. mai. 2023.
- FERRI, M.G. **Vegetação brasileira**. São Paulo: EDUSP/Editora Itatiaia, 1980. 158 p.
- FIGUEIRÓ, A.S.. **Biogeografia: dinâmicas e transformações da natureza**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 384 p.

- \_\_\_\_\_. Apontamentos para a compreensão dos processos coevolutivos em paisagens antropocênicas. **Geofronter**, [S. l.], v. 7, n. 1, 2021, p. 1-37. Disponível em: <https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/6785>. Acesso em: 12 dez. 2023.
- FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 28, n. 2, p. 101–101, jun. 1998.
- FRY, G.; TRESS, B.; TRESS, G.. Integrative landscape research: facts and challenges. In: WU, J.; HOBBS, R. J. (eds.). **Key topics in Landscape Ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009. p. 246-268.
- GOLLEY, F. B.. **A history of the ecosystem concept in Ecology**: more than the sum of the parts. New Haven: Yale University Press, 1993. 254 p.
- GRAY, M.. **Geodiversity**: valuing and conservating abiotic nature. 2. ed. Oxford: John Wiley & Sons Ltd, 2013. 495 p.
- GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R. G.. Influência de eventos El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (CBMET), 13, 2004. Fortaleza. **Anais...** v. 02 (CD-ROM). Fortaleza: CBMET, 2004. n/p. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/22-702bab1b72218e177bbfe1ab21827a5e.doc>. Acesso em 31. jan. 2023.
- HAFER, J.. Speciation in Amazonian Forest Birds: Most species probably originated in forest refuges during dry climatic periods. **Science**, Volume 16, Issue 3.889, 11 July 1969, pp. 131-137. doi: <http://10.1126/science.165.3889.131>.
- \_\_\_\_\_. General aspects of the refuge theory. In: PRANCE, G. T. (ed.). **Biological diversification in the tropics**: Proceedings of the Fifth International Symposium of the Association for Tropical Biology, held at Macuto Beach, Caracas, Venezuela, February 8-13, 1979. New York: Columbia University Press, 1982. p. 06-24.
- \_\_\_\_\_. Ciclos de tempo e indicadores de tempos na história da Amazônia. **Estudos Avançados** [online]. 1992, v. 6, n. 15 [Acessado 29 Junho 2022], pp. 7-39. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40141992000200002>>. Epub 08 Ago 2008. ISSN 1806-9592. <https://doi.org/10.1590/S0103-40141992000200002>.
- HASUI, Y.; ABREU, F.A.M.; VILLAS, R.N.N. Província Parnaíba. In: ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y. (coords.). **O Pré-Cambriano no Brasil**. São Paulo: Edgard Blücher, 1984. p. 36-45.
- HASUI, Y. Neógeno – Quaternário no Brasil. In: HASUI, Y.; SALAMUNI, E.; MORALES, N. (orgs.). **Geologia Estrutural aplicada**. 2. ed. São Paulo: ABGE, 2019. p. 162-268.
- HUECK, K. **As florestas da América do Sul**: ecologia, composição e importância econômica. São Paulo: Polígono/Editora da Universidade de Brasília, 1972. 466 p.
- HUGGETT, R. J. **Fundamentals of Biogeography**. 2th ed. London/New York: Routledge Taylor Francis Group, 2004. 439 p.

- HUMBOLDT, A. v. **Cosmos – essai d’une description physique du monde**. T. II. Bruxelles: C.W. Froment, Librairie-Éditeur, 1851. 436 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de biomas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004.
- \_\_\_\_\_. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2012.
- \_\_\_\_\_. **Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 161 p.
- IMAZON. (2022, December 20). Desmatamento cresce 23% na Amazônia em novembro e faz acumulado de 2022 ser o maior em 15 anos. Imazon. Disponível em: <https://imazon.org.br/imprensa/desmatamento-cresce-23-na-amazonia-em-novembro-e-faz-acumulado-de-2022-ser-o-maior-em-15-anos/>. Acesso: 22 jun. 2023.
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas do Brasil**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 10. abr. 2023.
- JOLY, A.B. **Conheça a vegetação brasileira**. São Paulo: EDUSP/Polígono, 1970. 181 p.
- KAWA, N. C.. **Amazonia in the Anthropocene**: peoples, soils, plants, forests. Austin: University of Texas Press, 2016. 186 p.
- LAM, V.. Abrupt Climate Changes and Tipping Points. In: Pellegrino, G., Di Paola, M. (eds.). **Handbook of the Philosophy of Climate Change**. Handbooks in Philosophy. Cham: Springer, 2023. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-07002-0\\_118](https://doi.org/10.1007/978-3-031-07002-0_118). Acesso em: 08. dez. 2023.
- LANG, S.; BLASCHKE, T.. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.
- LATRUBESSE, E. M.; ARIMA, E.; FERREIRA, M. E.; *et al.* Fostering water resource governance and conservation in the Brazilian Cerrado biome. **Conservation Science and Practice**, v. 1, n. 9. Disponível em: <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/csp2.77>. Acesso em 07 set. 2023.
- LAURENCE, W. F.; VASCONCELOS, H. L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal da Amazônia. **Oecologia Brasiliensis**, v. 13, n. 3, 2009, p. 434-451.
- LEES, A. C.; PERES, C. A. Conservation value of remnant riparian forest corridors of varying quality for amazonian birds and mammals. **Conservation Biology**, v. 22, n. 2, 2008, p. 439-449.
- LEMES, M. C. R; REBOITA, M. S.; CAPUCIN, B. C. Impactos das queimadas na Amazônia no tempo em São Paulo na tarde do dia 19 de agosto de 2019. *Revista Brasileira de Geografia Física* v.13, n.3 (2020) 983-993. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.3.p983-993>.
- LEWIS, S.; MASLIN, M. Defining the Anthropocene. **Nature**, 519, 171–180, 2015. <https://doi.org/10.1038/nature14258>.
- LIMA-DA-SILVA, M.; TOURINHO, H. L. Z.. Território, territorialidade e fronteira: o problema dos



limites municipais e seus desdobramentos em Belém/PA. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 9, n. 1, p. 96–109, jan. 2017.

LYRA, A.A.; CHOU, S.C.; SAMPAIO, G.O.. Sensitivity of the Amazon biome to high resolution climate change projections. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 46, n. 2, p. 175-188, June 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/PDwgKbTQsXzFtCLbsJ58JMC/?lang=en>. Acesso em: 02. dez. 2021.

LOBÃO, M.S.P., STADUTO, J.A.R. Modernização agrícola na Amazônia brasileira. **Revista de Economia e Sociologia Rural** [online]. 2020, v. 58, n. 2 [Acessado 24 Maio 2022] , e188276 . Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.182276>>. Epub 19 Jun 2020. ISSN 1806-9479. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2020.182276>.

LOPES, J.A.V.; DIAS, L.J.B.; BEZERRA, B.R.R.; LIMA, B.R.L.; MOREIRA, C.S.; BISPO, T.A.M. Fronteiras econômicas e transformações territoriais: formatação de espaços e suas dinâmicas sociopolíticas no Estado do Maranhão. In: BURNETT, C.F.L.; LOPES, J.A.V.; DIAS, L.J.B. (orgs.). **Território, política e economia do Maranhão: quatro séculos de ocupação territorial produtiva sob um novo e desafiador processo de desenvolvimento**. São Luís: EDUEMA, 2017. p. 37-99.

LOUZADA, F. L. R. DE O.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. E. M.. Climatological water balance with data estimated by tropical rainfall measuring mission for the Doce River Basin. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 3, p. 376–386, maio 2018. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v38n3p376-386/2018>.

LOVEJOY, T. E.; NOBRE, C.. Amazon Tipping Point. **Sci. Adv.** 21 Feb 2018. Vol 4, Issue 2.

LUO, Y.; WU, J.; WANG, X.; *et al.* Using stepping-stone theory to evaluate the maintenance of landscape connectivity under China's ecological control line policy. **Journal of Cleaner Production**, v. 296, p. 126356, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126356>.

MACARTHUR, R. H.; WILSON, E. O.. **The Theory of Island Biogeography**. Princeton: Princeton University Press, 1967. 203 p.

MAGALHÃES, M.P. et al. O Holoceno inferior e a antropogênese amazônica na longa história indígena da Amazônia oriental (Carajás, Pará, Brasil). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas** [online]. 2019, v. 14, n. 2 [Acessado 24 Maio 2022] , pp. 291-326. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1981.81222019000200004>. Epub 26 Ago 2019. ISSN 2178-2547. <https://doi.org/10.1590/1981.81222019000200004>.

MALHI, Y. The Concept of the Anthropocene. **Annu. Rev. Environ. Resour.** 2017. 42:77–104.

MANTOVANI, W.. A degradação dos biomas brasileiros. In: RIBEIRO, W. C. (org.). **Patrimônio ambiental brasileiro**. São Paulo: EDUSP/Imprensa Oficial do Estado de São Paulo: 2003. p. 367-439.

MAPBIOMAS. **Coleção 6.0**. Disponível em: [https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/icon\\_collection\\_aee0972bba483ddd9b4ca21506e3b13d98faffb476c186a0ce38a0cceab5bbd4.png](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/icon_collection_aee0972bba483ddd9b4ca21506e3b13d98faffb476c186a0ce38a0cceab5bbd4.png). Acesso em: 08. Mar. 2022.

- MARANHÃO (Estado). Lei Estadual nº 11.269, de 28 de julho de 2020, institui o Zoneamento Ecológico-Econômico do Bioma Amazônico do Estado do Maranhão e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado do Maranhão – Poder Executivo (Suplemento)**. Ano 114, n. 99. São Luís: DOE/MA, 2020. 36 p.
- MARTIN, L.J., QUINN, J.E., ELLIS, E.C., SHAW, M.R., DORNING, M.A., HALLETT, L.M., HELLER, N.E., HOBBS, R.J., KRAFT, C.E., LAW, E., MICHEL, N.L., PERRING, M.P., SHIREY, P.D. AND WIEDERHOLT, R. Conservation opportunities across the world's anthromes. **Diversity Distrib.**, 20: 745-755, 2014. <https://doi.org/10.1111/ddi.12220>.
- MARENGO, José A.. **Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI**. 2. ed. Brasília: MMA, 2007. 212 p.
- MARQUES, L. D. P.. **Estrutura de paisagens fragmentadas aplicada à Ecologia e Conservacionismo** – figura (inédita). S/l, 2023.
- MARQUES, V. J.. **Zonificação ambiental do Estado do Maranhão utilizando os geossistemas como categoria geográfica de análise**. 2016. 196 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.
- MARQUES NETO, R. **Zoogeografia do Brasil: a fauna, a paisagem e as organizações espaciais**. Curitiba: CRV, 2018. 388 p.
- \_\_\_\_\_. **Paisagens e geossistemas: bases teórico-metodológicas da Geografia Física aplicada**. Curitiba: CRV, 2022. 312 p.
- MATEO-RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**. 3. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2018. 370 p.
- \_\_\_\_\_. **Teoria dos geossistemas: o legado de V. B. Sochava**. V.1 – Fundamentos teórico-metodológicos. Fortaleza: UFC, 2019. 174 p.
- MATEO-RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B.. **Geoecologia das paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 4. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2013. 222 p.
- MAURANO, L. E. P.; ESCADA, M. I. S.; RENNO, C. D.. Padrões espaciais de desmatamento e a estimativa da exatidão dos mapas do PRODES para Amazônia Legal Brasileira. **Ciência Florestal** [online]. 2019, v. 29, n. 4 [Acessado 24 Maio 2022] , pp. 1763-1775. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509834380>. Epub 10 Feb 2020. ISSN 1980-5098. <https://doi.org/10.5902/1980509834380>.
- METZGER, J.P. O que é ecologia de paisagens?. **Biota Neotropica** [online]. 2001, v. 1, n. 1-2 [Acessado 14 Julho 2022] , pp. 1-9. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>>. Epub 11 Jun 2013. ISSN 1676-0611. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032001000100006>.

- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. N.. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.
- MENEZES, C. R. C.; MONTEIRO, M. A.; GALVÃO, I. M. F. (eds.). **Zoneamento Ecológico-Econômico das Zonas Leste e Calha Norte do Estado do Pará – V.3: Gestão territorial – diretrizes de uso e ocupação**. Belém: Núcleo de Gerenciamento do Programa Pará Rural, 2010. 510 p. Disponível em: [https://www.amazonia.cnpia.embrapa.br/publicacoes\\_estados/Para/Calha%20Norte/ZEE%20V3%20-%20Calha%20Norte%20-%20Gest%C3%A3o%20Territorial\\_Diretrizes%20de%20Uso%20e%20Ocupa%C3%A7%C3%A3o.pdf](https://www.amazonia.cnpia.embrapa.br/publicacoes_estados/Para/Calha%20Norte/ZEE%20V3%20-%20Calha%20Norte%20-%20Gest%C3%A3o%20Territorial_Diretrizes%20de%20Uso%20e%20Ocupa%C3%A7%C3%A3o.pdf). Acesso em: 30. jun. 2022.
- MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.. Sedimentary basins of South America. In: CORDANI, U.G.; MILANI, E.J.; THOMAZ FILHO, A.; CAMPOS, D.A. (eds.). **Tectonic evolution of South America**. Rio de Janeiro: 31<sup>st</sup> International Geological Congress, 2000. p. 389-449.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Os ecossistemas brasileiros e os principais macrovetores de desenvolvimento: subsídios ao planejamento da gestão ambiental**. Brasília: MMA, 1995. 108 p.
- \_\_\_\_\_. **Áreas Prioritárias para a Conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade brasileira: atualização – Portaria MMA nº 009, de 23 de janeiro de 2007**. 2. ed. Brasília: MMA, 2007. 328 p.
- \_\_\_\_\_. **Segunda atualização das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade – 2018**. Brasília: MMA, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/conservacao-1/areas-prioritarias/2a-atualizacao-das-areas-prioritarias-para-conservacao-da-biodiversidade-2018>. Acesso em 15 ago. 2023.
- \_\_\_\_\_. **Corredores ecológicos**. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/instrumentos-de-gestao/corredores-ecologicos.html#via-estados>. Acesso em: 07. dez. 2023.
- MONTEIRO, C. A. F. A climatologia geográfica no Brasil e a proposta de um novo paradigma. In: MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo (org.). **A construção da climatologia geográfica no Brasil**. Campinas: Alínea, 2015. p. 61-153.
- MORAN, E. F.; BRONDÍZIO, E. S.; BATISTELLA, M.. Trajetórias de desmatamento e uso da terra na Amazônia Brasileira: uma análise multiescalar. In: BATISTELLA, M.; MORAN, E. F.; ALVES, D. S. (orgs.). **Amazônia: natureza e sociedade em transformação**. São Paulo: EDUSP, 2008. p. 55-70.
- MORRONE, J.J. Presentación preliminar de un nuevo esquema biogeográfico de América del Sur. **Biogeographica**, v. 75, 1999, p. 1-16.
- \_\_\_\_\_. **Biogeografía de América Latina y el Caribe**. V. 3. Zaragoza: M & T – Manuales & Tesis SEA, 2001. 148 p.

- MU, Y.; JONES, C.. An observational analysis of precipitation and deforestation age in the Brazilian Legal Amazon. **Atmospheric Research**, v. 271, p. 1-12, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2022.106122>.
- NASCIMENTO, D.; NOVAIS, G. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, v. 9, n. 2, p. e922021, 8 set. 2020.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. 422 p.
- NOBRE, C. A.; SAMPAIO, G.; BORMA, L. S.; CASTILLHA-RUBIO, J. C.; SILVA, J. S.; CARDOSO, M. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. **PNAS**, sep. 16, 2016, 113 (39). <https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113>.
- ODUM, E.P.. **Fundamentos de Ecologia**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 1988. 434 p.
- OLIVEIRA, S.N.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T.; *et al.* Deforestation analysis in protected areas and scenario simulation for structural corridors in the agricultural frontier of Western Bahia, Brazil. **Land Use Policy**, v. 61, p. 40–52, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.10.046>. Acesso em: 22 jun. 2023.
- OLIVEIRA, T. G. Alerta vermelho à conservação da última fronteira da Amazônia Tocantina: avaliação do estado de conservação do Gurupi e da Amazônia Maranhense. In: MARTINS, M.B.; OLIVEIRA, T.G. (eds.). **Amazônia Maranhense: diversidade e conservação**. Belém: MPEG, 2011. p. 283-294.
- OLIVEIRA, T. G. et al. Fauna do Bioma Amazônico no Estado do Maranhão. In: 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. p. 274-311.
- OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.; POWELL, G. V. N.; UNDERWOOD, E. C.; D'AMICO, J. A.; ITOUA, I.; STRAND, H. E.; MORRISON, J. C.; LOUCKS, C. J.; ALLNUTT, T. F.; RICKETTS, T. H.; KURA, Y.; LAMOREUX, J. F.; WETTENGEL, W. W.; HEDAO, P.; KASSEM, K. R.. Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. *Bioscience* 51(11), 2001, p. 933-938. Disponível em: <https://academic.oup.com/bioscience/article/51/11/933/227116>. Acesso em: 25 fev. 2023.
- PARÁ (Estado). **Plano de Manejo do mosaico de Unidades de Conservação Lago de Tucuruí: resumo executivo**. Belém: Instituto de Desenvolvimento Florestal e da Biodiversidade / Greentec Tecnologia Ambiental, 2021. 132 p.
- PEREIRA, V. H. C.; CESTARO, L. A. Corredores ecológicos no Brasil: avaliação sobre os principais critérios utilizados para definição de áreas potenciais. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 17, n. 58, p. 16–33, 2016. Doi: 10.14393/RCG175802. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/29203>. Acesso em: 31 jul. 2023.

- PERZ, S.; BRILHANTE, S.; BROWN, F.; CALDAS, M., et al. Road building, land use and climate change: prospects for environmental governance in the Amazon. **Phil. Trans. R. Soc. B.** 363, p. 1889–1895, 2008. <http://doi.org/10.1098/rstb.2007.0017>.
- PETRI, S.; FÚLFARO, V.J.. **Geologia do Brasil – Fanerozoico**. 2. ed. São Paulo: T.A. de Queiroz/EDUSP, 1988. 631 p.
- PINAGÉ, E. R., OSAKO, L. S., REGO, G. S. Mapeamento multitemporal do antropismo na Floresta Nacional de Jacundá, Estado de Rondônia, a partir do uso de imagens LANDSAT. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 57, n. 2, p. 156-165, abr./jun. 2014 <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2014.009>.
- PIVELLO, V.R. The Use of Fire in the Cerrado and Amazonian Rainforests of Brazil: Past and Present. **Fire Ecol** 7, 24–39 (2011). <https://doi.org/10.4996/fireecology.0701024>.
- PRANCE, G. T. (ed.). **Biological diversification in the tropics**: Proceedings of the Fifth International Symposium of the Association for Tropical Biology, held at Macuto Beach, Caracas, Venezuela, February 8-13, 1979. New York: Columbia University Press, 1982. 714 p.
- PUIG, H. **A floresta tropical úmida**. São Paulo: Editora UNESP/Imprensa Oficial do Estado de São Paulo/Intitut de Rechérche pour le Développement (França), 2008. 493 p.
- RENDON, P.; STEINHOFF-KNOPP, B.; BURKHARD, B.. Linking ecosystem condition and ecosystem services: A methodological approach applied to European agroecosystems. **Ecosystem Services**, v. 53, p. 101387, 2022. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101387>.
- RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). **Cerrado: ambiente e flora – v.1**. Planaltina (DF) :EMBRAPA/CPAC, 1998. p.89-186.
- RIGGIO, J.; BAILLIE, J.E.M.; BRUMBY, S. et al. Global human influence maps reveal clear opportunities in conserving Earth’s remaining intact terrestrial ecosystems. **Glob Change Biol.** 2020;00:1–13. <https://doi.org/10.1111/gcb.15109>.
- RIZZINI, C.T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições, 1997. 748 p.
- ROCHA, A. E.; CATUNDA, P. H. A.; DIAS, L. J. B. S. (coords.). **Relatório Técnico de Classificação da Vegetação do Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Maranhão (ZEE-MA) – Etapa Bioma Amazônico**. São Luís: IMESC, 2020. 196 p.
- RODRIGUES, A. L.. Fronteira e território: considerações conceituais para a compreensão da dinâmica do espaço geográfico. **Produção Acadêmica**, [S. l.], v. 1, n. 2, 2016. Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/producaoacademica/article/view/2002>. Acesso em: 4 dez. 2023.
- ROLIM, G. S.; CAMARGO, M. B. P.; LANIA, D. G; Moraes, J. F. L.. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 711–720, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400022>. Acesso em: 21. abr. 2023.



- ROMARIZ, D. A.. A vegetação. In: AZEVEDO, A. (coord.). **Brasil: a terra e o homem**. V. 1 – As Bases Físicas. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1972. p.521-572.
- ROSS, J. L.S. **Ecogeografia do Brasil: subsídios para o planejamento ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006. p. 208 p.
- \_\_\_\_\_. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2012. 85 p.
- \_\_\_\_\_. O relevo brasileiro no contexto da América do Sul. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 61, n. 1, jan./jun. 2016, p. 21-58. DOI: [https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375\\_2016\\_n1\\_art\\_2](https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375_2016_n1_art_2).
- RUBIRA, F. G.; PEREZ FILHO, A. Regressão marinha que sucedeu o optimum climático holocênico. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. l.], v. 22, n. 3, 2021. DOI: 10.20502/rbg.v22i3.1843. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1843>. Acesso em: 29 jun. 2022.
- SAITO, E. A. et al. Efeitos da mudança de escala em padrões de desmatamento na Amazônia. **RBC - Revista Brasileira de Cartografia** (Online), Brasil, v. 63, p. 401-414, 2011.
- SAMPAIO, A.J.. **Fitogeografia do Brasil**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1945. 372 p.
- SANT'ANNA NETO, J. L.. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. In: AMORIM, M.C.C.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MONTEIRO, A. (orgs.). **Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo: Outras Expressões, 2013. p. 75-91.
- SANTOS, M.; SILVEIRA, M.L. **O Brasil: território e sociedade no início do século XXI**. 22. ed. Rio de Janeiro: Record, 2021. 489 p.
- SARAIVA, F. A. M.; PENHA, M.; SILVA, M. J. G. da; MARTINS, E. P.; LISBOA, A. de M.; SANTOS, C. F. dos. Classificação climática por Thornthwaite para as cidades de Porto Velho, Costa Marques e Vilhena. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, [S. l.], v. 3, n. 4, p. 339–346, 2018. DOI: 10.24221/jeap.3.4.2018.1756.339-346. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/JEAP/article/view/1756>. Acesso em: 10 jul. 2023.
- SEDAC/NASA - Socioeconomic Data and Applications Center. **Anthropogenic biomas of the World – data sets**. Disponível em: <https://sedac.ciesin.columbia.edu/search/data?contains=anthromes>. Acesso em: 29. jan. 2022.
- SCHMIDT, M.. Amazonian Dark Earths: pathways to sustainable development in tropical rainforests?. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas** [online]. 2013, v. 8, n. 1 [Accessed 18 May 2022], pp. 11-38. Available from: <<https://doi.org/10.1590/S1981-81222013000100002>>. Epub 13 May 2013. ISSN 2178-2547. <https://doi.org/10.1590/S1981-81222013000100002>.
- SILVA, A.S.A.. **Ferramentas para modelagem e interpolação de dados ambientais em escala regional**. Orientador: Borko Stosic. 2015. 107 f. Tese (Doutorado em Biometria e Estatística Aplicada) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em: [http://www.ppgbea.ufrpe.br/sites/www.ppgbea.ufrpe.br/files/documentos/tese\\_antonio\\_samuel\\_alves\\_da\\_silva.pdf](http://www.ppgbea.ufrpe.br/sites/www.ppgbea.ufrpe.br/files/documentos/tese_antonio_samuel_alves_da_silva.pdf). Acesso em: 29. maio. 2023.

- SILVA, C. A. S.. Fronteira agrícola capitalista e ordenamento territorial. In: SANTOS, M.; BECKER, B. K. (orgs.). **Território, territórios: ensaios sobre ordenamento territorial**. 3. ed. Rio de Janeiro: Lamparina, 2007. p. 282 – 312.
- SILVA, C.R. (ed.). **Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado para entender o presente e prever o futuro**. Rio de Janeiro: CPRM, 2008. 265 p.
- SILVA, J. M. C.. Áreas de endemismo, corredores de biodiversidade e a conservação da Amazônia. In: PERES, C.A.; BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; VIEIRA, I.C.G. (orgs.). **Conservação da biodiversidade em áreas antropizadas no Brasil**. Curitiba: Ed. UFPR, 2013. p. 505-513.
- \_\_\_\_\_. A conservação da biodiversidade como estratégia competitiva para a Amazônia no antropoceno. In: SILVA, O. M. A.; HOMMA, A. K. O. (org.). **Pan-Amazônia: visão histórica, perspectivas de integração e crescimento**. Manaus: FIEAM, 2015, p. 139-156.
- SILVA, A.J.P.; LOPES, R.C.; VASCONCELOS, A.M.; BAHIA, R. B. C.. Bacias sedimentares paleozóicas e meso-cenozóicas interiores. In: BIZZI, L. A.; SCHOBENHAUS, C.; VIDOTTI, R. M.; GONÇALVES, J. H. (eds). **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas e SIG**. Brasília: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2003. p. 55-85.
- SILVA, D. S.; RIBEIRO, M. V.; SOARES, F. H.. Medium and large-sized mammals of a private protected wetland in the Cerrado-Amazon biological corridor, Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, p. e243666, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjb/a/MxbQsgxj8ghBscd8cdBsDnx/#>. Acesso em: 07 set. 2023.
- 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.
- SILVA, J. M. C.; BARBOSA, L. C. F; TOPF, J.; *et al.* Minimum costs to conserve 80% of the Brazilian Amazon. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 20, n. 3, p. 216–222, 2022.
- SILVA, L.C.R., CORRÊA, R.S., WRIGHT, J.L. *et al.* A new hypothesis for the origin of Amazonian Dark Earths. **Nat Commun** 12, 127 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41467-020-20184-2>.
- SILVA JUNIOR, C. H.L.; CELENTANO, D.; ROUSSEAU, G. X.; MOURA, E.G., VARGA, I.D.; MARTINEZ, C.; MARTINS, M.B. Amazon forest on the edge of collapse in the Maranhão State, Brazil. **Land Use Policy**, Volume 97, 2020, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104806>.
- SOARES-FILHO, B.S. *et al.* Cenários de desmatamento para a Amazônia. **Estudos Avançados** [online]. 2005, v. 19, n. 54 [Acessado 24 Maio 2022], pp. 137-152. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000200008>>. Epub 25 Ago 2005. ISSN 1806-9592. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000200008>.
- SOUTO, T. P.; PINHEIRO, S. G.; COSTA, A. R.; MELO, A. M.; MEDEIROS, R. M.; DE MORANT, R. H. Camalaú-PB and their water and decadal variability. **Revista Geama**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 103–108, 2017. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/geama/article/view/1386>. Acesso em: 26 mai. 2023.
- SOUZA, M.. **História da Amazônia: do período pré-colombiano aos desafios do século XXI**. Rio de Janeiro: Record, 2019. 391 p.

- SOUZA, L.C. et al. Chemical and physical properties of an anthropogenic dark earth soil from Bragança, Para, Eastern Amazon. **Acta Amazonica** [online]. 2016, v. 46, n. 4 [Accessed 9 April 2022] , pp. 337-344. Available from: <<https://doi.org/10.1590/1809-4392201505663>>. ISSN 1809-4392. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201505663>.
- SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no Estado de Mato Grosso. **Nativa**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 34–43, 2013. DOI: 10.31413/nativa.v1i1.1334. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/1334>. Acesso em: 23 maio. 2023.
- SOUZA, E. B. de; KAYANO, M. T.; TOTA, J.; PEZZI, L.; FISCH, G.; NOBRE, C. On the influences of the *El Niño*, *La niña* and Atlantic Dipole paterni on the Amazonian rainfall during 1960-1998. **Acta Amazonica**, v. 30, n. 2, p. 305–318, abr. 2000.
- SOTCHAVA, V.B. O Estudo dos Geossistemas. **Métodos em Questão**. Nº 16. USP-IGEO. São Paulo, 1977.
- \_\_\_\_\_. **Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre**. São Paulo: Instituto de Geografia, USP, 1978.
- SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 408 p.
- SUTIL, S.C.; GONÇALVES, J. A. C.; VIEIRA, E. M.. Análise comparativa da fragilidade ambiental da bacia do rio Piracicaba a partir da aplicação de dois modelos metodológicos: suporte para o estabelecimento e proposição de Corredores Ecológicos.. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 13, n. 6, p. 3060-3077, dez. 2020. ISSN 1984-2295. Disponível em: <https://revistasdemo.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/248969>. Acesso em: 30 jul. 2023.
- TANSLEY, A.G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. **Ecology**, 1935, v. 16, p. 284-307.
- TAROLLI, P.; CAO, W.; SOFIA, G.; EVANS, D.; ELLIS, E.C. From features to fingerprints: A general diagnostic framework for anthropogenic geomorphology. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**. 2019;43(1):95-128. doi:[10.1177/0309133318825284](https://doi.org/10.1177/0309133318825284).
- THOMAS, M. F.. The natural landscapes of Brazil and the impact of quaternary dry climates – a comment on two papers by Aziz Nacib Ab’Sáber. In: MODENESI-GAUTTIERI, M. C.; BARTORELLI, A.; MANTESSO-NETO, V.; CARNEIRO, C. D. R.; LISBOA, M. B. A. L. **A obra de Aziz Nacib Ab’Sáber**. São Paulo: Beca, 2010. p. 397-403.
- THORNTHWAITE, C. W. An approach towards a rational classification of climate. **Geographycal Review**, London, n. 38, p. 55-94, 1948.
- THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. The water balance. **Publications in Climatology**. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 1955. p. 1-144.

- TORRES, F. T. P.; MARQUES NETO, R.; MENEZES, S. O.. **Introdução à Geomorfologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012. 322 p.
- TRICART, Jean. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson et Cie. Editeurs, 1965.
- \_\_\_\_\_. **La epidermis de la Tierra**. Barcelona: Labor, 1969. 178 p.
- \_\_\_\_\_. A geomorfologia nos estudos integrados de ordenação do meio natural. **Boletim Geográfico**. Rio de Janeiro, v. 34, n. 251. out./dez. 1976. p. 15-42.
- \_\_\_\_\_. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1977. 97 p.
- \_\_\_\_\_. **A Terra: planeta vivo**. Lisboa / Rio de Janeiro: Editorial Presença / Martins Fontes, 1978. 197 p.
- TRICART, J.; KILIAN, J.. **La ecogeografía y la ordenación del medio natural**. Barcelona: Anagrama 1982.
- TROPPMAIR, H. **Biogeografia e meio ambiente**. 7. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2012. 249 p.
- VALVERDE, O.. **Grande Carajás: planejamento da destruição**. Rio de Janeiro: Forense Universitária / Universidade de São Paulo / Fundação Universidade de Brasília, 1989, 154p.
- VALVERDE, O.; DIAS, C.V.. **A Rodovia Belém-Brasília: estudo de Geografia Regional**. Rio de Janeiro: Fundação Instituto Brasileiro de Geografia, 1967. 350 p.
- VANZOLINI, P. E.. Questões ecológicas ligadas à conservação da natureza no Brasil. **Biogeografia**. n. 16, USP-IG, São Paulo, 1980.
- \_\_\_\_\_. Paleoclimas e especiação em animais da América do Sul tropical. **Estudos Avançados**, 6(15), 1992, p. 41-65. Recuperado de <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/9580>. Acesso em: 21. mai. 2022.
- \_\_\_\_\_. A second note on the geographical differentiation of *Amphisbaena fuliginosa* L., 1758 (*Squamata, Amphisbaenidae*), with a consideration of the forest refuge model of speciation. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 74, n. 4. out./dez. 2002. p. 609-648.
- \_\_\_\_\_. Paleoclimates, relief, and species multiplication in equatorial forests. In: BARTORELLI, A.; LISBOA, M. A. L.; MANTESSO-NETO, V.; SERIPIERRI, D. **Evolução ao nível de espécie: répteis da América do Sul – Paulo E. Vanzolini (opera omnia)**. São Paulo: Beca, 2010a. p. 249-252.
- \_\_\_\_\_. Zoologia sistemática, Geografia e a origem das espécies. In: BARTORELLI, A.; LISBOA, M.A.L.; MANTESSO-NETO, V.; SERIPIERRI, D. (orgs.). **A evolução ao nível de espécie: répteis da América do Sul – Paulo E. Vanzolini (Opera Omnia)**. São Paulo: Beca, 2010b. p. 214-238.

- VASQUEZ, M.L.; KLEIN, E.L.; LOPES, E.C.S. Compartimentação tectônica. In: KLEIN, E.L.; SOUSA, C.S. (orgs.). **Geologia e recursos minerais do Estado do Maranhão: texto explicativo do mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Maranhão na escala 1:750.000**. Belém: CPRM, 2012. p. 21-39.
- VEIGA, J. E. **O Antropoceno e a ciência do sistema Terra**. São Paulo: Editora 34, 2019. 151 p.
- VELOSO, H. P. (org.). **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992. 92 p.
- VIOLA, E.; FRANCHINI, M. Os limiares planetários, a Rio+20 e o papel do Brasil. **Cad. Ebape. Br.** Rio de Janeiro, n. 3, v. 10, 2012.
- \_\_\_\_\_. **Brazil and climate change: beyond the Amazon**. New York: Routledge – Taylor & Francis Group, 2018. 213 p.
- WAIBEL, L. **Capítulos de Geografia Tropical e do Brasil**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1979.
- WALTER, H. **Die Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung – Band I: die tropischen und subtropischen zonen**. Jena: Veb Gustav Fischer Verlag, 1962. 743 p.
- \_\_\_\_\_. **Ecology of tropical and subtropical vegetation**. Edingurgh: Oliver & Boyd, 1971. 539 p.
- \_\_\_\_\_. **Vegetation of the Earth: in relation to climate and the eco-physiological conditions**. New York: Springer – Verlag New York, 1973. 237 p.
- \_\_\_\_\_. **Vegetationszonen und klima**. Stuttgart: Verlag Eugen Ulmer-Stuttgart, 1977. 309 p.
- \_\_\_\_\_. **Vegetação e zonas climáticas: tratado de Ecologia Global**. São Paulo: EPU, 1986. 327 p.
- WARMING, E.; FERRI, M.G. 1973. **Lagoa Santa e a vegetação dos cerrados brasileiros**. Belo Horizonte/São Paulo: Itatiaia/EDUSP, 404p.
- WEAVER, J. E.; CLEMENTS, F. E. **Plant ecology**. 2. ed. New York/London: McGraw-Hill Book, 1938. 601 p.
- WEGENER, A. **The origins of continents and oceans**. New York: Dover Publications Inc., 1966. 246 p.
- WHITTAKER, R. J.; FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M.. **Island biogeography: ecology, evolution, and conservation**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2013. 401 p.
- WWF – BRASIL. **Retrospectiva 2020: Amazônia segue sob forte pressão ambiental**. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/?77568/Retrospectiva-2020-Amazonia-segue-sob-forte-pressao-ambiental> Acesso em: 18. mar. 2022.
- XU, X.; JIA, G.; ZHANG, X.; *et al.* Climate regime shift and forest loss amplify fire in Amazonian forests. **Global Change Biology**, v. 26, n. 10, p. 5874–5885, 2020. <https://doi.org/10.1111/gcb.15279>.



ZAVATTINI, João Afonso; BOIN, Marcos Norberto. **Climatologia geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas: Alínea, 2013. 151 p.

**ANEXO 01** – Frontispício de publicação derivada da Tese na revista “Caminhos de Geografia”, qualificada como A1 no quadriênio 2017-2020 para a área de Biotecnologia.

Início / Arquivos / v. 24 n. 96 (2023): Dezembro / Artigos

## EVOLUÇÃO DA DINÂMICA DAS PRESSÕES ANTROPOGÊNICAS SOBRE PAISAGENS NATURAIS DO CENTRO DE ENDEMISMO BELÉM, AMAZÔNIA ORIENTAL

**Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias**  
Universidade Estadual do Maranhão  
<https://orcid.org/0000-0001-9850-4167>

**Gabriel Costa da Costa**  
Universidade Estadual do Maranhão

**Letícia Moura Ferreira**  
Universidade Estadual do Maranhão

**Allana Pereira Costa**  
Universidade Estadual do Maranhão  
<https://orcid.org/0000-0001-7458-6540>

**Erick Christofore Guimarães**  
Universidade Federal do Oeste do Pará  
<https://orcid.org/0000-0003-4480-5452>

**Tadeu Gomes de Oliveira**  
Universidade Estadual do Maranhão

DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG249668694>

**Palavras-chave:** Região Biogeográfica, Métricas de Paisagem, Geoecologia, Uso da terra

**CAMINHOS DE GEOGRAFIA**  
ISSN: 1678-6343



Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Instituto de Geografia  
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

PDF

Publicado  
05-12-2023

Enviar Submissão

ISSN: 1678-6343  
DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG>

**UFU**

**PORTAL DE PERIÓDICOS UFU**

**IG** INSTITUTO DE Geografia  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

**Pós-Graduação em Geografia**

REVISTA CAMINHOS DE GEOGRAFIA ISSN 1678-6343  
<http://www.sci.br/index.php/caminhosdegeografia/> DOI: <https://doi.org/10.14393/RCG249668694>

**EVOLUÇÃO DA DINÂMICA DAS PRESSÕES ANTROPOGÊNICAS SOBRE PAISAGENS NATURAIS DO CENTRO DE ENDEMISMO BELÉM, AMAZÔNIA ORIENTAL**

**Luiz Jorge Bezerra da Silva Dias**  
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA  
Departamento de Geografia, São Luís, MA, Brasil  
[luizjorge@uema.br](mailto:luizjorge@uema.br)

**Gabriel Costa da Costa**  
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA  
Curso de Geografia Bacharelado, São Luís, MA, Brasil  
[gabrielcosta@uema.br](mailto:gabrielcosta@uema.br)

**Letícia Moura Ferreira**  
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA  
Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, São Luís, MA, Brasil  
[leticia\\_moura2014@outlook.com](mailto:leticia_moura2014@outlook.com)

**Allana Pereira Costa**  
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA  
Mestrado em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, São Luís, MA, Brasil  
[allana.pereira@uema.br](mailto:allana.pereira@uema.br)

**Erick Christofore Guimarães**  
Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA  
Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Natureza e Desenvolvimento, Santarém, PA, Brasil  
[erick.ictio@yahoo.com](mailto:erick.ictio@yahoo.com)

**Tadeu Gomes de Oliveira**  
Universidade Estadual do Maranhão – UEMA  
Departamento de Ciências Biológicas, São Luís, MA, Brasil  
[tadeu4@uema.br](mailto:tadeu4@uema.br)

**RESUMO**

As pressões antrópicas na Amazônia brasileira geraram diversos impactos diretos nos sistemas ambientais desse bioma, que rapidamente se transformou em um conjunto de antromas. A Amazônia oriental está totalmente contida em uma região biogeográfica denominada Centro de Endemismo de Belém (CEB). Com 247.635,44 km², o CEB é um conjunto ecotonal com intensos processos recentes de conversão de áreas nativas em espaços socioeconômicos. Com técnicas de geoprocessamento e realização de trabalhos de campo, objetivou-se analisar a evolução das pressões de uso no CEB durante o período de 1985 a 2020. Os resultados mostram um aumento de 86,39% no número de fragmentos florestais, com redução de suas áreas médias de 0,30 km² para 0,17 km² em 35 anos. Os fragmentos florestais, que em 1985 tinham distância mínima de 200 metros, passaram a ter 500 metros em 2020, um aumento de 250% no período. Houve perda real de 82,58% de florestas contínuas. As áreas protegidas representam apenas 32,54% da Amazônia Oriental, quando deveriam ser entre 50 e 80% segundo as leis vigentes. O CEB, apesar de sua importância biogeográfica e ecológica, configura-se atualmente como de alto controle humano e demanda por esforços dos atores de setores públicos e privados para a restauração ecológica.

**Palavras-chave:** Região Biogeográfica, Métricas de Paisagem, Geoecologia, Uso da terra.

**EVOLUTION OF THE DYNAMICS OF ANTHROPOGENIC PRESSURES ON NATURAL LANDSCAPES OF THE BELÉM ENDEMISM CENTER, EASTERN AMAZON, BRAZIL**

**ABSTRACT**

Anthropogenic pressures in the Brazilian Amazon have generated a number of direct impacts in the environmental systems of this biome, which has quickly become a set of