

GABRIEL CARVALHO MORAES GOMES

**A INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NAS
MÉTRICAS DA PAISAGEM DO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho

Coorientador: Lucas de Carvalho Gomes

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

G633i
2023

Gomes, Gabriel Carvalho Moraes, 1995-

A influência das mudanças de uso e ocupação da terra nas métricas da paisagem do Brasil / Gabriel Carvalho Moraes Gomes. – Viçosa, MG, 2023.

1 dissertação eletrônica (176 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Solos, 2023.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.301>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Solo rural - Uso. 2. Vegetação. 3. Áreas protegidas.
4. Propriedade rural. I. Fernandes Filho, Elpídio Inácio, 1963-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.
Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas.
III. Título.

CDD 22. ed. 631.4


GABRIEL CARVALHO MORAES GOMES

**A INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NAS
MÉTRICAS DA PAISAGEM DO BRASIL**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de fevereiro de 2023.

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 GABRIEL CARVALHO MORAES GOMES
Data: 24/05/2023 09:35:49-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Gabriel Carvalho Moraes Gomes
Autor

Documento assinado digitalmente
 ELPÍDIO INÁCIO FERNANDES FILHO
Data: 11/06/2023 13:48:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Elpídio Inácio Fernandes Filho
Orientador

À minha família,
por sempre apoiar e incentivar meus sonhos.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por abençoar minhas escolhas e minha caminhada.

A Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos, pela oportunidade de realização do mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

A minha família, em especial minha mãe, Roseli, meu irmão Arthur, minha avó Terezinha e minha namorada, Débora.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio prestado no desenvolvimento do presente trabalho.

Ao meu orientador Elpídio, e coorientador Lucas, pelo comprometimento, orientação e paciência durante todo o processo de elaboração da dissertação. Suas contribuições foram inestimáveis e me ajudaram a aprimorar minha pesquisa e escrita.

Aos amigos da Varanda, em especial ao Cláudio, que me apoiaram durante todo o processo, me motivando e encorajando em momentos de dificuldade.

Ao auxílio do Cluster da UFV no desenvolvimento da pesquisa.

Ao Departamento de Solos e ao Laboratório de Geoprocessamento (LabGeo) pelo auxílio no processamento dos dados.

A todos vocês, muito obrigado. Este trabalho não teria sido possível sem a ajuda e o apoio de cada um de vocês.

RESUMO

GOMES, Gabriel Carvalho Moraes, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2023. **A influência das mudanças de uso e ocupação da terra nas métricas da paisagem do Brasil**. Orientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho. Coorientador: Lucas de Carvalho Gomes.

Estudos sobre a evolução das mudanças de uso e cobertura da terra, realizados através da classificação de imagens de satélites e aplicação de conhecimentos de ecologia da paisagem, possibilitam o estabelecimento de programas adequados de conservação da biodiversidade e de controle dos usos dos recursos naturais. Em função das modificações na estrutura da paisagem natural provocadas pela expansão da atividade agrícola, as vegetações nativas vêm sendo fragmentadas e descaracterizadas de forma consistente. O objetivo geral deste trabalho é analisar a influência da mudança do uso e cobertura da terra na dinâmica temporal das métricas da paisagem brasileira, considerando diferentes tipos de solos, áreas protegidas, incluindo as Unidades de Conservação e Terras Indígenas, e em diferentes extensões de propriedades rurais de 1985 até 2020. O estudo objetivou responder quatro perguntas: Capítulo 1: 1) Como a vegetação nativa foi afetada de acordo com os diferentes tamanhos de propriedades rurais? 2) Como o solo influencia na dinâmica de vegetação nativa e quais classes de solo possuem melhor resposta de regeneração? 3) Como as UCs afetaram as transformações de vegetação nativa? Capítulo 2: 4) Como ocorreram as mudanças nas métricas da paisagem nos diferentes biomas entre 1985 e 2020? Os dados espaciais de cobertura e uso do solo dos mapas foram obtidos do Projeto MapBiomas em dois períodos (1985 e 2020), e os limites das propriedades rurais do Cadastro Ambiental Rural (CAR). A plataforma Google Earth Engine (GEE), e os softwares R, ArcGis e QGIS foram utilizados para download de dados, cálculo das métricas, processamento, manipulação e análise dos dados, a fim de investigar os processos de conversão do uso do solo, matrizes de transição e métricas da paisagem. Em relação à análise nas propriedades rurais, a maior perda de vegetação nativa ocorreu nas grandes propriedades e a maior perda percentual ocorreu nas médias propriedades. Áreas com predominância de Latossolo Vermelho Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Planossolo Háplico Eutrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico apresentaram ocorrências do processo regenerativo de vegetação nativa com maior intensidade e conseqüente contenção do

avanço da fragmentação na paisagem brasileira. Nas UCs, os resultados indicam uma tendência de redução na área de vegetação nativa em alguns biomas, especialmente no Cerrado, e ganho nas UCs do Pantanal. A nível nacional, foi perceptível a manutenção e a capacidade de proteção da vegetação nativa nas áreas protegidas do Brasil entre 1985 e 2020, e uma conservação ainda maior nas Terras Indígenas. A paisagem brasileira foi intensamente afetada por essa dinâmica, visto que a área total da paisagem natural diminuiu em 12,72%, com aumento do número de fragmentos de vegetação nativa e diminuição da área média destes remanescentes. Resultados por biomas, tamanhos de propriedades e áreas protegidas identificaram áreas mais propícias a perdas, ganhos ou estabilidade de vegetação nativa, permitindo aos governos e organizações ambientais concentrarem esforços em medidas de proteção e preservação da biodiversidade e estratégias para manejo sustentável dos recursos naturais. A conservação dos recursos naturais e a sustentabilidade da produção agrícola permitem que a sociedade compreenda a importância da preservação ambiental e proteja o patrimônio natural e cultural do país.

Palavras-chave: Vegetação nativa. Métricas de paisagem. Propriedades rurais. Áreas protegidas.

ABSTRACT

GOMES, Gabriel Carvalho Moraes, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa, February 2023. **The influence of land use and cover changes on landscape metrics in Brazil.** Advisor: Elpídio Inácio Fernandes Filho. Co-advisor: Lucas de Carvalho Gomes.

Studies on the evolution of land use and land cover changes, conducted through satellite image classification and application of landscape ecology knowledge, enable the establishment of appropriate programs for biodiversity conservation and control of natural resource use. Due to modifications in the structure of the natural landscape caused by agricultural expansion, native vegetation has been consistently fragmented and altered. The overall objective of this study is to analyze the influence of land use and land cover change on the temporal dynamics of landscape metrics in Brazil, considering different soil types, protected areas including Conservation Units and Indigenous Lands, and varying extents of rural properties from 1985 to 2020. The study aimed to address four research questions: Chapter 1: 1) How was native vegetation affected according to different sizes of rural properties? 2) How does soil influence the dynamics of native vegetation, and which soil classes exhibit a better regenerative response? 3) How did Conservation Units affect the transformations of native vegetation? Chapter 2: 4) How did landscape metric changes occur in different biomes between 1985 and 2020? Spatial land cover and land use data were obtained from the MapBiomass Project for two periods (1985 and 2020), and the boundaries of rural properties from the Rural Environmental Registry (CAR). The Google Earth Engine (GEE) platform, and R, ArcGIS, and QGIS software were used for data download, metric calculation, processing, manipulation, and analysis to investigate land use conversion processes, transition matrices, and landscape metrics. Regarding the analysis of rural properties, the highest loss of native vegetation occurred in large properties, while the highest percentage loss occurred in medium-sized properties. Areas predominantly characterized by Dystrophic Red Latosol, Dystrophic Red-Yellow Latosol, Eutrophic Haplic Planosol, and Dystrophic Red-Yellow Argisol showed more intense occurrences of native vegetation regeneration processes, resulting in a containment of landscape fragmentation advancement in Brazil. For Conservation Units, the results indicate a trend of reduction in native vegetation areas in some biomes, especially in the Cerrado, and gains in the Pantanal Conservation Units. At

the national level, the maintenance and protective capacity of native vegetation in the protected areas of Brazil between 1985 and 2020 were evident, with even greater conservation in Indigenous Lands. The Brazilian landscape was profoundly affected by this dynamic, as the total area of the natural landscape decreased by 12.72%, with an increase in the number of native vegetation fragments and a decrease in their average area. Results by biomes, property sizes, and protected areas identified areas more prone to losses, gains, or stability of native vegetation, allowing governments and environmental organizations to focus efforts on protection and preservation measures for biodiversity and strategies for sustainable natural resource management. The conservation of natural resources and agricultural sustainability enable society to understand the importance of environmental preservation and protecting the country's natural and cultural heritage.

Keywords: Native vegetation. Landscape metrics; Rural properties; Protected areas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Imóveis Rurais inscritos no Cadastro Ambiental Rural no território brasileiro.	33
Figura 2: Mapa de Distribuição das Unidades de Conservação e Terras Indígenas nos biomas brasileiros.	37
Figura 3: Dinâmica de Vegetação Nativa segmentada pelos biomas do Brasil com foco para perda de vegetação nativa em mil km ²	40
Figura 4: Dinâmica de vegetação nativa com destaques para áreas de perda no Pantanal entre os anos de 1985 e 2020.....	43
Figura 5: Dinâmica de vegetação nativa com destaques para áreas de perda no Cerrado entre os anos de 1985 e 2020.....	45
Figura 6: Dinâmica de vegetação nativa com destaques para áreas de perda na Amazônia entre os anos de 1985 e 2020.....	47
Figura 7: Dinâmica de vegetação nativa com destaques para áreas de perda no Pampa entre os anos de 1985 e 2020.	49
Figura 8: Dinâmica de vegetação nativa com destaques para área de maior perda na Caatinga entre os anos de 1985 e 2020.	51
Figura 9: Dinâmica de vegetação nativa com destaques para áreas de perda na Mata Atlântica entre os anos de 1985 e 2020.	53
Figura 10: Unidades de Conservação e Dinâmica de Vegetação Nativa presente no Brasil entre 1985 e 2020.	55
Figura 11: Mapa de dinâmica de vegetação nativa na região do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense entre os anos de 1985 e 2020	58
Figura 12: Representatividade das paisagens naturais dos biomas em relação ao território do Brasil.	122
Figura 13: Perda de vegetação nativa no Brasil entre 1985 e 2020 segmentada por biomas.....	124
Figura 14: Porcentagem da Área Total da Paisagem em relação ao território do bioma.	126
Figura 15: Área Média dos Fragmentos de vegetação nativa nos anos de 1985 e 2020 em cada bioma do Brasil.....	127
Figura 16: Número de Fragmentos da paisagem brasileira nos anos de 1985 e 2020, separado por biomas.....	129

Figura 17: Densidade de Fragmentos de vegetação nativa no Brasil (nº de fragmentos/100ha).	130
Figura 18: Índice de Forma da paisagem brasileira nos anos de 1985 e 2020, separado por biomas.....	132
Figura 19: Métrica de área dos fragmentos na paisagem do Pantanal em 1985. ...	135
Figura 20: Métrica de área dos fragmentos na paisagem do Pantanal em 2020	136
Figura 21: Métrica de área dos fragmentos na paisagem do Pampa em 1985.	138
Figura 22: Métrica de área dos fragmentos na paisagem do Pampa em 2020	139
Figura 23: Métrica de área dos fragmentos na paisagem da Caatinga em 1985	141
Figura 24: Métrica de área dos fragmentos na paisagem da Caatinga em 2020	142
Figura 25: Métrica de área dos fragmentos na paisagem do Cerrado em 1985.	144
Figura 26: Métrica de área dos fragmentos na paisagem do Cerrado em 2020.	145
Figura 27: Métrica de área dos fragmentos na paisagem da Mata Atlântica em 1985.	147
Figura 28: Métrica de área dos fragmentos na paisagem da Mata Atlântica em 2020.	148
Figura 29: Métrica de área dos fragmentos na paisagem da Amazônia em 1985...	150
Figura 30: Métrica de área dos fragmentos na paisagem da Amazônia em 2020...	151
Figura 31: Classificação de Solos no Bioma Amazônia.	169
Figura 32: Classificação de Solos no Bioma Caatinga.....	170
Figura 33: Classificação de Solos no Bioma Cerrado.	171
Figura 34: Classificação de Solos no Bioma Mata Atlântica.	172
Figura 35: Classificação de Solos no Bioma Pampa.....	173
Figura 36: Classificação de Solos no Bioma Pantanal.	174
Figura 37: Vegetação Nativa no Brasil em 1985.	175
Figura 38: Vegetação Nativa no Brasil em 2020.	176

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Transição de todas as classes de vegetação nativa entre os anos de 1985 e 2020.	41
Tabela 2: Dinâmica de vegetação nativa entre os anos de 1985 e 2020 nas Unidades de Conservação do Brasil presentes neste mesmo período.	56
Tabela 3: Dinâmica de Vegetação Nativa em área nas pequenas propriedades rurais do Brasil separado por biomas.	61
Tabela 4: Dinâmica de Vegetação Nativa em área nas médias propriedades rurais do Brasil separado por biomas.	62
Tabela 5: Dinâmica de Vegetação Nativa em área nas grandes propriedades rurais do Brasil separado por biomas.	63
Tabela 6: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas no Pampa, nos anos de 1988 e 2019.	65
Tabela 7: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas no Pantanal, nos anos de 1988 e 2019.	67
Tabela 8: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas no Cerrado, nos anos de 1988 e 2019.	69
Tabela 9: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas no Cerrado, nos anos de 1988 e 2019.	70
Tabela 10: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas na Mata Atlântica, nos anos de 1988 e 2019.	72
Tabela 11: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas na Mata Atlântica, nos anos de 1988 e 2019.	73
Tabela 12: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas na Caatinga, nos anos de 1988 e 2019.	75
Tabela 13: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas na Caatinga, nos anos de 1988 e 2019.	76
Tabela 14: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas na Amazônia, nos anos de 1988 e 2019.	78
Tabela 15: Métricas de paisagem calculadas no estudo.	120
Tabela 16: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 no Brasil.	133

Tabela 17: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 no Pantanal.	134
Tabela 18: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 no Pampa.	137
Tabela 19: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 na Caatinga	140
Tabela 20: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 no Cerrado.....	143
Tabela 21: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 na Mata Atlântica.	146
Tabela 22: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 na Amazônia.....	149

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APA	Áreas de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
CAR	Cadastro Ambiental Rural
GEE	Google Earth Engine
LPVN	Lei de Proteção à Vegetação Nativa
Há	Hectares
Mha	Milhões de Hectares
Mkm ²	Milhões de km ²
RL	Reserva Legal
TI	Terras Indígenas
UC	Unidade de Conservação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20
CAPÍTULO 1: Dinâmica da paisagem brasileira e as implicações para sua conservação	22
RESUMO.....	22
ABSTRACT	24
1. INTRODUÇÃO	26
2. MATERIAL E MÉTODOS	28
2.1. Área de estudo.....	28
2.2. Banco de dados	30
2.3. Dinâmica da vegetação em propriedades rurais	31
2.3. Análise da dinâmica de vegetação nativa em áreas protegidas.....	35
2.4. Relação entre solo e desmatamento/regeneração de vegetação nativa.....	38
3. RESULTADOS	39
3.1. Mudanças da vegetação nativa no brasil	39
3.1.1. Dinâmica de vegetação nativa nas áreas protegidas do Brasil.....	54
3.1.2. Perda de vegetação nativa nas propriedades rurais do Brasil.....	60
3.1.3. Relação entre as diferentes classes de solos no processo de regeneração.....	64
4. DISCUSSÃO	79
4.1. Mudanças espaço temporal da vegetação nativa nos diferentes biomas	79
4.2. Mudanças espaço-temporais da vegetação nativa nas áreas protegidas	82
4.3. Mudanças espaço temporal da vegetação nativa nas propriedades rurais....	92
4.4. Regeneração da vegetação nativa em diferentes classes de solos	93
5. CONCLUSÕES	104
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
CAPÍTULO 2: Mudanças espaço temporais nas métricas de paisagem do Brasil entre 1985 e 2020	112
RESUMO.....	112
ABSTRACT	114
1. INTRODUÇÃO	116
2. MATERIAL E MÉTODOS	118

2.1. Área de estudo.....	118
2.2. Análise da dinâmica da vegetação nativa na paisagem brasileira	119
3. RESULTADOS	121
3.1 dinâmica das métricas da paisagem	121
3.1.1. Área total da paisagem	121
3.1.2. Área média dos fragmentos	127
3.1.3. Número de fragmentos	128
3.1.4. Densidade de fragmentos.....	129
3.1.5. Índice de forma da paisagem.....	131
3.2. Alterações na paisagem brasileira de acordo com o tamanho dos fragmentos	133
4. DISCUSSÃO	152
5. CONCLUSÕES	161
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	164
APÊNDICE A - Mapas de solos nos biomas	169
APÊNDICE B - Mapas de vegetação nativa do Brasil.....	175

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os ecossistemas naturais estão extremamente ameaçados pela crescente transformação de uso e cobertura da terra e pela baixa representatividade das áreas protegidas (MORAIS, 2019). A pressão antrópica, causada pelo crescimento vertiginoso da população em áreas urbanas, gera diversas demandas, principalmente por água, alimentos e terras agrícolas. Este processo exige políticas públicas que garantam a sustentabilidade socioeconômica e conservação ambiental. Para manter a conservação e manutenção do meio ambiente, é essencial conhecer o uso e cobertura da terra para que as medidas que garantam a gestão do espaço (MORAIS, 2019).

Conhecer as condições do ambiente e prever sua dinâmica espaço temporal é fundamental para que o planejamento do uso da terra represente uma técnica eficiente de conservação em paisagens fragmentadas. Para realizar o planejamento, a adoção de procedimentos que assegurem a conservação das áreas mais frágeis, a estabilidade e a manutenção das funcionalidades de cada meio, bem como o aumento da conectividade, favorecem a minimização dos efeitos da fragmentação (MORAIS, 2019). No entanto, a identificação e informação destas áreas mais frágeis em nível nacional ainda são escassas.

O Brasil vem sofrendo um processo de degradação acelerado, provocado, principalmente, pela expansão agropecuária que teve início na década de 1970 (SANTOS et al., 2012). A partir desta época, a utilização de novas tecnologias possibilitou transformar os solos com baixa fertilidade natural, antes considerados impróprios para o cultivo agrícola, em terras extremamente produtivas.

A Lei de Proteção à Vegetação Nativa (LVPN), aprovada em 2012 como substituição ao Código Florestal de 1965 (Lei no 4.771), determina que as áreas de vegetação nativa destinadas à conservação e uso sustentável dos recursos naturais devem ser proporcionais ao tamanho das propriedades rurais e varia de acordo com o bioma (BRANCALION et al., 2016). De acordo com Sparovek et al. (2015), cerca de 54% de toda a vegetação nativa do país está em áreas privadas, o que mostra a importância da propriedade privada na conservação da vegetação nativa no Brasil.

No entanto, a relação entre o tamanho de propriedade na mudança temporal da vegetação nativa no Brasil ainda é desconhecida. Com isso, estudos empregando

o Cadastro Ambiental Rural (CAR) possuem potencial para ser uma importante ferramenta para avaliação da implementação da LVPN, pois permite que os proprietários rurais possam se adequar às exigências legais e se beneficiarem dos programas de regularização ambiental, como o Programa de Regularização Ambiental (PRA). O PRA é um conjunto de ações que visam a recuperação de áreas degradadas e a regularização ambiental de propriedades rurais, incluindo a proteção e a conservação da vegetação nativa. Por meio do PRA, os proprietários rurais podem adotar práticas sustentáveis e receber incentivos financeiros para a conservação da vegetação nativa em suas propriedades.

Além da vegetação nativa protegida em áreas privadas, o Brasil possui Unidades de Conservação (UCs) de proteção integral, que permitem apenas o uso indireto dos recursos naturais e atividades como educação, pesquisa científica e turismo. Também existem as de uso sustentável, áreas onde o uso dos recursos naturais é permitido, mas de forma sustentável. A análise temporal da vegetação nativa em UCs pode identificar se a criação de novas áreas contribuiu para o aumento da vegetação nativa. No entanto, ainda não existe uma análise a nível nacional das mudanças de cobertura natural dentro das UCs nos diferentes biomas.

Dentro das áreas protegidas por lei, também estão presentes as Terras Indígenas (TIs), que possuem papel fundamental na proteção da biodiversidade e dos ecossistemas, sendo espaços legalmente reconhecidos e habitados pelos povos indígenas, que possuem conhecimento tradicional sobre o ambiente. Além de preservarem a vegetação nativa, essas terras promovem práticas sustentáveis de uso da terra, representando um patrimônio nacional e cultural. A demarcação e o respeito aos direitos indígenas são essenciais para garantir a conservação ambiental e a justiça social no país.

Atualmente, os estudos sobre a evolução das mudanças de uso e cobertura da terra e das condições das paisagens são realizados principalmente através da classificação de imagens de satélites e aplicação de conhecimentos e métricas de ecologia da paisagem (LOPES, 2018), estudando as relações entre o meio físico e biótico. A ecologia da paisagem, tendo como base as ciências geográficas e ecológicas, estuda a estrutura, função e mudança nos elementos espaciais da paisagem ao longo do tempo (HERRMANN, 2011). A partir do momento em que a ecologia da paisagem envolve também as questões socioeconômicas do ambiente,

ela se torna muito abrangente, pois o ser humano também pode ser visto como uma parte interativa dos ecossistemas naturais (LOPES, 2018).

Utilizando o método da quantificação da estrutura da paisagem, é possível compreender as suas alterações no tempo, baseado nas métricas da paisagem (ZARAGOZÍ et al., 2012). As métricas de paisagem possibilitam descrever o nível de fragmentação ou uniformidade espacial de uma paisagem, com cálculo baseado especialmente na área total e central, densidade, forma, borda, proximidade e isolamento de fragmentos de vegetações naturais (FERNANDES et al., 2017).

As métricas da paisagem são reconhecidas como bons indicadores de biodiversidade e são utilizadas em diferentes etapas do planejamento em conservação (SCHINDLER et al., 2013), e vários trabalhos já foram realizados aplicando-as para quantificar a fragmentação da paisagem (PANG et al., 2010; PHAM et al., 2011; SILVA et al., 2013; COELHO et al., 2014). Coelho et al. (2014) realizaram uma análise detalhada da dinâmica do uso e ocupação da terra utilizando métricas de paisagem na bacia do riacho São Paulo em Pernambuco entre os anos de 1991 e 2010. Os resultados demonstraram que com o rápido crescimento de áreas de pastagem e agricultura, a paisagem predominante de vegetação nativa foi sendo substituída por uma paisagem cada vez mais heterogênea e fragmentada.

Os fragmentos de vegetação isolados são formados principalmente pelo processo de desmatamento, representando uma das mais graves ameaças à conservação dos ecossistemas. Conseqüentemente, a fragmentação dos ambientes altera a dinâmica ambiental e as relações ecológicas entre populações de fauna, flora e o meio abiótico, influenciando negativamente o funcionamento biológico da paisagem florestal (MORAIS, 2019). Assim, a gestão das paisagens florestais fragmentadas é um desafio na implantação de programas que visam o manejo e a manutenção dos ecossistemas naturais remanescentes. Outro desafio é o emprego dessas técnicas para avaliar a dinâmica de alterações do uso e cobertura da terra desta área que ainda possui grandes manchas de remanescentes de vegetação nativa do bioma.

O presente trabalho objetiva estudar a influência do processo de evolução do uso e cobertura da terra nas métricas da paisagem a nível nacional, correlacionando em diferentes extensões de propriedades e áreas protegidas, para dois períodos extremos (1985 e 2020), a fim de responder às seguintes perguntas: Capítulo 1: 1)

Como a vegetação nativa foi afetada de acordo com os diferentes tamanhos de propriedades rurais? 2) Como o solo influencia na dinâmica de vegetação nativa e quais classes de solo possuem melhor resposta de regeneração? 3) Como as UCs afetaram as transformações de vegetação nativa? Capítulo 2: 4) Como ocorreram as mudanças nas métricas da paisagem nos diferentes biomas entre 1985 e 2020?

Para responder essas perguntas, o trabalho foi conduzido principalmente por três etapas. Primeiramente, quantificar e analisar as transformações na vegetação natural entre 1985 e 2020. Posteriormente, a análise da dinâmica de vegetação nativa em diferentes extensões de propriedades rurais, unidades de conservação e classes de solos; 3) Cálculo de métricas da paisagem e análise de como elas foram influenciadas pelas mudanças de uso e ocupação da terra no território do Brasil.

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANCALION, Pedro HS et al. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza & Conservação**, v. 14, p. e1-e16, 2016.

COELHO, Victor HR et al. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 64-72, 2014.

FERNANDES, M. R. M.; et al. Análise temporal da fragmentação florestal na região semiárida de Sergipe. **Nativa**, v. 5, n. 6, p. 421-427, 2017.

HERRMANN, G. (Org.). Incorporando a Teoria ao Planejamento Regional da Conservação: A Experiência do Corredor Ecológico da Mantiqueira. **Belo Horizonte: Valor Natural**, 2011.

HERRMANN, Gisela; MACHADO, Ricardo Bomfim; MACEDO, Diego Rodrigues. Planejamento para a Conservação da Biodiversidade Regional: uma proposta metodológica para indicação de áreas prioritárias para recuperação, formação de microcorredores e criação de unidades de conservação. **HERRMANN, G. Incorporando a teoria ao planejamento regional da conservação: a experiência do corredor ecológico da Mantiqueira. Belo Horizonte: Valor Natural**, 2011.

LOPES, D. S. Danilo et al. Dinâmica do uso e cobertura da terra e fragmentação da paisagem no cerrado piauiense. 2018.

MAPBIOMAS, Projeto. Projeto MapBiomias: Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. **Retrieved from Projeto MapBiomias: Coleção**, v. 6, 2020.

MORAIS, P. P. **Fragmentação da paisagem e corredores ecológicos na região do MATOPIBA**. Trabalho de conclusão de curso - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Florestal. 56p. 2019.

PANG, Aiping et al. Land use/cover change in response to driving forces of Zoige County, China. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, p. 1074-1082, 2010.

PHAM, Hai Minh; YAMAGUCHI, Yasushi; BUI, Thanh Quang. A case study on the relation between city planning and urban growth using remote sensing and spatial metrics. **Landscape and Urban Planning**, v. 100, n. 3, p. 223-230, 2011.

SANTOS, Mauro Augusto dos et al. Dinâmica demográfica e uso da terra no cerrado brasileiro: reflexões a partir da experiência do Padap. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, p. 319-331, 2012.

SILVA, Ana Cecília da Cruz et al. Aspectos de ecologia de paisagem e ameaças à biodiversidade em uma unidade de conservação na Caatinga, em Sergipe. **Revista Árvore**, v. 37, p. 479-490, 2013.

SPAROVEK, G., BARRETTO, A. G. D. O. P., MATSUMOTO, M., & BERNDES, G. (2015). Effects of governance on availability of land for agriculture and conservation in Brazil. **Environmental science & technology**, v. 49, n. 17, p. 10285-10293, 2015.

CAPÍTULO 1: Dinâmica da paisagem brasileira e as implicações para sua conservação

RESUMO

A expansão agrícola, associada ao desmatamento, são as práticas que mais influenciam as transformações no uso e cobertura da terra, em termos de dimensão e efeitos ambientais, na paisagem brasileira. No Brasil, a Lei de Proteção à Vegetação Nativa, aprovada em 2012, é a principal legislação responsável pela proteção da vegetação nativa em terras privadas, onde ocorrem as maiores taxas de desmatamento e transformação da paisagem. Para o desenvolvimento do seguinte capítulo, foi conduzida uma análise da dinâmica temporal (1985 - 2020) da configuração da vegetação nativa na paisagem brasileira, a partir do cálculo de uma métrica de paisagem e análise de dados de desmatamento e regeneração. O objetivo foi avaliar a dinâmica temporal da configuração da paisagem com foco em vegetação nativa na paisagem brasileira em dois períodos (1985 – 2020) em propriedades rurais, Unidades de Conservação e Terras Indígenas. Além disso, avaliar em quais classes de solos apresentaram ocorrências do processo de regeneração com maior intensidade. O resultado expôs que a prática de desmatamento é vigorosamente correlacionada com a abertura de novas áreas de pastagem. Esta tendência é reforçada pelo crescimento nacional e internacional da demanda de carne. O plantio de soja também aparece positivamente associado com o desmatamento. Em relação à análise nas propriedades rurais, a maior perda de vegetação nativa ocorreu nas grandes propriedades e a maior perda percentual ocorreu nas médias propriedades. Áreas com predominância de Latossolos Vermelhos Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, Planossolo Háplico Eutrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico apresentaram ocorrências do processo regenerativo de vegetação nativa com maior intensidade e consequente contenção do avanço da fragmentação na paisagem brasileira. Nas Unidades de Conservação, os resultados indicam uma tendência de redução na área de vegetação nativa em alguns biomas, especialmente no Cerrado, e aumento apenas no Pantanal. Mas a nível nacional, foi perceptível a manutenção e a capacidade de proteção da vegetação nativa nas áreas protegidas do Brasil entre 1985 e 2020, assim como nas Terras Indígenas. Diante desse cenário,

é fundamental que políticas públicas eficazes para a redução da perda de vegetação nativa devem, portanto, agir nas causas subjacentes da expansão da pecuária reduzindo a força dos processos que produzam a sua expansão na fronteira do desmatamento, garantindo que o fomento da compensação dos passivos alcance também outros domínios em questão nacional. Além do potencial efeito de uma legislação ambiental nacional e a sua relevância ao considerar sua implementação em diferentes categorias fundiárias. Os efeitos dos impactos ambientais são ainda maiores, quando sua ocorrência se dá em países de grande extensão e heterogeneidade como o Brasil, que possui áreas de extrema diversidade biológica e espécies endêmicas.

Palavras-chave: Vegetação nativa. Paisagem. Propriedades rurais. Unidades de Conservação. Uso e ocupação da terra

CHAPTER 1: Dynamics of the Brazilian landscape and implications for its conservation.

ABSTRACT

Agricultural expansion, associated with deforestation, is the practice that most influences land use and land cover transformations, in terms of scale and environmental effects, in the Brazilian landscape. In Brazil, the Native Vegetation Protection Law, approved in 2012, is the primary legislation responsible for protecting native vegetation on private lands, where the highest rates of deforestation and landscape transformation occur. For the development of the following chapter, an analysis of the temporal dynamics (1985 - 2020) of native vegetation configuration in the Brazilian landscape was conducted, based on the calculation of a landscape metric and analysis of deforestation and regeneration data. The objective was to assess the temporal dynamics of landscape configuration with a focus on native vegetation in the Brazilian landscape over two periods (1985-2020) in rural properties, Conservation Units, and Indigenous Lands. Additionally, we evaluated which soil classes exhibited occurrences of regeneration processes with greater intensity. The results revealed that the practice of deforestation is strongly correlated with the opening of new pasture areas. This trend is reinforced by the national and international growth in demand for meat. Soybean cultivation also showed a positive association with deforestation. Regarding the analysis of rural properties, the largest loss of native vegetation occurred in large properties, while the highest percentage loss occurred in medium-sized properties. Areas predominantly characterized by Dystrophic Red Latosol, Dystrophic Red-Yellow Latosol, Eutrophic Haplic Planosol, and Dystrophic Red-Yellow Argisol exhibited occurrences of native vegetation regeneration processes with greater intensity, consequently containing the advancement of fragmentation in the Brazilian landscape. In Conservation Units, the results indicate a trend of reduction in native vegetation areas in some biomes, especially in the Cerrado, and an increase only in the Pantanal. However, at the national level, the maintenance and protective capacity of native vegetation in the protected areas of Brazil between 1985 and 2020 were evident, as well as in Indigenous Lands. Given this scenario, effective public policies

aimed at reducing native vegetation loss must address the underlying causes of livestock expansion, reducing the forces that drive its expansion on the deforestation frontier, and ensuring that liability compensation efforts extend to other domains on a national scale. In addition to the potential impact of national environmental legislation and its relevance when considering implementation in different land categories. The effects of environmental impacts are even greater when they occur in countries of vast extent and heterogeneity like Brazil, which possesses areas of extreme biological diversity and endemic species.

Keywords: Native vegetation. Landscape. Rural properties. Protected areas. Land use and cover.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças antrópicas na cobertura e uso da terra são uma das principais causas das alterações na estrutura e no funcionamento dos ecossistemas naturais (NELSON et al., 2006). Dentre essas mudanças, a expansão da agricultura é uma das mais significativas em termos de abrangência e impacto ambiental (LAUSCH e HERZOG, 2002). O Brasil possui uma enorme diversidade de vegetação nativa, variando de florestas tropicais na Amazônia a pastagens naturais no Pampa, mas a expansão da agricultura vem causando a diminuição destes ecossistemas naturais (BRANCALION et al., 2016).

Políticas públicas, como a criação de áreas protegidas e questões socioeconômicas locais são apontadas como fatores relevantes nas mudanças na vegetação nativa no Brasil. No entanto, características naturais como o tipo de solo e relevo podem ser determinantes na seleção de áreas para desmatamento e na regeneração da vegetação nativa. Apesar de vários trabalhos abordarem o desmatamento no Brasil no espaço e tempo, entender como fatores locais que favorecem o desmatamento e regeneração da vegetação nativa em cada bioma pode ajudar na orientação de políticas públicas voltadas para a conservação dos diferentes ecossistemas naturais.

As fronteiras agrícolas do Brasil representam áreas com intenso desmatamento em áreas privadas e estão localizadas principalmente na região Centro-Oeste, na região Norte, especialmente no Pará, e na região Nordeste, especialmente nos estados do Maranhão, Piauí e Bahia (RICHARDS & VANWEY, 2016; SPAROVEK et al., 2010). A Lei de Proteção à Vegetação Nativa (LVPN) aprovada em 2012 em forma de substituição ao Código Florestal de 1965 (Lei no 4.771) determina que as áreas de vegetação nativa destinadas à conservação e uso sustentável dos recursos naturais devem ser proporcionais ao tamanho das propriedades rurais e varia de acordo com o bioma (BRANCALION et al., 2016). Por exemplo, as Reservas Legais (RL) são áreas cobertas por vegetação nativa, sendo que na Amazônia, determina-se que 80% da extensão da propriedade que é coberta por vegetação nativa, deve ser estabelecida como RL. No Cerrado, assim como nas áreas de transição com a Amazônia, é

determinado que a área reservada deve ser de 35% da área da propriedade e nos demais biomas (Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal e Pampa) 20%. Conforme os dados do MapBiomas (2020), a cobertura de vegetação nativa no Brasil é de aproximadamente 5,63 Mkm², representando 66% do território do país.

Em vista disso, a conservação da cobertura de vegetação nativa nas paisagens pertencentes a propriedades rurais é essencial para evitar perdas por práticas de desmatamento e de descumprimento das obrigações internacionais que o país assume com o objetivo de atenuar os impactos das mudanças climáticas do mundo (RAJÃO e SOARES-FILHO, 2015). Além disso, cerca de 54% de toda a vegetação nativa do país estão em áreas privadas (SPAROVEK et al., 2015). Isto mostra a importância da propriedade privada na conservação da vegetação nativa no Brasil. Apesar disso, a relação entre tamanho de propriedade na mudança temporal da vegetação nativa no Brasil ainda é desconhecida.

Além da vegetação nativa protegida em áreas privadas, o Brasil possui as áreas protegidas por lei, entre elas, as UCs e as TIs. Existem UCs de proteção integral, que permitem apenas o uso indireto dos recursos naturais e atividades como educação, pesquisa científica e turismo. Nesse grupo, estão incluídas as seguintes categorias: Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre. Já as Unidades de Uso Sustentável são áreas onde o uso dos recursos naturais é permitido, mas de forma sustentável, ou seja, sem prejudicar a biodiversidade. Nesse grupo, estão incluídas as seguintes categorias: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

As TIs no Brasil desempenham um papel fundamental na proteção da biodiversidade e dos ecossistemas. Elas são espaços reconhecidos legalmente e habitados pelos povos indígenas, que possuem um profundo conhecimento tradicional sobre o ambiente. Além de preservarem a vegetação nativa, essas terras contribuem para a promoção de práticas sustentáveis de uso da terra, representando um patrimônio nacional e cultural. A demarcação e o respeito aos direitos indígenas são essenciais para garantir a conservação ambiental e a justiça social no país.

Apesar destas áreas serem protegidas por lei, a variação histórica da vegetação nativa dentro destas áreas ainda é desconhecida. Recentes estudos

mostram como a mineração pode diminuir a cobertura natural dentro de áreas protegidas (SONTER et al., 2017). A análise temporal da vegetação nativa em áreas protegidas também pode identificar se a criação de UC contribuiu para o aumento de vegetação nativa dentro da nova área delimitada. No entanto, ainda não existe uma análise nacional das mudanças de cobertura natural dentro das UC nos diferentes biomas do Brasil.

Os diferentes biomas brasileiros são representados por diferentes características pedoclimáticas. Apesar de o clima ser um estratificador da vegetação natural considerando os biomas, o solo tem grande influência na diferenciação de vegetação natural na escala local. Por exemplo, em solos rasos do quadrilátero ferrífero em Minas Gerais a vegetação predominante é campo rupestre, mas quando o solo é um pouco mais profundo nos fundos dos vales, ocorre a presença de árvores e matas. O tipo de solo também pode ser um direcionador do desmatamento, uma vez que em locais como o Cerrado, a expansão agrícola vai preferir as áreas com solos mais profundos e que apresentam a capacidade de suportar intensa mecanização, como os latossolos. Além disso, o tipo de solo também pode influenciar a regeneração de vegetação nativa. No entanto, informações sobre o desmatamento/regeneração de vegetação nativa em diferentes solos e biomas ainda é desconhecida. Essa informação é importante para a seleção e manejo de áreas para regeneração da vegetação natural.

Portanto, este estudo objetivou explorar a dinâmica espaço temporal da vegetação nativa entre 1985 e 2020 nos diferentes biomas brasileiros. Especificamente, buscou-se relacionar as mudanças temporais com relação ao tamanho das propriedades rurais, dentro das UCs e de acordo com as diferentes classes de solos. Os resultados deste trabalho poderão ser utilizados para a adoção de políticas públicas voltadas para a conservação nos diferentes biomas e para o manejo de áreas de reflorestamento com vegetação nativa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O Brasil possui um extenso território (8,51 Mkm²), apresentando uma grande variação de climas e tipos de solos e conseqüentemente, uma variedade de biomas

que são definidos principalmente pelo tipo de vegetação natural. Os biomas formam um conjunto de comunidades vegetais e animais determinados pelos fatores climáticos que ocupam grandes extensões geográficas, resultando em uma diversidade de flora e fauna própria, sendo eles: Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal.

Cerca de dois terços do território brasileiro ainda têm dominância de vegetação nativa, sendo que grande parte possui elevado valor de conservação. Dos 5,63 Mkm² de vegetação nativa presente no território nacional, cerca de 1,70 Mkm² de vegetação nativa estão localizados em áreas protegidas federais e estaduais. A maior parte do restante está em terras agrícolas privadas, onde a Lei Florestal é a estrutura legal mais relevante para a conservação (FREITAS et al., 2017).

A vegetação nativa brasileira suporta uma ampla gama de serviços ecossistêmicos e detém mais de 10% das espécies conhecidas na Terra, muitas das quais são endêmicas e ameaçadas de extinção (LEWINSOHN, 2006). Assim, tem importância global para os serviços ecossistêmicos e a biodiversidade, e o aumento da pressão por alimentos, fibras e bioenergia pode levar a conflitos de metas de sustentabilidade (FREITAS et al., 2017).

O bioma Amazônia é responsável por ocupar quase metade do território brasileiro e abriga a maior floresta tropical do mundo. É também conhecido por ser a maior reserva biológica da Terra, contendo pelo menos metade de todas as espécies vivas do planeta, além de possuir 20% da disponibilidade mundial de água e grandes reservas minerais (COUTINHO, 2016). A Mata Atlântica, por sua vez, ocupa cerca de 13% do território brasileiro e é a fonte de recursos hídricos para 70% da população nacional (COUTINHO, 2016). Infelizmente, é também o bioma mais ameaçado do Brasil, com apenas 12,4% de sua cobertura florestal original ainda preservada (INPE (2019).

O bioma Cerrado é considerado a savana com maior biodiversidade do mundo e ocupa cerca de 24% do território nacional. Até a década de 1950, ele permaneceu praticamente inalterado. No entanto, com a transferência da capital federal para Brasília e a abertura de novas estradas, a cobertura vegetal natural foi substituída pela pecuária e pela agricultura intensiva (COUTINHO, 2016). O bioma Caatinga ocupa aproximadamente 10% do território nacional e apresenta uma grande variedade de paisagens e riqueza biológica, apesar de estar localizado em uma área de clima

semiárido. Infelizmente, a vegetação nativa tem sido substituída por pastagens e agricultura, e as queimadas e o desmatamento são práticas comuns no preparo da terra para a agropecuária (COUTINHO, 2016).

O Pampa, que ocupa cerca de 2% do território nacional, é composto principalmente por vegetação campestre e é de extrema importância biológica para a conservação da fauna e flora, embora grande parte já tenha sido transformada em lavouras e pastagens cultivadas (MENGUE, et al., 2018). Finalmente, o Pantanal ocupa apenas cerca de 2% do território nacional, mas é o bioma mais preservado. Embora a criação de gado seja uma atividade importante para a região, é importante garantir a sua preservação (COUTINHO, 2016).

2.2. BANCO DE DADOS

Para avaliar a dinâmica espacial e temporal da vegetação nativa, foram utilizados os mapas de uso e cobertura da terra do Projeto MapBiomas (Coleção 6), especificamente os dados de 1985 e 2020. A análise destes dados foi realizada através da plataforma GEE, assim como os dados de desmatamento e regeneração.

O Projeto MapBiomas é uma plataforma online e gratuita que apresenta um banco de dados de imagens Landsat 5, 7 e 8 que tem como principal objetivo contribuir para a compreensão da dinâmica do uso do solo dos biomas brasileiros a partir de 1985. Este projeto aplica uma metodologia rápida, confiável e de baixo custo, sendo que o banco de dados mantido pelo projeto disponibiliza as imagens utilizadas, e todo o script utilizado pode ser recuperado e editado conforme necessidade do usuário (DOS SANTOS, 2019). Dentre os produtos disponibilizados, os que foram aplicados no presente estudo foram os mapas de cobertura e uso do solo e o método desmatamento (MAPBIOMAS, 2020):

Para a obtenção dos dados foi utilizada a plataforma GEE, que utiliza sistema de computação em nuvem e um grande banco de dados para análise e processamento digital de imagens. Possui um amplo acervo de imagens de sensoriamento remoto e trabalha com linguagens de programação Java Script e Python, proporcionando aos usuários a desenvolverem seus próprios scripts através do Google Earth Engine Code Editor, além de ser capaz de gerar upload dos scripts disponíveis na biblioteca, ajustando de acordo com a região de interesse ou até

mesmo da sua própria base de dados (MENEZES et al., 2015). Além disso, os scripts e mapas do projeto MapBiomass estão disponíveis nesta plataforma para download.

As principais aplicações do MapBiomass estão na classificação da cobertura da terra e suas alterações, detecção de desmatamento e nas estimativas de biomassa florestal e de carbono, sendo uma plataforma utilizada em diversos trabalhos, como mudança global de florestas (HANSEN et al., 2013), mapeamento da expansão urbana (ZHANG et al., 2015; PATEL et al., 2015), estimativa de rendimento de culturas (LOBELL et al., 2015), mudança global de superfície alagada (PEKEL et al., 2016), mapeamento de inundação (COLTIN et al., 2016), recuperação de áreas atingidas pelo fogo (SOULARD et al., 2016), mapeamento de arroz (DONG et al. 2016) e na análise da dinâmica da cobertura vegetal (HUANG et al., 2017).

2.3. DINÂMICA DA VEGETAÇÃO EM PROPRIEDADES RURAIS

Para avaliar as alterações em áreas de vegetação nativa nas propriedades rurais, usamos as informações do Cadastro Ambiental Rural (CAR). O CAR compreende um sistema de cadastro eletrônico e obrigatório para todas as propriedades rurais, e segundo Laudares et al. (2014), tem como objetivo integralizar as informações ambientais relacionadas às APP, de RL, à vegetação nativa, às Áreas de Uso Restrito e às áreas consolidadas das propriedades e posses rurais. A proposta do CAR foi sancionada pelo Código Florestal, pois ele já havia sido instituído pelo Decreto nº 7.029, de 10 de dezembro de 2009, no âmbito do Programa Federal de Apoio à Regularização Ambiental de Imóveis Rurais, denominado “Programa Mais Ambiente”. Porém, segundo SOUZA (2013), a primeira iniciativa de sistema de monitoramento e controle de imóveis rurais foi o Sistema de Licenciamento Ambiental em Propriedades Rurais (SLAPR) no estado do Mato Grosso, em 1997, que, por sua vez, incentivou a criação de mecanismos semelhantes em estados como Pará, Rondônia, Acre, Bahia e Tocantins.

O CAR tem como motivação a unificação de todos os registros ambientais rurais do país em uma única plataforma, a fim de diminuir o tempo para averiguá-los, pois antes de sua implementação o registro de cada RL ficava, geralmente, no cartório da cidade mais próxima à propriedade. Entretanto, segundo Delalibera et al. (2008), diagnósticos ambientais apontam que poucas propriedades rurais têm RL ou RL

avermadas em cartório. Além disso, há aquelas RL que, mesmo sendo averbadas em cartório, são transformadas em pastos, plantações agrícolas (SOLARI, 2017).

Os dados do CAR foram obtidos através da plataforma Atlas da Agropecuária Brasileira da Imaflora, uma iniciativa para gerar e disseminar conhecimento sobre a agropecuária brasileira a partir de uma plataforma online, e neles foram contabilizados 5,46 milhões de propriedades rurais de propriedades rurais cadastradas no Brasil até 2019, representados pela Figura 1.

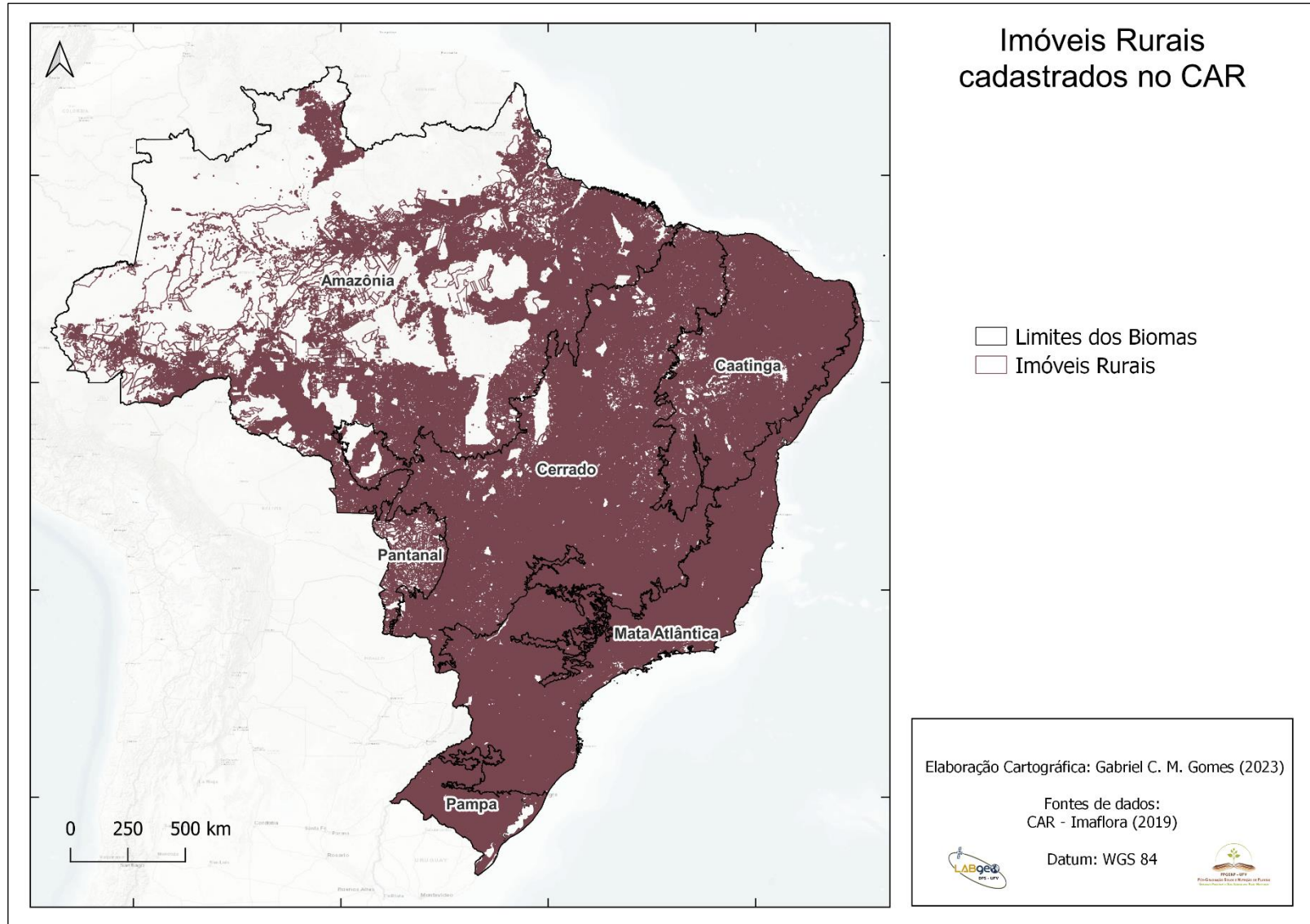


Figura 1: Imóveis Rurais inscritos no Cadastro Ambiental Rural no território brasileiro.

A plataforma organiza e disponibiliza dados originais e secundários sobre o setor agropecuário, reunindo informações sobre o uso da terra, a aptidão agrícola, a distribuição, produção e produtividade das culturas em séries históricas, além de outras informações ambientais e sociais relevantes para o desenvolvimento rural e a conservação dos recursos naturais, como o desmatamento e o cumprimento do Código Florestal. O mapa da situação fundiária do Brasil utilizado no estudo foi derivado da fusão de diversas bases de dados governamentais até o ano de 2019: a) limites das propriedades rurais declaradas no CAR (SICAR, 2019), b) assentamentos rurais (INCRA, 2016), c) terras indígenas e das UCs federais, estaduais e municipais (MMA, 2015), e após a separação dos dados a serem utilizados no estudo, totalizaram 2,95 milhões de propriedades rurais mapeadas e 968 UCs.

Finalmente, o mapa da situação fundiária foi classificado de acordo com o tamanho das propriedades rurais com relação ao Módulo Fiscal (MF), classificadas como propriedades pequenas ($MF \leq 4$), médias ($4 < MF \leq 15$) e grandes (> 15 MF), de acordo com a classificação dos imóveis rurais presente na Lei nº 8.629/1993 (Art. 4, II e III). O módulo fiscal é configurado como uma unidade de medida agrária que representa a área mínima necessária para as propriedades rurais poderem ser consideradas economicamente viáveis, e os tamanhos variam de 5 a 110 hectares, de acordo com o município. A definição do módulo fiscal foi realizada de acordo com os fatores relacionados aos municípios, como: o tipo de exploração predominante; a renda obtida com a exploração predominante; outras explorações existentes no município que, embora não predominantes, fossem expressivas em função da renda ou da área utilizada e o conceito de propriedade familiar (LANDAU et al., 2012). O módulo fiscal serve de parâmetro para a classificação fundiária dos imóveis rurais do município quanto ao seu tamanho, em conformidade com o art. 4º da Lei nº 8.629/93. Para tanto, as propriedades rurais podem ser classificadas em minifúndios (tamanho de até um módulo fiscal); pequenas propriedades (área entre um e quatro módulos fiscais); médias propriedades, com dimensão superior a quatro até 15 módulos fiscais e grandes propriedades, com área maior do que 15 módulos fiscais.

A dimensão dos módulos fiscais passou a ter importância, principalmente a partir da revisão do Código Florestal brasileiro, atuando como parâmetro legal para indicação da largura obrigatória para recomposição das APPs localizadas em margens de cursos e corpos d'água naturais, assim como para isentar propriedades

rurais que possuem até quatro módulos fiscais da obrigação de recuperar ou recompor áreas de RL (LANDAU et al., 2012). Para as análises, assumimos que os limites das propriedades são constantes ao longo do tempo, uma vez que não temos informações quanto às suas alterações, e foi atribuído um valor médio de módulo fiscal por bioma.

2.3. ANÁLISE DA DINÂMICA DE VEGETAÇÃO NATIVA EM ÁREAS PROTEGIDAS

O Brasil é o quinto maior país em território do mundo, com seus 8,51 Mkm². Desse território, 19,74% são cobertos por UCs, que somam cerca de 1,68 Mkm². No entanto, apenas 6% da área em UC estão representadas em unidades de proteção integral, que permitem apenas o uso indireto dos recursos naturais e atividades como educação, pesquisa científica e turismo. Os outros 12% são representados por unidades de uso sustentável, ou seja, são permitidas atividades econômicas, sendo 5,4% em Áreas de Proteção Ambiental (APA), categoria com pouquíssimas restrições de uso da terra, contendo inclusive cidades e fazendas em seu interior. O restante são áreas nas quais são permitidas, entre outras atividades, a produção madeireira sustentável e o extrativismo de produtos como castanha, açaí e borracha.

Os dados da ANA (2023) indicam que as TIs somam uma área de 1,24 Mkm², ou seja, 14,57% das terras do país são destinadas aos povos indígenas. Destaca-se que há um número expressivo de terras regularizadas, totalizando 500 áreas. Além disso, a presença de 80 terras delimitadas evidencia um progresso inicial na identificação e reconhecimento dessas áreas como tradicionalmente ocupadas pelos indígenas. Por outro lado, o baixo número de terras homologadas (18) indica a necessidade de agilizar o processo de reconhecimento oficial dessas áreas. A existência de 49 terras declaradas e 12 terras encaminhadas com reserva indígena revela que ainda há etapas a serem concluídas para sua efetiva proteção. Ademais, as 8 terras em estudo sugerem uma atenção contínua na identificação e delimitação de novas áreas de posse indígena.

A maior parte das TIs concentra-se na Amazônia: são 305 áreas, 1,10 Mkm², representando 23% do território amazônico e 88,29% da extensão de todas as TIs do país. Dentre elas, 286 estão regularizadas, 25 declaradas, 8 delimitadas, 2 homologadas, 7 encaminhadas com Reserva Indígena e 7 em estudo. O segundo bioma mais representativo em quantidade de TIs é a Mata Atlântica, com 156. Porém,

o Cerrado, mesmo contendo um número menor, 117, é mais representativo em área do que a Mata Atlântica, representando 124,78 mil km², 10,05% da área de TIs do Brasil.

No estudo foi realizada uma análise da dinâmica da vegetação nativa em áreas protegidas brasileiras, obtidos pela plataforma do ICMBio (2020) e ANA (2023). Para isto, foram avaliadas as UCs federais, estaduais e municipais, e as TIs, totalizando 2.878 áreas protegidas. O mapa representado pela Figura 2 demonstra a distribuição das áreas protegidas avaliadas no Brasil e nos diferentes biomas.

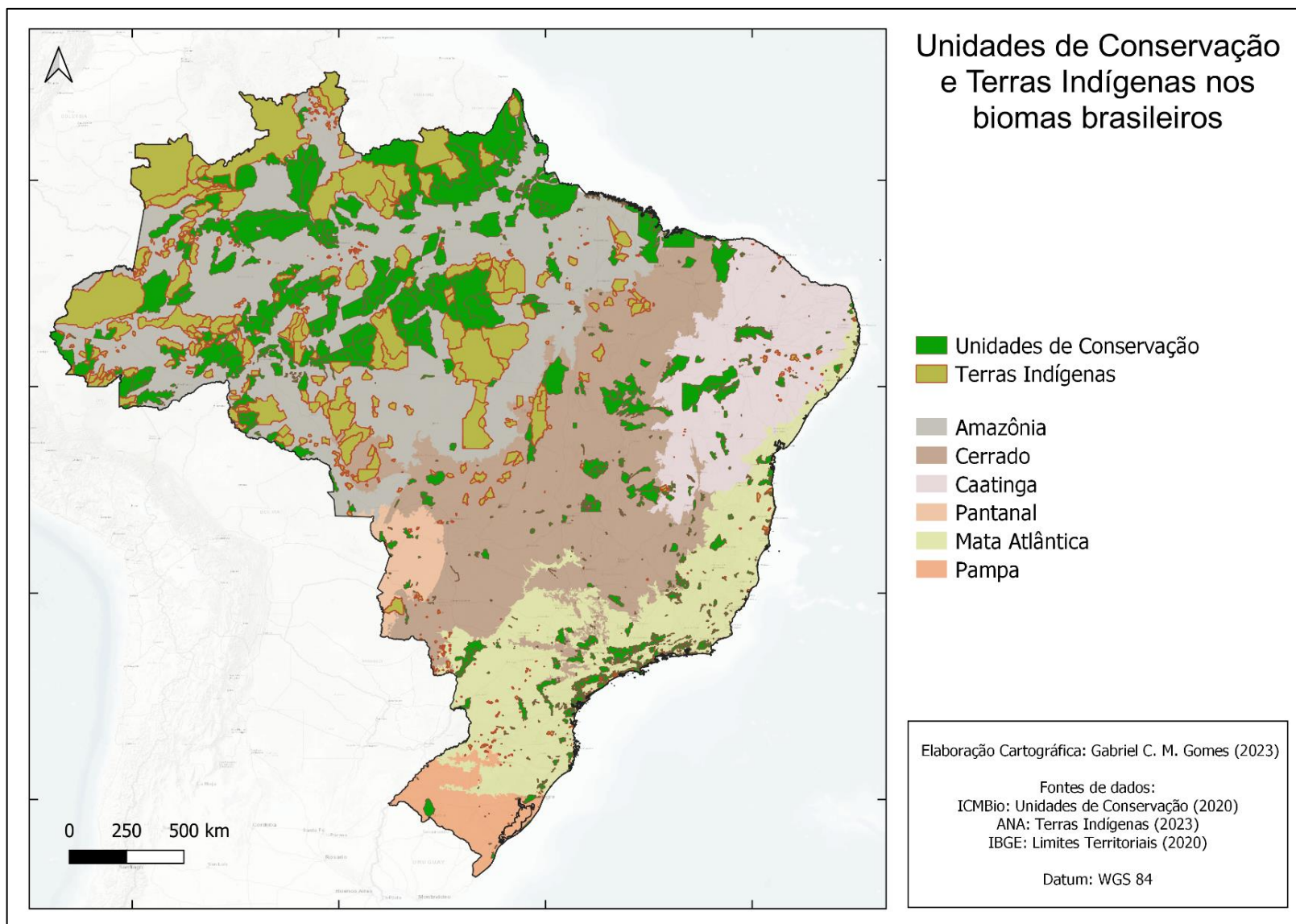


Figura 2: Mapa de Distribuição das Unidades de Conservação e Terras Indígenas nos biomas brasileiros.

Para extrair os dados de perda ou ganho de cobertura nativa dentro das UCs, os dados foram separados por biomas e foi aplicada a ferramenta denominada como Estatísticas Zonais, no QGis, que resume de forma rápida e precisa os valores de *raster*, em polígonos, normalmente chamadas de estatísticas zonais. Para calcular uma estatística, a ferramenta primeiro extrai valores das células do *raster* classificado para todas as células que se enquadram em cada zona. Essa identificação de células dentro de uma zona é feita sobrepondo as zonas nas informações contidas no *raster*. Quando as entradas de zona e valor são do mesmo tamanho de célula e as células estão alinhadas, os valores das células de valor que se sobrepõe aos das zonas são extraídos e as estatísticas são calculadas.

2.4. RELAÇÃO ENTRE SOLO E DESMATAMENTO/REGENERAÇÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA

O projeto MapBiomas, desenvolveu um sistema de validação e refinamento de alertas de desmatamento, degradação e regeneração de vegetação nativa com imagens de alta resolução (MAPBIOMAS, 2019). Permite que o usuário interaja com a ferramenta, apresenta dados e laudos relevantes para estudos ambientais, que podem ser utilizados para o monitoramento e a fiscalização de áreas degradadas. A plataforma leva em consideração o ano 1988 como base para início da execução do algoritmo do Método Desmatamento. Os eventos são estabelecidos avaliando a trajetória de cada pixel de acordo com os critérios de supressão de vegetação nativa, do qual o algoritmo aloca cada pixel em uma das classes estabelecidas para o produto (MAPBIOMAS, 2020).

A classe levada em consideração foi a vegetação secundária, que indica trajetória com presença de evento de recuperação para vegetação secundária (MAPBIOMAS, 2020). As imagens da regeneração foram baixadas restritas ao período do estudo para cada estado, com resolução de 30 metros.

Após a separação das classes de solos nos biomas, representadas pelos mapas presentes no Apêndice A, seguida da aplicação do método de estatísticas zonais nas classes de regeneração de vegetação nativa, foram definidas as classes de solos dominantes nas áreas de regeneração de vegetação secundária e recuperação para vegetação secundária, para os anos de 1988 e 2019, com maiores percentuais de áreas para as classes de solos representadas. Para a análise espacial

relacionando os dados de regeneração com as classes de solos foi utilizada a ferramenta “Estatísticas Zonais”, empregando as classes de solos mais representativas para os biomas, selecionando a quantidade mínima para garantir uma representatividade de 75% do território do bioma. Para tal, realizou-se a vetorização dos arquivos e extração dos vetores de regeneração. Em seguida realizou-se a conversão para o formato *shapefile* e o recorte circunscrito ao raio, para finalmente analisar as estatísticas zonais sobre as áreas de regeneração nas diferentes classes de solo e elaborar os mapas. Todos os procedimentos foram realizados nos softwares ArcGIS 10.1 (ESRI, 2011), Qgis 3.0 (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2019) e 3.18 e R 4.2.1 (RTEAM, 2013).

3. RESULTADOS

3.1. MUDANÇAS DA VEGETAÇÃO NATIVA NO BRASIL

Entre 1985 e 2020, o Brasil perdeu 12,72% de vegetação nativa, entre florestas, savanas e outras formações não florestais. Isto corresponde a uma redução de cerca de 0,82 Mkm², diminuindo de 6,45 Mkm² para 5,63 Mkm². Esse território foi ocupado principalmente pela agropecuária, que agora responde por um terço do uso da terra no Brasil. Tais mudanças se revertem em uma série de desafios enfrentados pelo Brasil na gestão do uso da terra.

Dentre as principais constatações, destaca-se que a intervenção humana causou mudanças significativas entre 1985 e 2020, abrangendo uma proporção significativa de 33% de toda a área antropizada do país. A área ocupada por agropecuária cresceu de 21% para 31% do país, com destaque para o crescimento de 228% das áreas de agricultura e que agora representam 7,4% do território nacional. De forma percentual, a área de vegetação nativa da paisagem em relação ao próprio território, que conta com 8,51 Mkm², o país perdeu aproximadamente 10%. Em 1985 a área de vegetação nativa no país representava 75% do território, enquanto em 2020, passou a representar 66,14%. A figura 3 representa o mapa de dinâmica de vegetação nativa no Brasil, destacando quantitativamente a perda em área e percentual em cada bioma.

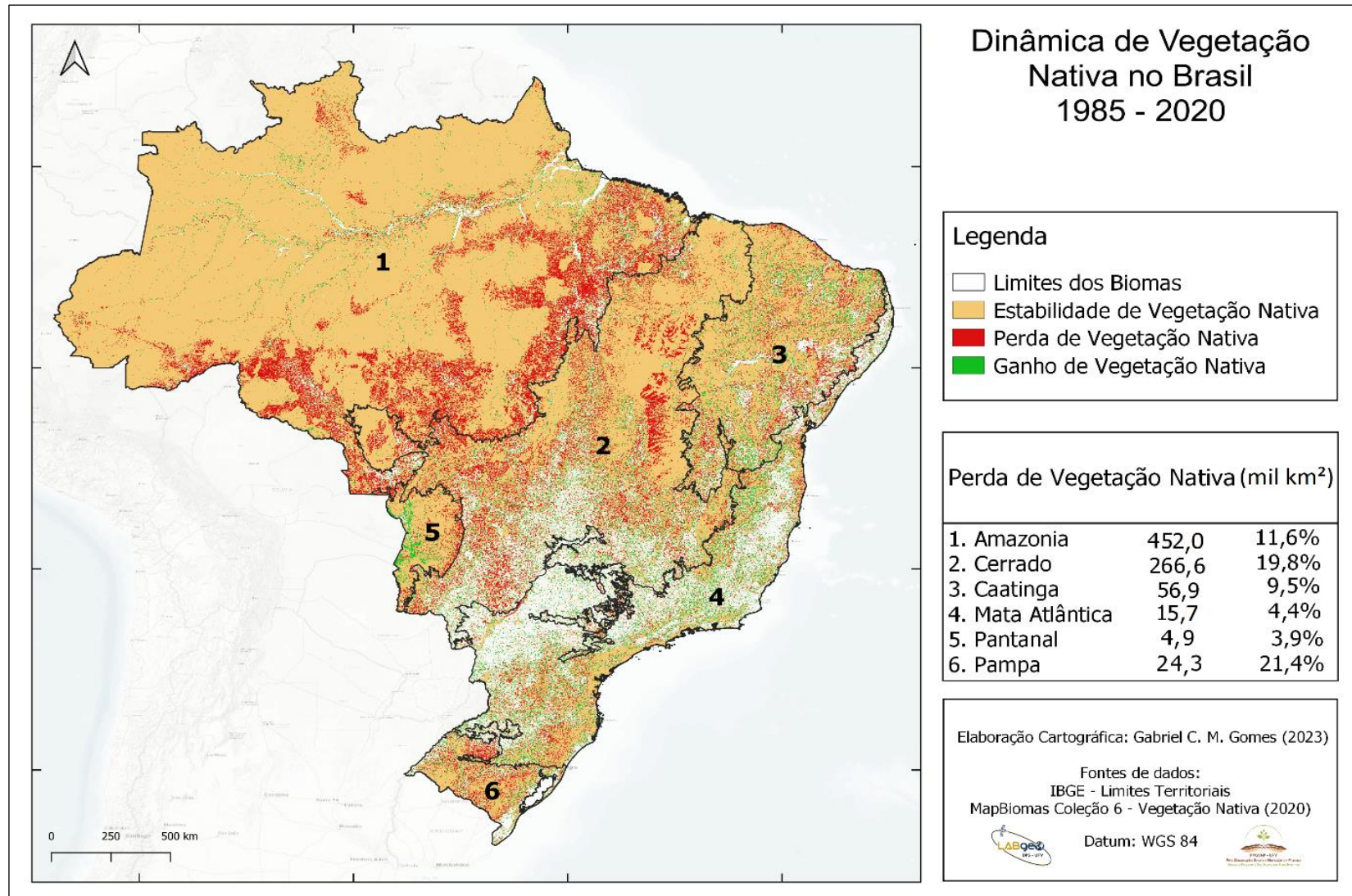


Figura 3: Dinâmica de Vegetação Nativa segmentada pelos biomas do Brasil com foco para perda de vegetação nativa em mil km².

O país chegou a ocupar o primeiro lugar em perda líquida de florestas globalmente, mesmo com sua importância para a prestação de serviços ecológicos (CANTON, 2021). A perda anual equivale a 1,5 mil km², entre 2010 e 2020 (CANTON, 2021), e o país perdeu cerca de 11% (565 mil km²) de sua cobertura florestal remanescente desde o ano 2000 (GFW, 2020). Os resultados deste trabalho indicam que cerca de 5,63 Mkm² da classe de vegetação nativa se manteve e aproximadamente 1,06 Mkm² foram transformados para áreas de usos antrópicos entre 1985 e 2020 (Tabela 1). O detalhamento da transição de vegetação nativa para diferentes classes de uso e cobertura da terra neste período também pode ser encontrado na Tabela 2.

Tabela 1: Transição de todas as classes de vegetação nativa entre os anos de 1985 e 2020.

Classe de Uso e Cobertura da terra de destino	Area (km²)	%
Pastagem	713.427,40	67,26%
Soja	142.950,06	13,48%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	125.091,98	11,79%
Floresta Plantada	32.428,43	3,06%
Mosaicos de Lavouras	28.052,56	2,63%
Área Urbanizada	5.291,97	0,50%
Cana	4.247,33	0,40%
Outras Lavouras Perenes	5.698,72	0,34%
Arroz	2.632,73	0,25%
Mineração	1.528,64	0,14%
Café	6.717,72	0,11%
Citrus	470,78	0,03%
Aquicultura	70,42	0,01%

A pastagem é a classe de uso que ocupa a maior área, 67,26% de toda a transição, seguida pela cultura da soja com 13,48%. O uso da terra destinado para a agricultura é bastante representativo na tabela 1, incluindo mosaicos de agricultura e pastagem, arroz, mosaicos de lavouras, café, citros e outras lavouras perenes. Além disso, há áreas destinadas à floresta plantada, cana, mineração, aquicultura e urbanização. É importante destacar que a transição de vegetação nativa para outras classes de uso e cobertura pode ter impactos significativos no meio ambiente e na biodiversidade local. A expansão da agricultura e da pecuária, por exemplo, pode resultar na degradação do solo e na perda de habitats naturais para a fauna silvestre.

Além disso, a urbanização pode levar ao esgotamento dos recursos hídricos e à poluição do ar e do solo.

No caso do Pantanal, as áreas com maiores perdas de vegetação nativa estão representadas na figura 4. São regiões próximas aos limites da Amazônia, à Noroeste do Pantanal, e Cerrado, ao Leste do bioma, que atualmente predominam áreas destinadas a pastagens.

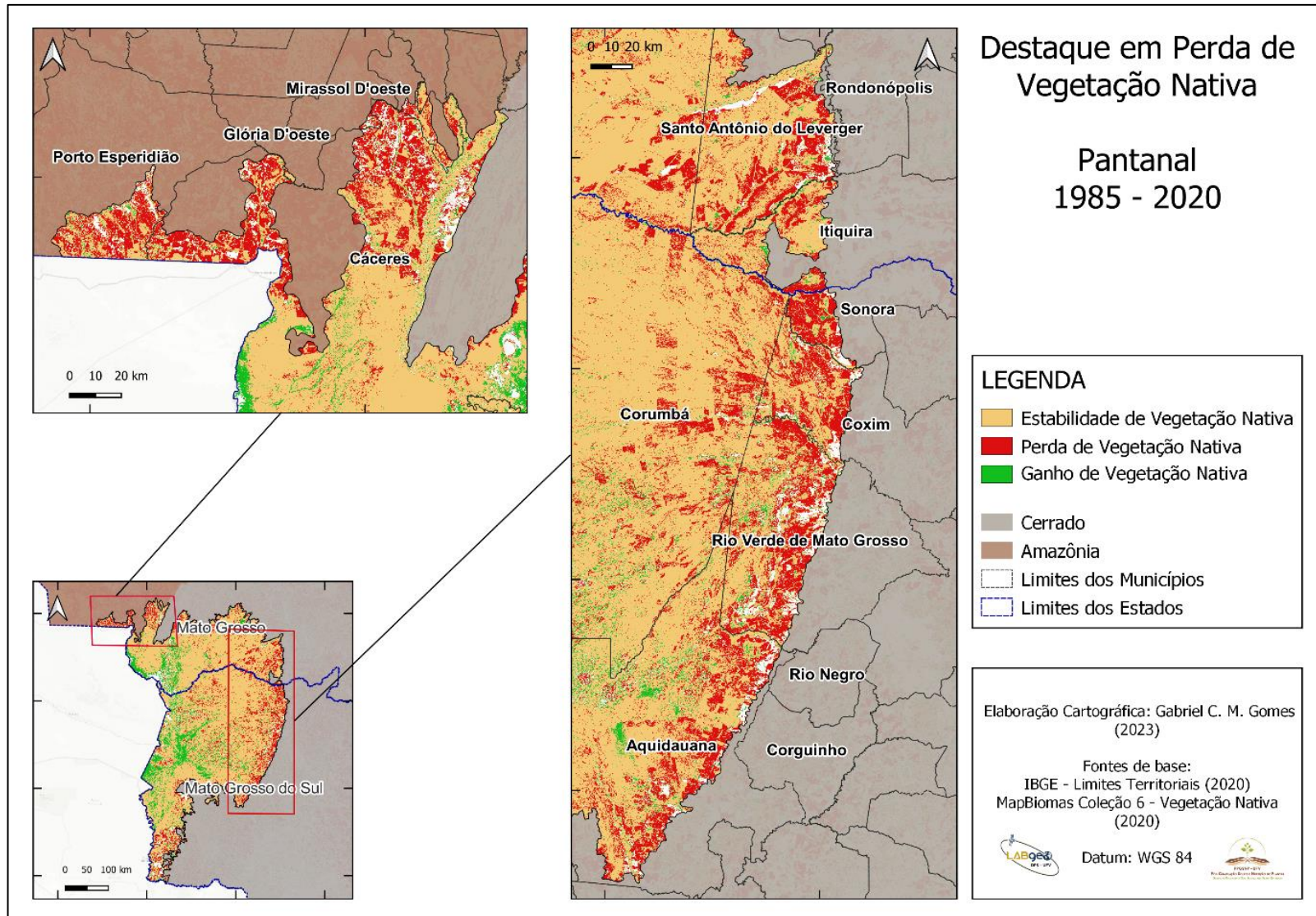


Figura 4: Dinâmica de vegetação nativa com destaques para áreas de perda no Pantanal entre os anos de 1985 e 2020.

No Cerrado, as áreas com maiores concentrações de perda de vegetação nativa estão representadas no mapa da Figura 5, localizadas à Oeste do bioma, próximo ao limite da Amazônia, em que a maior parte da transição de vegetação nativa foi para áreas destinadas ao plantio de soja.

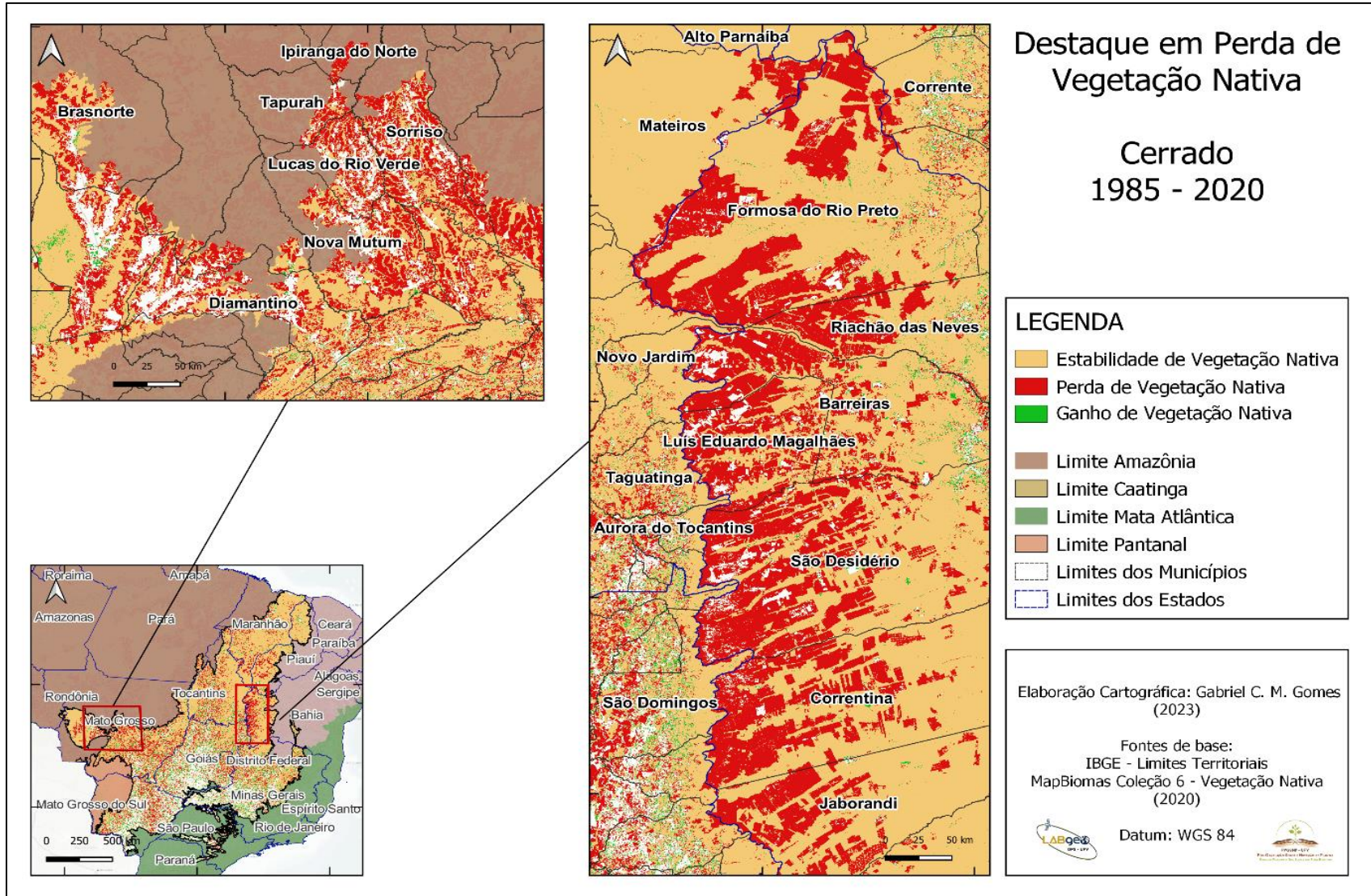


Figura 5: Dinâmica de vegetação nativa com destaques para áreas de perda no Cerrado entre os anos de 1985 e 2020.

Em relação às mudanças da vegetação nativa na Amazônia, o mapa representado pela figura 6 apresenta as áreas de maiores perdas, localizadas a Sudoeste e Leste do bioma, próximas ao Cerrado. São áreas em que a vegetação nativa foi transformada principalmente em pastagens, e em menor escala, para a cultura da soja.

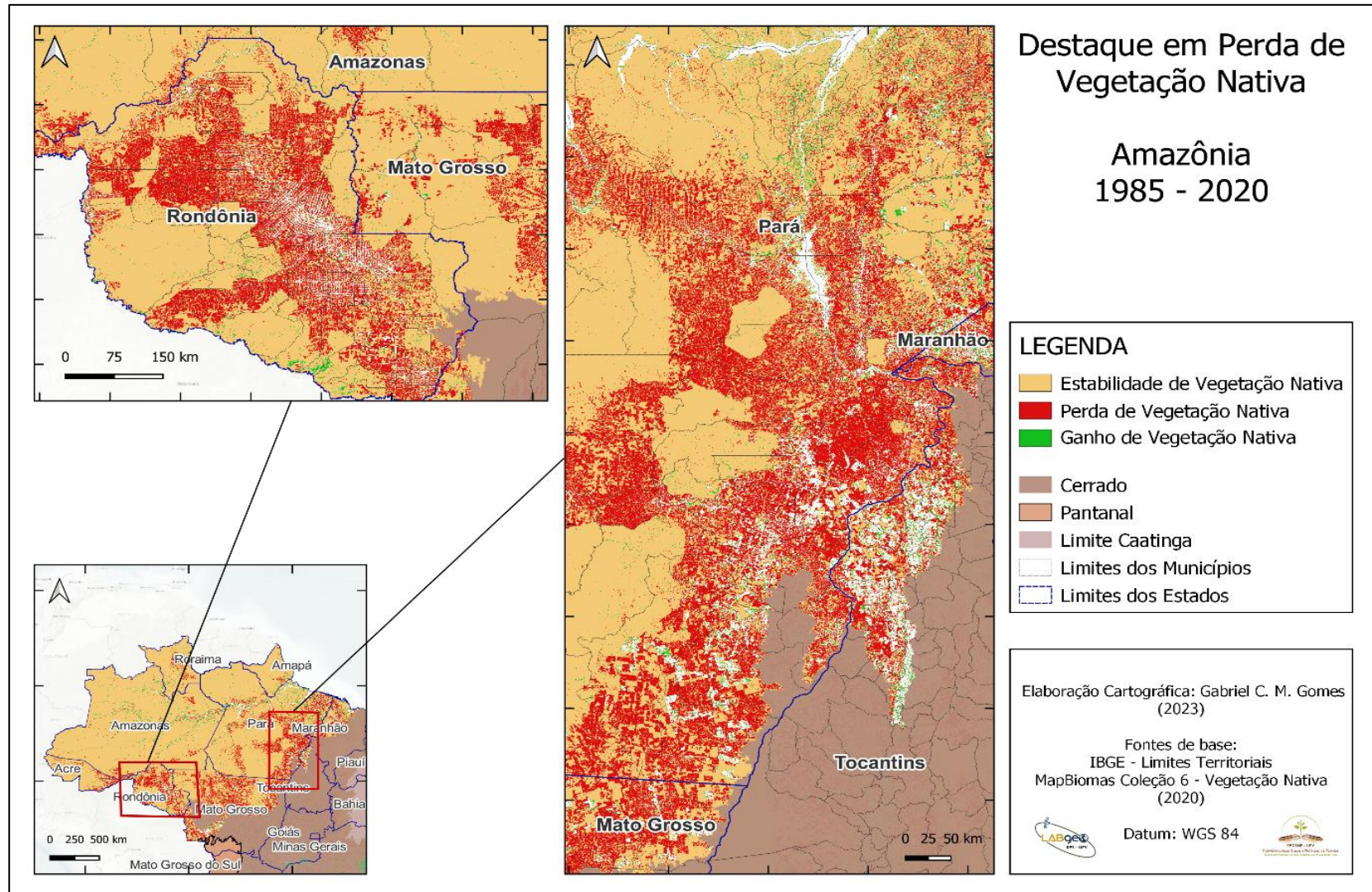


Figura 6: Dinâmica de vegetação nativa com destaques para áreas de perda na Amazônia entre os anos de 1985 e 2020.

No Pampa, a maior concentração de áreas perdidas de vegetação nativa se localiza ao Norte do bioma, próximo ao limite da Mata Atlântica. São áreas de ocorrência de transição de vegetação nativa para lavouras temporárias, principalmente a soja, e com menor proporção de cultivos de arroz e silvicultura.

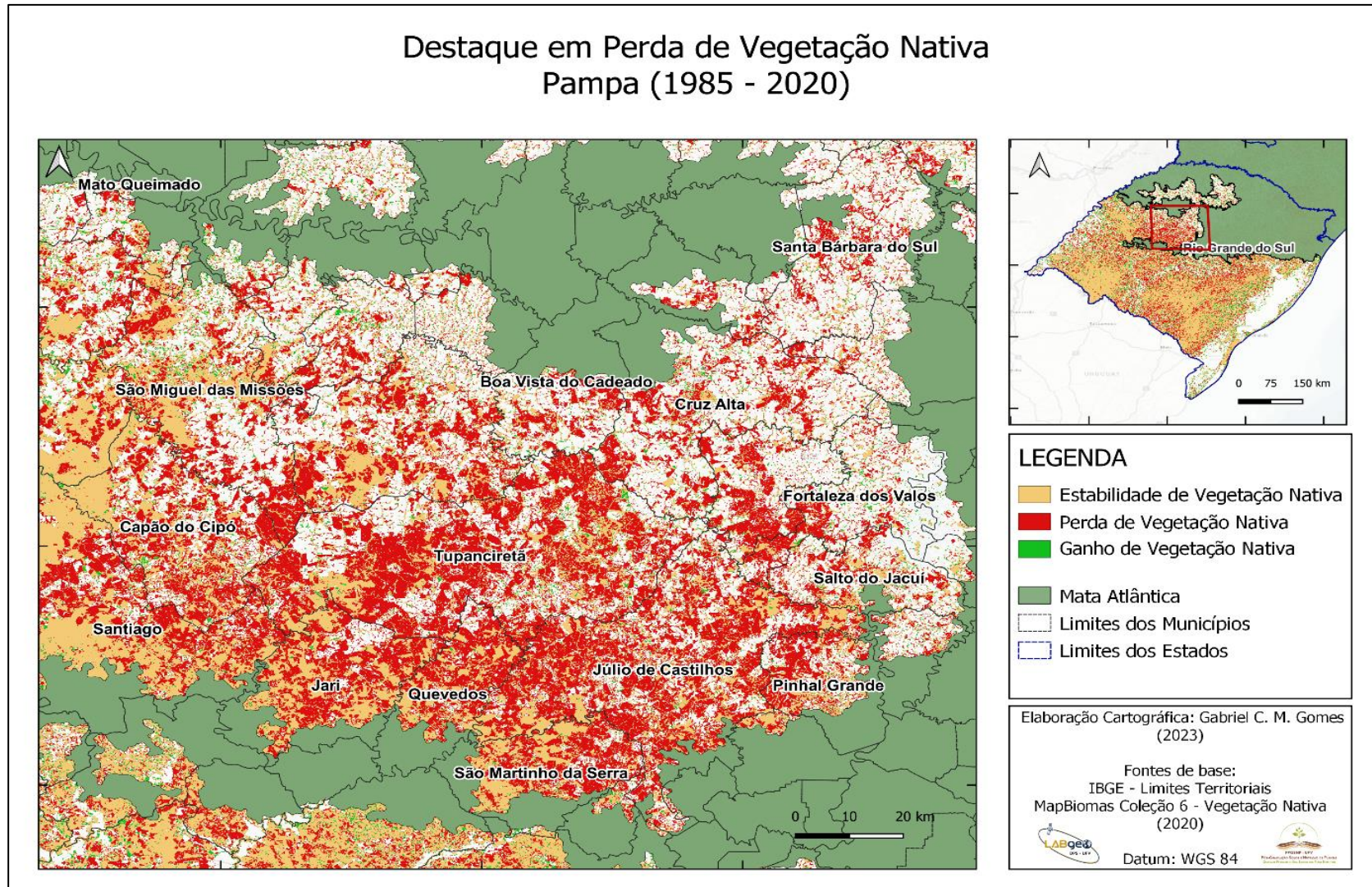


Figura 7: Dinâmica de vegetação nativa com destaques para áreas de perda no Pampa entre os anos de 1985 e 2020.

No bioma Caatinga as mudanças da vegetação nativa para outras classes de uso antrópico ocorreram de forma mais homogênea pelo território. A principal classe de uso e cobertura que transformou a vegetação nativa na Caatinga foi a pastagem, com maior concentração na região Leste do bioma, ponto de maior concentração de classes de uso antrópico. Essa região está evidenciada pela Figura 8.

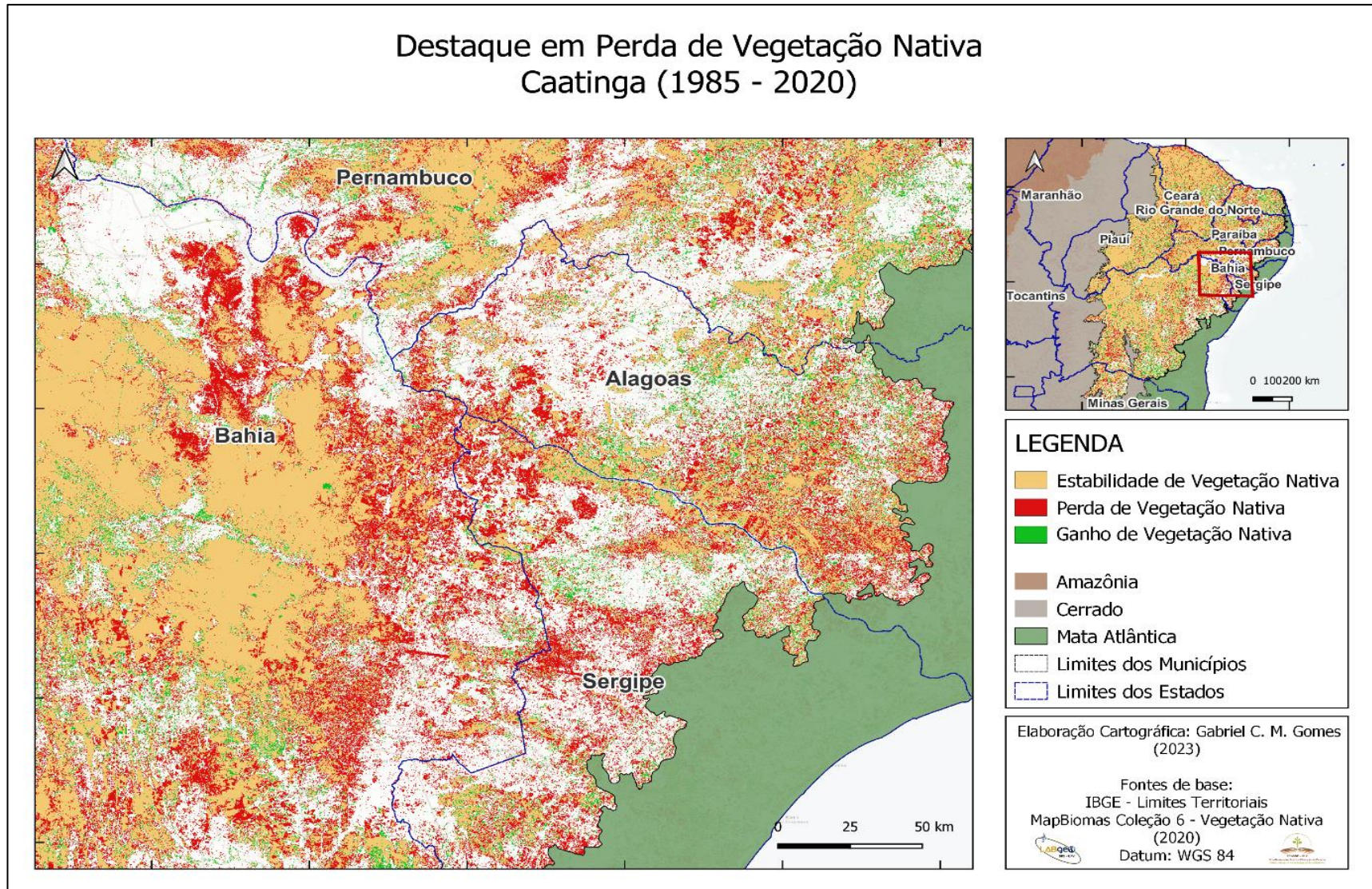


Figura 8: Dinâmica de vegetação nativa com destaques para área de maior perda na Caatinga entre os anos de 1985 e 2020.

Na Mata Atlântica, além da pastagem que também aparece em primeiro lugar como classe de uso e cobertura predominante na transformação de vegetação nativa, áreas de lavouras temporárias, como soja e cana, também prevalecem na região. Áreas de lavouras perenes, principalmente café, e a silvicultura, também aparecem com destaque. A dinâmica de perda de vegetação ocorreu de forma mais homogênea em relação ao território do bioma entre os anos de 1985 e 2020, porém, ao Sul do bioma, representado pela Figura 9, é a área de maior concentração de perda no período estudado.

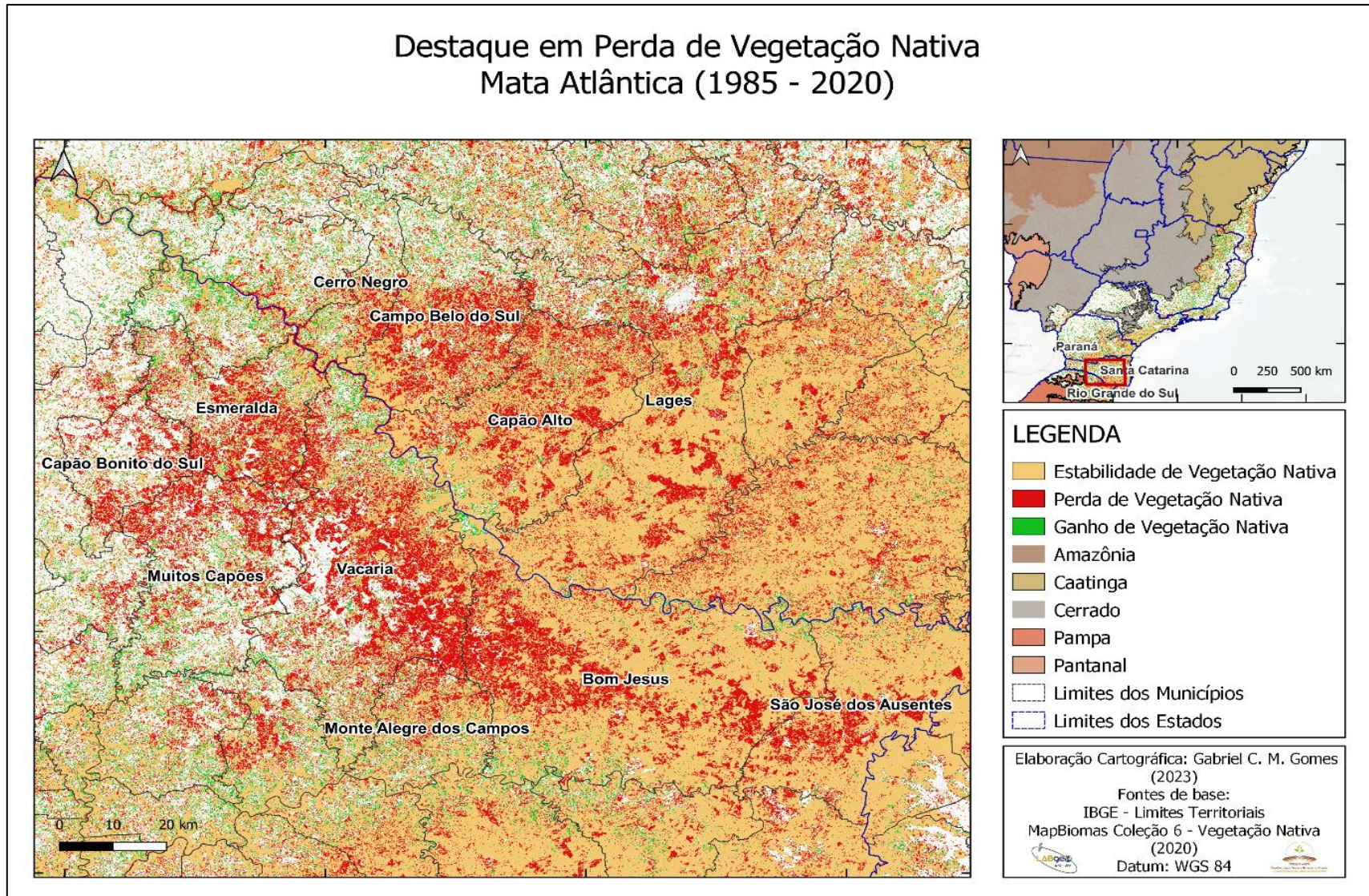


Figura 9: Dinâmica de vegetação nativa com destaques para áreas de perda na Mata Atlântica entre os anos de 1985 e 2020.

3.1.1. DINÂMICA DE VEGETAÇÃO NATIVA NAS ÁREAS PROTEGIDAS DO BRASIL

A conservação da biodiversidade é fundamental para a manutenção da vida no planeta e para a garantia de recursos para as futuras gerações. No Brasil, as UCs foram criadas com o objetivo de proteger a natureza e preservar a biodiversidade. No estudo foi realizada uma análise da dinâmica da vegetação nativa nas UCs e Terras Indígenas brasileiras entre 1985 e 2020, tendo como base a tabela 2 e 3. O mapa representado pela figura 10 localiza as áreas protegidas no Brasil sobrepostas aos dados de perda, ganho e estabilidade de vegetação nativa.

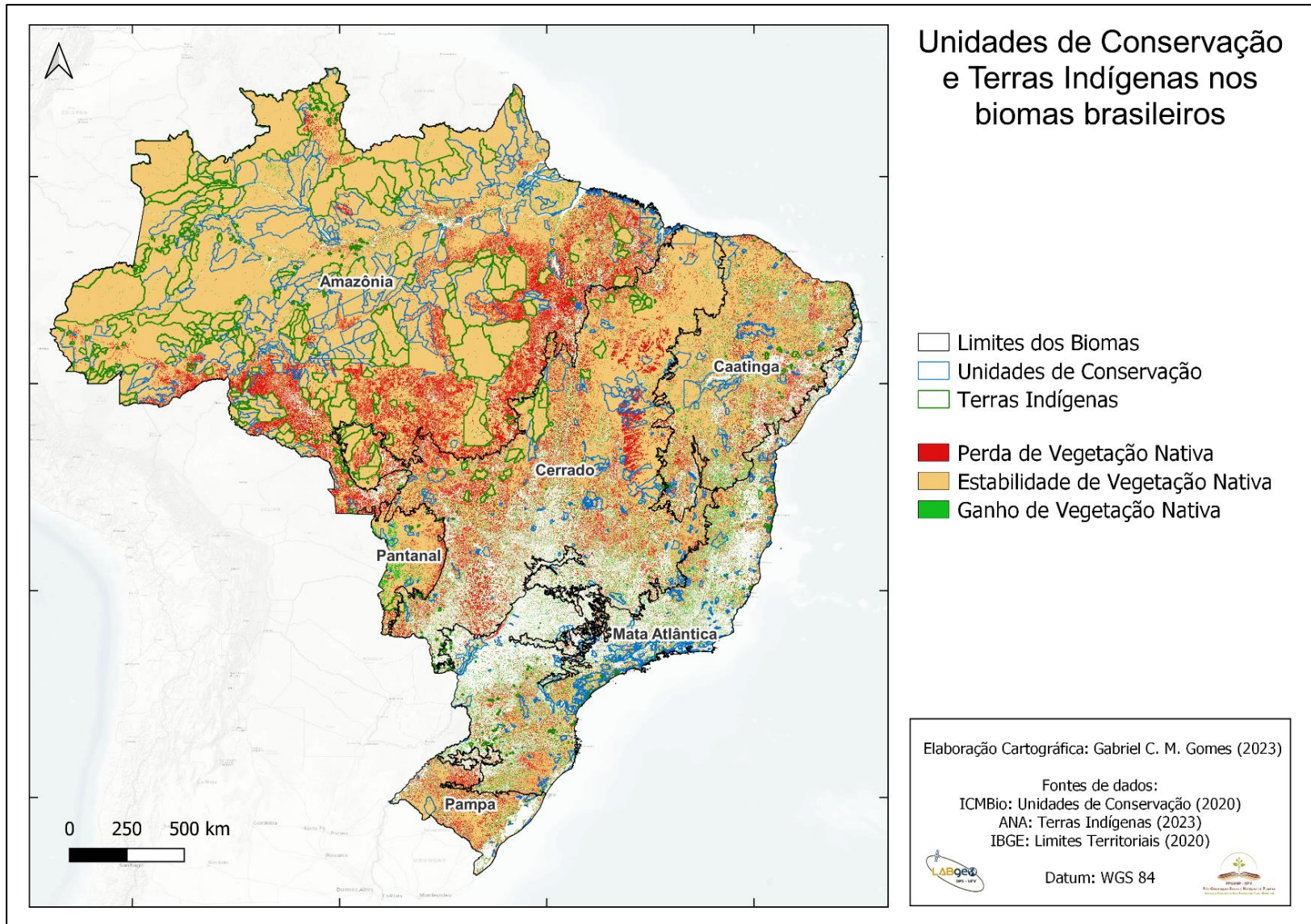


Figura 10: Unidades de Conservação e Dinâmica de Vegetação Nativa presente no Brasil entre 1985 e 2020.

A tabela 2 apresenta a variação da área de vegetação nativa em hectares e em porcentagem para cada bioma do Brasil, considerando o número de UCs existentes e a área de vegetação nativa entre 1985 e 2020. Esses dados são essenciais para compreendermos a efetividade das estratégias de conservação e os desafios enfrentados na preservação dos biomas brasileiros.

Tabela 2: Dinâmica de vegetação nativa entre os anos de 1985 e 2020 nas Unidades de Conservação do Brasil presentes neste mesmo período.

BIOMA	Nº de UC	Área Total de UC	Área de Veg. Nativa em 1985 (km ²)	Área de Veg. Nativa em 2020 (km ²)	Varição de Veg. Nativa (km ²)	Varição de Veg. Nativa (%)
Amazônia	305	1.214.172,74	1.173.237,44	1.153.637,72	-19.599,72	-1,67%
Mata Atlântica	1298	128.345,27	74.972,08	73.886,19	-1.085,89	-1,45%
Cerrado	359	222.385,06	179.857,07	164.767,51	-15.089,56	-8,39%
Caatinga	196	105.920,48	90.015,75	86.485,24	-3.530,51	-3,92%
Pampa	29	5.759,57	4.661,38	4.562,39	-98,99	-2,12%
Pantanal	19	5.102,40	3.479,80	4.312,22	832,42	23,92%
TOTAL	2.206	1.681.685,52	1.526.223,52	1.487.651,27	-38572,25	-

Na Amazônia, o bioma de maior extensão do país, observamos uma diminuição na área de vegetação nativa de 19.559,72 km², o que representa uma queda de 1,67% em relação a 1985. Embora existam 305 UCs na região, a taxa de desmatamento continua preocupante. Isso evidencia a necessidade de fortalecer a proteção e a gestão dessas áreas para frear o desmatamento e promover a conservação da Amazônia.

A Mata Atlântica, também registrou uma redução na área de vegetação nativa. Houve uma perda de 1.085,89 km², representando uma diminuição de 1,45%. Apesar da existência de 1298 unidades de conservação nessa região, é necessário um esforço contínuo para conter a degradação e promover a restauração desse importante bioma.

No Cerrado, verificou-se uma diminuição ainda mais significativa na área de vegetação nativa. Houve uma perda de 15.089,56 km², o que corresponde a uma redução de 8,39%. Apesar da presença de 359 unidades de conservação, a pressão causada pela expansão agrícola e pecuária coloca em risco a integridade desse

ecossistema. É crucial fortalecer a proteção e a gestão das unidades de conservação para reverter esse quadro.

A Caatinga também sofreu uma diminuição na área de vegetação nativa. Houve uma perda de 3.530,51 km², representando uma queda de 3,92%. Apesar de contar com 196 unidades de conservação, é necessário implementar medidas adicionais para evitar a degradação adicional desse ecossistema frágil e preservar sua biodiversidade única.

No Pampa, registrou-se uma diminuição de 98,99 km² na área de vegetação nativa, representando uma queda de 2,12%. Apesar de possuir 29 unidades de conservação, é necessário um acompanhamento contínuo para garantir a preservação desse bioma, especialmente em um contexto de atividades agropecuárias intensivas na região.

Por outro lado, o Pantanal, um dos maiores sistemas de áreas úmidas do mundo, apresentou um aumento na área de vegetação nativa. Houve um crescimento de 832,42 km², correspondendo a um aumento de 23,92%. Esse resultado positivo pode ser atribuído, em parte, à presença de 14 unidades de conservação na região, que contribuem para a proteção desse importante ecossistema. Como exemplo positivo, destaque para o Parque Nacional (Parna) do Pantanal Matogrossense, criado em 1981 com o objetivo de preservar a diversidade biológica e cultural da região do Pantanal.

O parque é considerado uma das maiores áreas úmidas contínuas do planeta, abrangendo uma área de aproximadamente 1350 km² no estado do Mato Grosso, evidenciada no mapa a seguir, com a dinâmica de perda, ganho e estabilidade de vegetação nativa no período estudado, tanto dentro como em seu entorno.

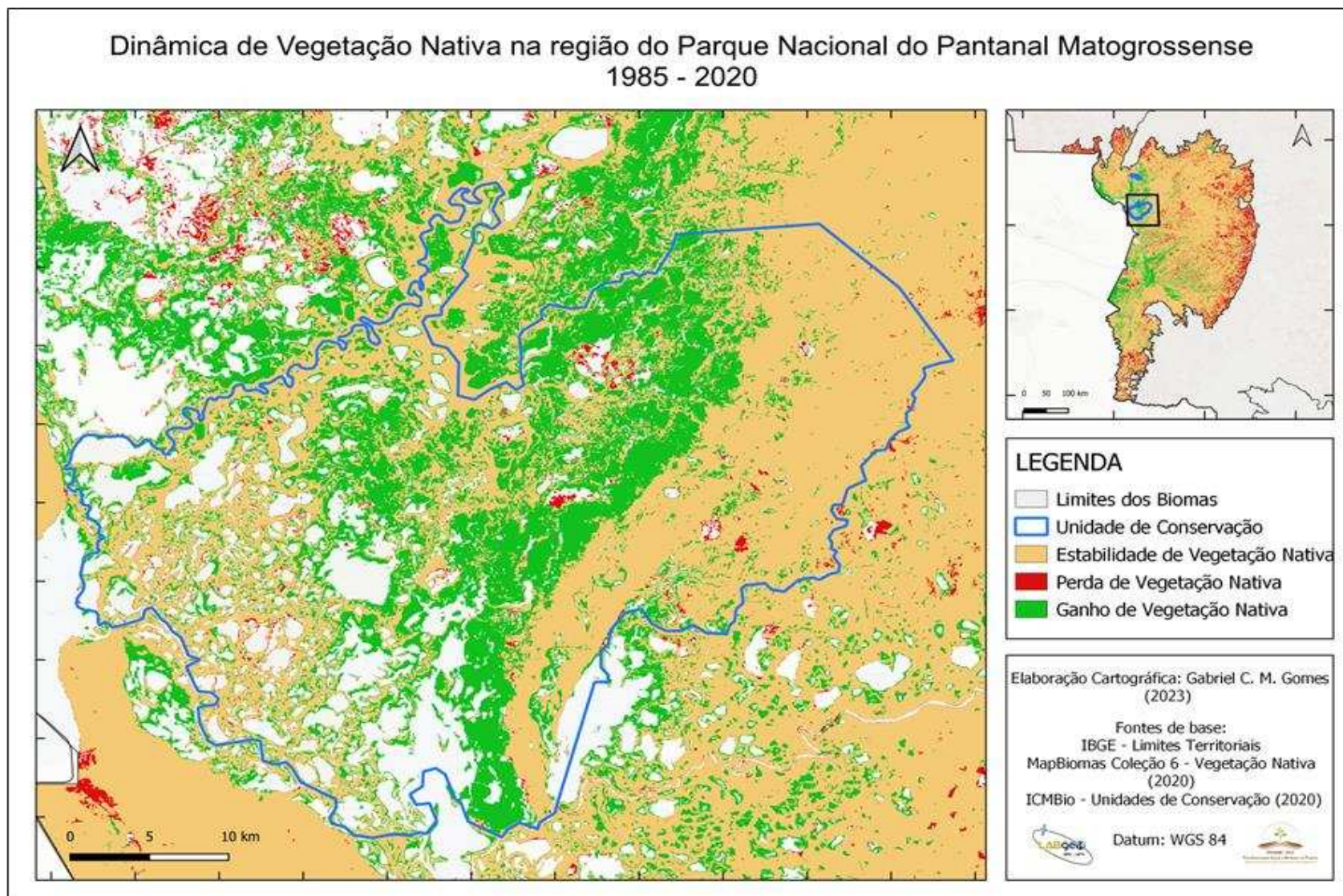


Figura 11: Mapa de dinâmica de vegetação nativa na região do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense entre os anos de 1985 e 2020

A tabela 3 apresenta os resultados da variação da vegetação nativa dentro das Terras Indígenas nos diferentes biomas do Brasil entre os anos de 1985 e 2020. Esses dados são de extrema importância para entendermos o impacto das atividades humanas nos ecossistemas e a necessidade de preservação ambiental.

BIOMA	Nº de TI	Área Total de TI	Área de Veg. Nativa em 1985 (km ²)	Área de Veg. Nativa em 2020 (km ²)	Varição de Veg. Nativa (km ²)	Varição de Veg. Nativa (%)
Amazônia	331	1.095.754,01	1.078.679,76	1.073.315,65	-5.364,10	-0,50%
Mata Atlântica	156	8.801,86	4.626,66	4.416,30	-210,36	-4,55%
Cerrado	117	124.781,08	118.646,69	117.028,11	-1.618,58	-1,36%
Caatinga	50	4.629,01	3.567,45	3.171,69	-395,75	-11,09%
Pampa	10	182,80	55,86	68,45	12,59	22,53%
Pantanal	8	6.861,87	6.161,85	6.005,80	-156,06	-2,53%
TOTAL	672	1241010,63	1.211.738,27	1.204.006,00	-7.732,27	-

Na Amazônia, houve uma diminuição na área de vegetação nativa de 5.364,10 km², o que representa uma queda de 0,50% em relação a 1985. Apesar de ser uma diminuição relativamente pequena em termos percentuais, considerando a magnitude da Amazônia, é preocupante a perda contínua de sua vegetação nativa.

A Mata Atlântica, apresentou uma redução ainda maior, com uma perda de 210,36 km², representando uma diminuição de 4,55%. Isso evidencia a necessidade de políticas de conservação mais efetivas para evitar a degradação adicional dessa importante floresta.

No Cerrado, observou-se uma diminuição de 1.618,58 km², o que corresponde a uma redução de 1,36%. Embora seja menor em termos percentuais, essa diminuição é significativa e ressalta a importância de estratégias de preservação para proteger a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos desse bioma.

A Caatinga sofreu uma diminuição de 395,75 km², representando uma queda de 11,09%. Essa perda é especialmente preocupante, considerando a fragilidade desse ecossistema e sua importância para a conservação da biodiversidade no nordeste do Brasil.

No Pampa, houve um aumento de 12,59 km² na área de vegetação nativa, o que representa um crescimento de 22,53%. Esse resultado pode indicar esforços de

recuperação e restauração nessa região, apesar de ainda ser necessário um acompanhamento contínuo para garantir a preservação desse bioma.

Por fim, no Pantanal, um dos maiores sistemas de áreas úmidas do mundo, registrou-se uma diminuição de 156,06 km² na área de vegetação nativa, representando uma queda de 2,53%. Essa diminuição pode ser atribuída a diferentes fatores, incluindo atividades humanas e eventos climáticos extremos.

Considerando todos os biomas mencionados, houve uma redução total de 7.732,27 km² na área de vegetação nativa do Brasil entre 1985 e 2020. Esses dados reforçam a importância das terras indígenas no Brasil para a conservação da vegetação nativa e a proteção dos ecossistemas. As comunidades indígenas desempenham um papel fundamental na preservação dos biomas, graças ao seu profundo conhecimento tradicional e à sua relação harmoniosa com a natureza. Suas terras são reconhecidas como espaços de grande valor ecológico, onde a cultura, a espiritualidade e as tradições ancestrais estão intrinsecamente ligadas à proteção ambiental.

3.1.2. PERDA DE VEGETAÇÃO NATIVA NAS PROPRIEDADES RURAIS DO BRASIL

Números do CAR, a principal ferramenta do Governo Federal para cumprir a legislação ambiental, evidenciam que o país contabilizou, ao final do ano de 2021, 6,48 milhões de cadastros, incluindo áreas de imóveis rurais, territórios tradicionais de povos e comunidades tradicionais, além de assentamentos da reforma agrária. Esses cadastros equivalem a 6,16 Mkm². Os dados foram divulgados pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB), órgão responsável por monitorar as atividades de manejo florestal executadas em áreas sob concessão florestal federal, ligado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

No estudo, os 2,95 milhões de polígonos de propriedades rurais analisadas ocupam uma área de 5,14 Mkm². Do total, 87,38% dos polígonos correspondem a propriedades pequenas (menores ou iguais a 4 MF), 8,88% as médias (entre 4 e 15 MF) e 3,74% são representados pelas propriedades grandes (maiores que 15 MF).

No estudo, considerando a exclusão das propriedades menores que 4 hectares, no total, as grandes propriedades abrangem aproximadamente 65,56% do território

nacional, ou 3,37 Mkm², enquanto 15,40% (792,8 mil km²) correspondem às propriedades médias, enquanto 19,16% (985,3 mil km²) são de pequenas propriedades.

Tabela 3: Dinâmica de Vegetação Nativa em área nas pequenas propriedades rurais do Brasil separado por biomas.

PEQUENAS PROPRIEDADES			
Bioma	Nº de Imóveis avaliados	Variação em Área de Vegetação Nativa (km²)	Variação Percentual Média de Vegetação Nativa
Pampa	139.400	-2.403,67	-1,72%
Pantanal	3.346	-767,05	-51,47%
Caatinga	610.380	-14.481,55	-12,84%
Cerrado	609.323	-30.921,35	-7,08%
Mata Atlântica	714.003	117,40	0,00%
Amazônia	496.251	-166.699,51	-68,31%
TOTAL	2.572.703	-215.155,72	-9,96%

A tabela 3 apresenta uma análise sobre a variação da área de vegetação nativa em pequenas propriedades nos diferentes biomas do Brasil. A análise baseia-se no número de imóveis avaliados, na variação em hectares da área de vegetação nativa e na variação percentual média da vegetação nativa.

A análise da tabela 3 indica que, em geral, houve uma perda significativa na área de vegetação nativa na maioria dos biomas avaliados dentro das pequenas propriedades rurais. O bioma com a maior perda percentual de vegetação nativa foi a Amazônia, com uma queda de 68,31% na área de vegetação nativa. A segunda maior perda foi registrada no Pantanal, com 51,47% de redução. Já o Cerrado apresentou uma perda de 7,08%, seguido pela Caatinga, com 12,84% de redução. O Pampa registrou uma perda de 1,72% e a Mata Atlântica apresentou estabilidade na sua área de vegetação nativa, sem variação significativa. Ao considerar os dados a nível nacional, ou seja, todos os biomas, é possível concluir que houve uma perda de 215,15 mil km² de vegetação nativa em pequenas propriedades rurais, o que representa uma variação percentual média de -9,96% e 26% do total geral.

No que se refere à variação da área de vegetação nativa das propriedades rurais de médio porte no Brasil, os resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4: Dinâmica de Vegetação Nativa em área nas médias propriedades rurais do Brasil separado por biomas

MÉDIAS PROPRIEDADES			
Bioma	Nº de Imóveis avaliados	Variação em Área de Vegetação Nativa (km²)	Variação Percentual Média de Vegetação Nativa
Pampa	22.747	-5.632,18	-15,98%
Pantanal	1.150	-1.734,72	-22,72%
Caatinga	22.469	-4.255,03	-5,33%
Cerrado	96.924	-53.837,96	-12,35%
Mata Atlântica	90.141	1.319,61	3,79%
Amazônia	28.030	-60.001,72	-34,82%
TOTAL	261.461	-124.141,99	-14,17%

Começando pela Pampa, é possível observar que houve uma variação negativa de 5,6 mil km² na área de vegetação nativa, representando uma queda de 15,98%. Esse número é significativo, especialmente se considerarmos o tamanho total da área avaliada, de 227,47 km². A razão para essa diminuição pode ser atribuída a diversos fatores, tais como a expansão urbana, a agricultura intensiva e a exploração florestal no Pampa.

Já no caso do Pantanal, é possível observar uma variação ainda mais drástica, com uma perda de 1,73 mil km² de vegetação nativa, representando 22,72% de sua área total. Essa perda pode ser explicada por vários fatores, incluindo a seca, a construção de barragens, a intensificação da agricultura e pecuária, e a exploração de recursos naturais.

Na Caatinga, a variação negativa foi de 4,25 mil km², o que representa uma queda de 5,33%. Esse número é comparativamente menor em relação aos outros biomas, mas ainda assim preocupante, uma vez que a Caatinga é um bioma importante com muitas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. A degradação da vegetação nesse bioma pode ser atribuída à expansão da agricultura, pecuária e extração de madeira.

No Cerrado, a perda de vegetação nativa foi de 53,8 mil km², representando 12,35% de sua área total avaliada. O Cerrado é o segundo bioma mais amplo do Brasil, e a sua degradação tem sido motivo de preocupação devido à sua biodiversidade única e importância para o clima do país. A degradação do Cerrado pode ser atribuída à expansão da agricultura, pecuária, mineração, e outros fatores humanos.

A Mata Atlântica, com 90.141 imóveis avaliados, apresenta uma variação positiva na área de vegetação nativa de 1,3 mil km², o que corresponde a uma variação percentual média positiva de 3,79%. Por outro lado, a Amazônia, com 28.030 imóveis avaliados, apresenta uma variação negativa na área de vegetação nativa de 60 mil km², o que corresponde a uma variação percentual média negativa de 34,82%.

A Tabela 5 reflete dados sobre a variação da área de vegetação nativa nas grandes propriedades do Brasil. É possível observar que houve perda de área de vegetação nativa em todos os biomas avaliados, exceto na Mata Atlântica, que apresentou um aumento de 6,64%.

Tabela 5: Dinâmica de Vegetação Nativa em área nas grandes propriedades rurais do Brasil separado por biomas.

GRANDES PROPRIEDADES			
Bioma	Nº de Imóveis avaliados	Varição em Área de Vegetação Nativa (km²)	Varição Percentual Média de Vegetação Nativa
Pampa	11.056	-15.424,33	-23,69%
Pantanal	1.839	-5.014,67	-5,48%
Caatinga	5.446	-7.135,89	-3,78%
Cerrado	43.533	-169.328,02	-19,19%
Mata Atlântica	25.382	283,90	6,64%
Amazônia	22.723	-251.105,89	-18,08%
TOTAL	109.979	-447.724,91	-11,78%

O bioma Pampa foi o que apresentou a maior perda, com uma variação negativa de 23,69% em relação à sua área de vegetação nativa original. Isso pode ser explicado pelo grande desenvolvimento da agrícola na região, além da intensa exploração de recursos naturais.

O Pantanal, por sua vez, apresentou uma perda de 5,48%, o que indica que a região está sendo impactada por diversos fatores, incluindo a degradação de sua biodiversidade e a contaminação de suas águas.

A Caatinga também sofreu uma perda significativa, com uma variação negativa de 3,78% em sua área de vegetação nativa. Esse bioma é único no mundo e possui espécies endêmicas que só existem na região. O desmatamento e a degradação causados principalmente pela expansão da agricultura e da pecuária, são as principais ameaças para a sua conservação.

No bioma Cerrado, é possível observar que o número de imóveis avaliados é de 43.533, e houve uma perda de 169,2 mil km² de vegetação nativa, o que representa

uma variação percentual média de 19,19%. Esse dado é preocupante, pois o Cerrado é uma das regiões mais biodiversas do mundo, com espécies endêmicas únicas. A perda de vegetação neste bioma pode ter graves consequências para a biodiversidade e para os ecossistemas locais.

Em seguida, temos a Mata Atlântica, com 25.382 imóveis avaliados. Neste bioma, houve um aumento de 283 km² de vegetação nativa, o que representa uma variação percentual média de 6,64%. Este resultado é positivo, pois indica que estão sendo realizados esforços para preservar e restaurar a vegetação nativa na região. No entanto, é importante destacar que ainda há muito a ser feito, já que a Mata Atlântica já perdeu grande parte de sua cobertura original.

Por fim, temos a Amazônia, com 22.723 imóveis avaliados. Neste bioma, houve uma perda de 251,1 mil km² de vegetação nativa, o que representa uma variação percentual média de 18,08%. Essa perda é alarmante, pois a Amazônia é uma das regiões florestais mais importantes do mundo, com papel fundamental no equilíbrio global do clima.

Em geral, os dados da tabela 5 reforçam a necessidade de se implementar medidas de conservação e gestão de recursos naturais de forma mais efetiva, a fim de preservar a biodiversidade e a saúde dos biomas do Brasil. É importante destacar que as ações de conservação precisam ser coordenadas com o desenvolvimento econômico, a fim de garantir que as atividades humanas possam ser realizadas de forma sustentável, sem prejudicar a integridade dos biomas.

3.1.3. RELAÇÃO ENTRE AS DIFERENTES CLASSES DE SOLOS NO PROCESSO DE REGENERAÇÃO

Entre as classes de solos presentes no território do bioma Pampa, as três que se destacam no quesito área distribuída são Planossolo Háptico Eutrófico, Neossolo Litólico Eutrófico e os Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas no Pampa, nos anos de 1988 e 2019.

Classe de Solo	Área da Classe (km ²)	Representatividade em relação a área do bioma (%)	Área de Regeneração (1988)	Área de Regeneração (2019)	Variação (km ²)	Variação da Regeneração (%)	Variação da Regeneração em relação a área do bioma (%)	Variação da Regeneração em relação a área da classe (%)
Planossolo Háplico Eutrófico	46.113,78	24,03%	721,85	7.929,66	7.207,81	998,52%	3,76%	15,63%
Neossolo Litólico Eutrófico	39.437,00	20,55%	315,76	4.202,93	3.887,17	1.231,05%	2,03%	9,86%
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	22.644,47	11,80%	300,82	3.847,87	3.547,05	1.179,13%	1,85%	15,66%
Argissolo Vermelho Distrófico	16.702,12	8,70%	222,00	2.206,99	1.984,99	894,14%	1,03%	11,88%
ÁGUA	14.009,63	7,30%	18,01	261,98	243,97	1.354,64%	0,13%	1,74%
Latossolo Vermelho Distrófico	12.600,40	6,57%	124,06	1.170,24	1.046,18	843,29%	0,55%	8,30%

No Planossolo Háplico Eutrófico, que representa 24,03% do território do bioma Pampa, e considerando o intervalo de 1985 a 2020, a área de regeneração de vegetação nativa aumentou em 7207,81 km².

No Pantanal, 3 classes de solos podem ser consideradas como mais representativas, sendo elas: Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico, Planossolo Háplico Eutrófico e Plintossolo Háplico Distrófico, que somadas, representam 56,28% do bioma (Tabela 7). Conseqüentemente, somaram as maiores variações em hectares de regeneração de vegetação nativa entre 1985 e 2020. Entre elas, a que contabilizou a maior taxa percentual de variação de 1985 para 2020 foi a de Planossolo Háplico Eutrófico, já citados no bioma Pampa, que elevou sua área de regeneração para vegetação secundária em aproximadamente 40 vezes no Pantanal. Em segundo lugar está o Planossolo Nátrico Órtico, caracterizado por sua alta capacidade de retenção de água e sua boa capacidade de regeneração de vegetação.

Tabela 7: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas no Pantanal, nos anos de 1988 e 2019.

Classe de Solo	Área da Classe (km²)	Representatividade em relação a área do bioma (%)	Área de Regeneração (1988)	Área de Regeneração (2019)	Variação (km²)	Variação da Regeneração (%)	Variação da Regeneração em relação a área do bioma (%)	Variação da Regeneração em relação a área da classe (%)
Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico	28.645,77	19,05%	66,3	1.391,35	1.325,05	1998,57%	0,88%	4,63%
Planossolo Háplico Eutrófico	28.018,56	18,63%	23,32	949,1	925,78	3.969,90%	0,62%	3,30%
Plintossolo Háplico Distrófico	27.985,86	18,61%	41,34	1.033,47	992,13	2.399,93%	0,66%	3,55%
Planossolo Nátricos Órtico	15.330,16	10,19%	30,36	1.205,52	1.175,16	3.870,75%	0,78%	7,67%
Gleissolo Háplico Ta Eutrófico	12.833,82	8,53%	8,19	259,74	251,55	3.071,43%	0,17%	1,96%

Em relação às 8 classes de solos mais dominantes no Bioma Cerrado, em geral, a tabela 8 mostra que houve uma tendência positiva na regeneração de vegetação em todas as classes de solos, com variações percentuais significativas em relação à área da classe e ao bioma como um todo.

Tabela 8: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas no Cerrado, nos anos de 1988 e 2019.

(Continua)

Classe de Solo	Área da Classe (km ²)	Representatividade em relação a área do bioma (%)	Área de Regeneração (1988)	Área de Regeneração (2019)	Varição (km ²)	Varição da Regeneração (%)	Varição da Regeneração em relação a área do bioma (%)	Varição da Regeneração em relação a área da classe (%)
Latossolo Vermelho Distrófico	309.979,11	15,63%	2.135,37	13.279,28	11.143,91	521,87%	0,56%	3,60%
Neossolo Quartzarênico Órtico	287.862,86	14,51%	1.276,39	10147,73	8.871,34	695,03%	0,45%	3,08%
Latossolo Amarelo Distrófico	215.557,95	10,87%	484,41	5.678,31	5193,90	1.072,21%	0,26%	2,41%
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	181.318,88	9,14%	1.426,63	10.304,48	8.877,85	622,30%	0,45%	4,90%
Neossolo Litólico Distrófico	167.625,23	8,45%	656,58	6.123,7	5.467,12	832,67%	0,28%	3,26%

Tabela 9: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas no Cerrado, nos anos de 1988 e 2019.

(Conclusão)

Classe de Solo	Área da Classe (km ²)	Representatividade em relação a área do bioma (%)	Área de Regeneração (1988)	Área de Regeneração (2019)	Variação (km ²)	Variação da Regeneração (%)	Variação da Regeneração em relação a área do bioma (%)	Variação da Regeneração em relação a área da classe (%)
Cambissolo Háplico Tb Distrófico	161.383,40	8,14%	1.433,09	10.819,96	9.386,87	655,01%	0,47%	5,82%
Plintossolo Pétrico Concrecionário	137.793,40	6,95%	732,99	6.785,46	6.052,47	825,72%	0,31%	4,39%
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	122.016,20	6,15%	886,57	6.669,33	5.782,76	652,26%	0,29%	4,74%

A classe de solo com a maior variação percentual em área de regeneração em relação à área da classe é o Latossolo Amarelo Distrófico, com uma variação de 1072% entre 1988 e 2019. No entanto, em termos de variação percentual em relação à área do bioma, a classe de solo com a maior variação é o Latossolo Vermelho Distrófico, com uma variação de 0,56%.

Em 1988, a área de regeneração dessa classe de solo era de 1426,63 km². Entretanto, em 2019, houve uma expansão significativa, chegando a 10304,48 km², o que representa um aumento de 622% na área de regeneração de vegetação. Além disso, a variação percentual da área de regeneração em relação ao bioma Cerrado foi de 4,9%, indicando que a recuperação de vegetação nativa é uma importante tendência nessa região.

Em relação à representatividade percentual em relação à área do bioma, os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos representam 9,14% da área total do Cerrado. Além disso, a variação percentual da área de regeneração em relação à área da classe foi de 3,6%, mostrando que a regeneração de vegetação é um fenômeno significativo na área de Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos.

Na Mata Atlântica, a tabela 9 apresenta informações sobre a regeneração de diferentes classes de solos no bioma Mata Atlântica, comparando dados de 1988 e 2019. Evidencia também que houve uma variação significativa na área de regeneração de todas as classes de solos

Tabela 10: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas na Mata Atlântica, nos anos de 1988 e 2019.

(Continua)

Classe de Solo	Área da Classe (km ²)	Representatividade em relação a área do bioma (%)	Área de Regeneração (1988)	Área de Regeneração (2019)	Variação (km ²)	Variação da Regeneração (%)	Variação da Regeneração em relação a área do bioma (%)	Variação da Regeneração em relação a área da classe (%)
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico	142.584,77	13,06%	955,48	13.431,11	12.475,63	1.305,69%	1,14%	8,75%
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	125.081,59	11,45%	1.226,46	12.340,24	11.113,78	906,17%	1,02%	8,89%
Latossolo Vermelho Distrófico	104.952,42	9,61%	303,15	5.018,62	4.715,47	1.555,51%	0,43%	4,49%
Cambissolo Háplico Tb Distrófico	103.934,86	9,52%	935,43	9.273,74	8.338,31	891,39%	0,76%	8,02%
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	96.288,57	8,82%	602,37	7.037,76	6.435,39	1.068,35%	0,59%	6,68%

Tabela 11: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas na Mata Atlântica, nos anos de 1988 e 2019.

(Conclusão)

Classe de Solo	Área da Classe (km ²)	Representatividade em relação a área do bioma (%)	Área de Regeneração (1988)	Área de Regeneração (2019)	Varição (km ²)	Varição da Regeneração (%)	Varição da Regeneração em relação a área do bioma (%)	Varição da Regeneração em relação a área da classe (%)
Neossolo Litólico Eutrófico	61.368,09	5,62%	509,94	6.721,23	6.211,29	1218,05%	0,57%	10,12%
Latossolo Vermelho Distroférico	59.431,01	5,44%	132,18	2.581,10	2.448,92	1852,70%	0,22%	4,12%
Argissolo Vermelho Eutrófico	45.162,33	4,14%	442,63	4.805,20	4.362,57	985,60%	0,40%	9,66%
Latossolo Amarelo Distrófico	41.210,22	3,77%	695,16	5.029,50	4.334,34	623,50%	0,40%	10,52%
Nitossolo Vermelho Eutrófico	39.432,19	3,61%	111,59	2.484,63	2.373,04	2126,54%	0,22%	6,02%

Em alguns casos, como o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, houve um aumento de mais de 1300% na área de regeneração. Em outros casos, como o Cambissolo Háplico Tb Distrófico, houve um aumento mais modesto, mas ainda assim significativo, de cerca de 900%.

A Tabela 9 também apresenta a representatividade percentual de cada classe de solo em relação à área total do bioma. Algumas classes, como o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, representam mais de 13% da área total do bioma, enquanto outras, como o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, representam cerca de 8,82%. Além disso, a Tabela 9 expõe a variação em percentual da regeneração, ou seja, o quanto a área de regeneração mudou em relação ao total da classe de solo. Em alguns casos, como o Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, houve uma variação de 8,75%, enquanto em outros, como o Latossolo Vermelho Distrófico, houve uma variação de 4,49%.

A Tabela 9 evidencia que a área de regeneração desse tipo de solo em 1988 era de 955,48 km² e em 2019, essa área aumentou para 12475,63 km², o que representa uma variação de 1305,69%. Essa variação é ainda mais significativa quando comparada à área total desse tipo de solo, que é de 142584,77 km², pois representa um aumento de 8,75%.

Para o bioma Caatinga, a Tabela 10 apresenta informações sobre as classes de solo presentes, incluindo sua área, representatividade percentual, área de regeneração em 1988 e 2019, e variação em área de regeneração para vegetação secundária e percentual em relação à área do bioma e à área da classe.

Tabela 12: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas na Caatinga, nos anos de 1988 e 2019.

(Continua)

Classe de Solo	Área da Classe (km²)	Representatividade em relação a área do bioma (%)	Área de Regeneração (1988)	Área de Regeneração (2019)	Variação (km²)	Variação da Regeneração (%)	Variação da Regeneração em relação a área do bioma (%)	Variação da Regeneração em relação a área da classe (%)
Latossolo Amarelo Distrófico	135.300,58	15,71%	1.740,46	18.744,74	17.004,28	977,00%	1,97%	12,57%
Luvissolo Crômico Órtico	107.901,45	12,53%	1.436,74	17.254,09	15.817,35	1.100,92%	1,84%	14,66%
Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico	103.502,02	12,02%	1.527,15	16.455,24	14.928,09	977,51%	1,73%	14,42%
Planossolo Háptico Eutrófico	92.271,14	10,72%	1.648,24	13.593,09	11.944,85	724,70%	1,39%	12,95%
Neossolo Litólico Eutrófico	83.772,27	9,73%	1.335,84	12734,63	11.398,79	853,30%	1,32%	13,61%

Tabela 13: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas na Caatinga, nos anos de 1988 e 2019.

(Conclusão)

Classe de Solo	Área da Classe (km²)	Representatividade de em relação a área do bioma (%)	Área de Regeneração (1988)	Área de Regeneração (2019)	Variação (km²)	Variação da Regeneração (%)	Variação da Regeneração em relação a área do bioma (%)	Variação da Regeneração em relação a área da classe (%)
Neossolo Litólico Eutrófico	83.772,27	9,73%	1.335,84	12734,63	11.398,79	853,30%	1,32%	13,61%
Neossolo Litólico Distrófico	63.255,44	7,35%	485,77	6.763,46	6.277,69	1292,31%	0,73%	9,92%
Neossolo Quartzarênico Órtico	62.992,88	7,32%	618,32	7.213,73	6.595,41	1066,67%	0,77%	10,47%

A análise dos dados revela que todas as classes de solo apresentaram um aumento na área de regeneração entre 1988 e 2019, com variações percentuais que oscilam entre 1,32% e 1,97%. Além disso, todas as classes apresentam variações percentuais da área de regeneração em relação à área do bioma que ultrapassam a marca de 12%.

Entre as classes de solo presentes na Tabela 10, destaca-se Luvisolo Crômico Órtico, que apresenta a maior variação percentual da área de regeneração, com 1100,92%, e a maior variação percentual da área de regeneração em relação a área da classe, com 14,66%. Além disso, Luvisolo Crômico Órtico também apresenta a segunda maior variação percentual da área de regeneração em relação à área do bioma, com 1,84%.

A Tabela 11 expõe informações sobre as classes de solo na Amazônia e a dinâmica de áreas destinadas à regeneração para vegetação secundária. A partir dos dados, é possível destacar alguns pontos importantes para compreender a dinâmica do bioma

Tabela 14: Dinâmica de áreas de regeneração para vegetação secundária nas classes de solo mais representativas na Amazônia, nos anos de 1988 e 2019.

Classe de Solo	Área da Classe (km ²)	Representatividade em relação a área do bioma (%)	Área de Regeneração (1988)	Área de Regeneração (2019)	Varição (km ²)	Varição da Regeneração (%)	Varição da Regeneração em relação a área do bioma (%)	Varição da Regeneração em relação a área da classe (%)
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	1.231.875,19	29,40%	1.634,88	26.949,2	25.314,32	1.548,39%	0,60%	2,05%
Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos	653.151,67	15,59%	916,78	15.936,97	15.020,19	1.638,36%	0,36%	2,30%
Latossolo Amarelo Distrófico	615.900,43	14,70%	2.290,08	34.871,17	32.581,09	1.422,71%	0,78%	5,29%
Plintossolo Háptico Distrófico	313.127,64	7,47%	805,35	10.978,99	10.173,64	1.263,26%	0,24%	3,25%
Argissolo Vermelho Alítico	245.402,65	5,86%	119,19	1603,00	1.483,81	1.244,88%	0,04%	0,60%
Gleissolo Háptico Ta Eutrófico	177.078,22	4,23%	995,62	7.238,21	6.242,59	627,01%	0,15%	3,53%

A primeira classe de solo a ser destacada é a Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico, que apresenta uma área de 29,40% da área total do bioma e uma variação de regeneração de 1548,39% entre 1988 e 2019. Embora essa classe de solo represente uma grande porcentagem da área do bioma, a variação de regeneração em relação a área do bioma é baixa, cerca de 0,60%. A segunda classe de solo a ser destacada é Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, com uma área de 15,59% da área total do bioma e uma variação de regeneração de 1638,36% entre 1988 e 2019. Essa classe de solo também apresenta uma variação de regeneração relativamente baixa em relação à área do bioma, cerca de 0,36%. Já a classe de solo Latossolo Amarelo Distrófico se destaca por apresentar uma variação de regeneração relativamente alta, cerca de 1422,71% entre 1988 e 2019. Além disso, a classe de solo também apresenta uma variação de regeneração significativa em relação a sua própria área, cerca de 5,29%.

4. DISCUSSÃO

4.1. MUDANÇAS ESPAÇO TEMPORAL DA VEGETAÇÃO NATIVA NOS DIFERENTES BIOMAS

A pastagem é apresentada como a principal classe no processo de transição de vegetação nativa entre 1985 e 2020, e nas últimas duas décadas foram destacadas pelo avanço da fronteira agrícola, com áreas de pastagens sobre florestas e campos naturais brasileiros. Os desmatamentos agregados de florestas e vegetações campestres nativas, o Brasil perdeu cerca de 5,13 mil km² de 2000 a 2020, o correspondente a 6% do território do país ou o tamanho de quatro Estados juntos: São Paulo, Rio, Paraná e Sergipe (MAPBIOMAS, 2020).

Com os dados do MapBiomas, foi possível perceber o processo de conversão (de vegetação nativa para área de lavoura e pastagens), o qual foi mais acentuado em algumas regiões, sendo elas: Matopiba (área predominantemente de Cerrado entre os estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) e a AMACRO, sigla utilizada para uma localidade da Amazônia Legal, entre os estados do Acre, Amazonas e Rondônia, e no Pampa no Rio Grande do Sul. Em 56,2% da perda da vegetação nativa do Cerrado concentram-se apenas no Matopiba. Essa perda ocorreu nos últimos 20 anos. Na AMACRO, houve um aumento significativo na última década, o qual

representou 22% da perda da cobertura florestal na Amazônia. Na década anterior (2000-2010), esse valor chegou a 11%. Já o Pampa é o bioma que sofreu uma transformação mais significativa proporcionalmente, pois teve sua área de vegetação reduzida de 61,3% para 46,3% no período de 37 anos. Importante ressaltar que a vegetação predominante do Pampa são os campos nativos, os quais são compatíveis com a pecuária, mesmo assim ele vem sendo convertido para o cultivo agrícola, sobretudo de soja, além dos plantios de eucalipto e pinus.

No Cerrado houve uma intensa supressão de vegetação nativa devido à expansão dos cultivos agrícolas, sendo o lugar com a maior transição de vegetação nativa em pastagens até 1995 e, posteriormente, entre 2010 e 2015. Da mesma forma, a Amazônia também possui papel importante na proporção de transição de vegetação nativa, porém com uma área com menor propensão ao desmatamento, devido à fiscalização e a áreas protegidas, ainda que atraia médios e grandes produtores investidores, os quais já se concentravam nessa região de 1995 a 2010. (GARCIA et al., 2019).

Outro fato é que no Cerrado, entre 1985 e 2020, quase metade do seu território (45,6%) foram desmatados ou antropizados, sendo que a maior parte foram alterados para áreas de pastagens ou monoculturas, além que, na Caatinga, em adição a esse processo de transição, cerca de 150 mil km² de vegetação primária foi eliminada para ser substituída por áreas de agropecuária nesse mesmo período, associada à outra parte que se encontra em processo de desertificação acelerado (MARQUES, 2020). A Caatinga teve a maior parte de sua área de vegetação nativa perdida e antropizada na extremidade Leste do bioma, região mais antiga do país a ser colonizada e transformada pelo homem.

O passado e o presente podem ser diferenciados pela escala e velocidade de devastação. No caso da Mata Atlântica, mais de dois séculos foram cruciais para a sua destruição quase por completa, mas em contrapartida, apenas o intervalo de 1970 a 2020 foi o suficiente para alterar, degradar ou remover mais de 2,5 Mkm² de vegetação nativa em todo o território brasileiro. Na Amazônia, aproximadamente 800 mil km² da floresta foram destruídos desde 1970, além do fato de que grande parte também foi degradada entre os anos de 1992 e 2014 (337,43 mil km²) (MATRICARDI et al., 2020, p.1378-82). Esses dados são importantes para enfatizar que a

degradação de vegetação nativa, mesmo que mais despercebida, afeta intensamente na capacidade dos ambientes florestais exercerem o papel de um ecossistema.

Ainda que a floresta amazônica seja coberta por vegetação nativa em 66% do seu território, não se pode inferir de tal informação que essas áreas estejam conservadas em sua totalidade. Na verdade, ao realizar a análise da evolução das mudanças de utilização da terra, nos últimos anos, pode se perceber que 8,2% de toda a vegetação nativa existente é do tipo secundária, isto é, são áreas que já sofreram desmatamento ao menos uma vez nos últimos 37 anos ou já estavam desmatadas no ano de 1985.

Segundo os dados mais recentes do MapBiomas, em iniciativa integrada pela Fundação SOS Mata Atlântica, apenas 24,3% do território de aplicação da Lei da Mata Atlântica ainda resiste como formação florestal. Esse tipo de cobertura, que ocupava 27,1% em 1985, caiu para 24,3% em 2021.

Os estados com menor cobertura nativa em 2021 são Alagoas (17,7%), Goiás (19,5%), Pernambuco (23,4%), Sergipe (25,5%), São Paulo (28,4%) e Espírito Santo (29,3%). Mais da metade (57%) dos municípios possuem menos de 30% da vegetação nativa. Já os estados com maior cobertura nativa de Mata Atlântica em 2021 são Piauí (89,9%), Ceará (76,9%), Bahia (49,7%) e Santa Catarina (48,1%).

Além da redução em área, existe um processo de redução da qualidade dessa cobertura vegetal: entre 1985 e 2021 houve uma perda de 23% de floresta madura. Em 37 anos, 9,8 milhões de hectares de vegetação primária foram suprimidos, enquanto 8,8 milhões de hectares regeneraram-se em vegetação secundária. Elas respondem por 26% de toda a cobertura florestal da Mata Atlântica.

No Pampa, a vegetação predominante é a campestre com arbustos escassos e formações de árvores. Os campos podem ser considerados pastagens naturais, favorecendo a produção pecuária extensiva (ROESCH et al 2009). A formação vegetal facilitou não apenas a pecuária extensiva, mas também a expansão da agricultura, da silvicultura e da pecuária que substituíram o campo nativo por pastagem cultivada. Estas são as principais ameaças à integridade da região (OVERBECK et al 2007). Atualmente, o Pampa possui aproximadamente 30% em remanescentes de vegetação nativa ao longo de sua área. Entre 2002 e 2009 houve uma perda de cerca de 12% de áreas naturais, principalmente para atividades agrossilvipastoris. Enquanto o

sistema de UCs não apresenta acréscimos em termos de área a partir dos anos 2000, a atividade agrícola se expande rapidamente (PALAZZI, 2018).

O avanço da silvicultura sobre o ambiente campestre vem transformando a região dos Pampas. Os plantios florestais nesta região, que na atualidade ocupam uma área de um milhão de hectares, tiveram início na década de 1980 no Uruguai, e se expandiram para a Argentina e, logo depois, para o Brasil. A partir do crescimento da área plantada, esses países começaram a competir para atrair corporações mundiais da indústria de celulose, transformando a região dos Pampas em um novo centro de alta produtividade florestal (PALAZZI, 2018).

4.2. MUDANÇAS ESPAÇO-TEMPORAIS DA VEGETAÇÃO NATIVA NAS ÁREAS PROTEGIDAS

Em geral, os resultados apresentados indicam uma tendência de redução na área de vegetação nativa dentro das UCs na maioria dos biomas, especialmente no Cerrado. Mas a nível nacional, é importante destacar a importância da manutenção e proteção das UCs e da vegetação nativa do país. A preservação desses biomas é fundamental para a manutenção da biodiversidade e das paisagens dos ecossistemas, bem como para a garantia de recursos naturais e de serviços ecossistêmicos para as gerações futuras. Além disso, a preservação e criação de incentivos para regeneração de vegetação nativa nos biomas também contribui para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas, que têm impactos negativos em todo o mundo.

Na região do Pantanal pode-se constatar um progresso significativo no número de UCs implementadas, passando de 2 em 1985 para 28 em 2020. Em 2020 a área total protegida pelas unidades no bioma representava 4,31 mil km². Da quantidade total, 4 pertencem à esfera administrativa Federal, enquanto 13 pertencem à esfera Estadual e 2 Municipais.

Porém ocorreu uma certa diminuição na área durante o período devido à revogação da criação da Área de Proteção Ambiental (APA) do Pontal dos Rios Itiquira e Correntes, uma grande área de conservação sustentável, totalizando 2.000 km². A APA localizada no município de Itiquira foi criada pela Lei nº 483, de julho de 2003, mas foi revogada pela Lei nº 590, de 5 de outubro de 2007, juntamente com outras seis áreas no município (CHAVES, 2018).

A UC mais extensa e com maior área de vegetação nativa ganha do Pantanal avaliada no estudo, ou seja, em vigor durante todo o período analisado, é o Parque Nacional do Pantanal Matogrossense, uma UC de proteção integral que abrange uma área de mais de 130.000 hectares de extensão no estado do Mato Grosso. A regeneração da vegetação nativa no Parque Nacional do Pantanal Matogrossense é um tema de grande importância científica, pois está diretamente relacionado à conservação da biodiversidade e à restauração ecológica de áreas degradadas. Nesse sentido, diversos estudos têm sido realizados para compreender os processos envolvidos na regeneração da vegetação nativa dentro do parque.

Um dos estudos mais relevantes sobre a regeneração da vegetação nativa no Parque Nacional do Pantanal Matogrossense foi realizado por Soares-Filho e colaboradores (2010). Os pesquisadores avaliaram a capacidade de recuperação de áreas degradadas dentro do parque, a partir da análise da dinâmica de regeneração da vegetação nativa em diferentes tipos de solos e topografias. Os resultados desse estudo indicaram que a regeneração da vegetação nativa no Parque Nacional do Pantanal Matogrossense é um processo relativamente rápido, e que a recuperação das áreas degradadas pode ser acelerada por meio de práticas de restauração florestal. Além disso, os pesquisadores observaram que a dinâmica de regeneração da vegetação nativa varia de acordo com as características do solo e da topografia, e que a presença de áreas mais úmidas favorece a recuperação das áreas degradadas.

O Pampa possui 29 UCs distribuídas no território, resultando em 5,76 mil km² hectares protegidos, que correspondem a apenas 0,07% de área continental protegida no país, e em números, apenas 0,34% do total de UCs. Em relação ao território do próprio bioma, as unidades protegem cerca de 3,03%. Das 29 UCs distribuídas no bioma, 7 são administradas de forma Federal, 13 de Estaduais e 9 Municipais, e em proporção de área protegida, as Áreas de Proteção Ambiental (APA) apresentam o maior valor, cerca de 4,77 mil km².

A maior e mais antiga UC do Pampa avaliada no estudo, o Parque Estadual Delta do Jacuí, localizado no estado do Rio Grande do Sul, possui uma área de cerca de 278,24 km² e foi criado em 1976 com o objetivo de preservar e recuperar os ecossistemas naturais da região do delta do rio Jacuí, um importante estuário que deságua na Lagoa dos Patos. O parque é composto por uma grande diversidade de ambientes, incluindo áreas de dunas, praias, restingas, campos, lagoas, ilhas e

mangues. Diversos estudos têm sido realizados para compreender os processos envolvidos na regeneração da vegetação nativa dentro do parque.

Um dos estudos mais relevantes sobre a regeneração da vegetação nativa no Parque Estadual Delta do Jacuí foi realizado por Schmitz e colaboradores (2019). Os pesquisadores avaliaram a capacidade de regeneração da vegetação nativa em áreas degradadas do parque, a partir da análise da dinâmica da vegetação e do solo.

Os resultados desse estudo indicaram que a regeneração da vegetação nativa no Parque Estadual Delta do Jacuí é um processo relativamente lento, e que a recuperação das áreas degradadas pode levar décadas. Os pesquisadores observaram que a capacidade de regeneração da vegetação nativa depende de fatores como a intensidade da degradação, a disponibilidade de água e nutrientes no solo, a presença de espécies exóticas e a adoção de práticas de restauração florestal.

Outro estudo relevante sobre a regeneração da vegetação nativa no Parque Estadual Delta do Jacuí foi conduzido por Weisheimer e colaboradores (2020). Nesse estudo, os pesquisadores avaliaram a efetividade de diferentes estratégias de restauração florestal na regeneração da vegetação nativa em áreas degradadas do parque.

Os resultados desse estudo indicaram que a adoção de práticas de restauração florestal, como o plantio de espécies nativas e o controle de espécies exóticas, pode ser uma estratégia eficiente para acelerar a regeneração da vegetação nativa em áreas degradadas do Parque Estadual Delta do Jacuí. Os pesquisadores destacaram a importância de se adotar práticas de restauração florestal adaptadas às condições locais, visando garantir a efetividade dessas estratégias.

Em síntese, os estudos científicos indicam que a regeneração da vegetação nativa no Parque Estadual Delta do Jacuí é um processo complexo e que depende de uma série de fatores, como a intensidade da degradação, a disponibilidade de água e nutrientes no solo, a presença de espécies exóticas e a adoção de práticas de restauração florestal adequadas. A adoção de políticas públicas que incentivem a restauração florestal e a conservação da biodiversidade é fundamental para garantir a regeneração da vegetação nativa e a preservação dos ecossistemas naturais presentes no parque.

Considerando o baixíssimo número de UCs no Pampa associado à baixa eficiência dos métodos e políticas públicas para aplicação das leis, decretos,

resoluções e, portarias, em âmbitos federais e estaduais (a exemplo da Lei 12.727/12; Lei 9.433/97; Lei 9.605/98; Decreto RS 53.202/16, dentre outras), a propensão é o avanço da monocultura da soja em campos nativos, degradação dos solos e das águas e a conseqüente perda da biodiversidade (KUPLICH et al., 2018). O Decreto Estadual nº 52.431/15, que permitiu reconhecer pastagens em campos nativos como “área rural consolidada por supressão de vegetação nativa com atividades pastoris”, tornou-se um agravante para a manutenção da cobertura natural. Com isso, a proteção bem-sucedida dos remanescentes de vegetação nativa do bioma fica comprometida em relação à intensidade da expansão de usos antrópicos. Ao legalizar a conversão do campo nativo, as exigências de conservação e manejo de baixo impacto de RL estipuladas na Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.727/12) dessas áreas foram excluídas, contrariando o propósito da lei superior, o que reforça a importância das regulamentações estaduais serem sustentadas pela ciência (KUPLICH et al., 2018).

Na Caatinga atualmente foram contabilizadas 196 UCs que protegem 8,99% do território do bioma, referente a 77,55 mil km² que representam 8,52% do total de UCs do Brasil, e 0,91% da área total continental protegida. Do total, 80 pertencem à esfera administrativa Federal, enquanto as outras 106 são estaduais e 10 municipais. Mesmo com maior representatividade das UCs em RPPNs, a proteção desse bioma é realizada principalmente por APAs.

A maior UC da Caatinga considerada para o estudo foi a Área de Proteção Ambiental Ilha do Bananal-Cantão, localizada no estado de Tocantins e com área de aproximada de 22 mil km², a APA abriga uma grande diversidade de ecossistemas, incluindo florestas tropicais, savanas, campos naturais, rios, lagos e ilhas fluviais.

A regeneração de vegetação nativa na APA Ilha do Bananal-Cantão tem sido objeto de estudos científicos que buscam entender os processos e as dinâmicas envolvidas na recuperação de áreas degradadas. Oliveira et al. (2019) avaliou a regeneração natural da vegetação em uma área que havia sido desmatada para a criação de pastagens, e posteriormente abandonada. Os resultados da pesquisa indicaram que a regeneração da vegetação nativa foi favorecida pela presença de sementes no solo e pelo retorno de animais silvestres, que atuaram como dispersores de sementes. A análise da composição florística indicou que a área em processo de

regeneração já apresentava espécies de plantas típicas da região, o que sugere uma recuperação bem-sucedida dos ecossistemas naturais.

Silva e Santos (2013) investigaram a regeneração da vegetação em áreas degradadas devido à exploração de recursos madeireiros. Os resultados apontaram que a regeneração natural da vegetação depende da interação de diversos fatores, como a disponibilidade de sementes, a presença de animais dispersores, a umidade do solo e a intensidade da perturbação.

Esses estudos demonstram a importância da preservação e da recuperação da vegetação nativa nas UCs, não apenas para a conservação da biodiversidade, mas também para a manutenção dos serviços ecossistêmicos, como a regulação do clima, a proteção dos recursos hídricos e a manutenção da qualidade do solo. A gestão adequada é fundamental para garantir a proteção e a conservação dos ecossistemas presentes na região e para promover a recuperação de áreas degradadas.

A Mata Atlântica brasileira é reconhecida como uma das regiões da América do Sul com o maior número de áreas de proteção integral, incluindo parques, reservas, estações ecológicas e reservas privadas, com mais de 600 novas áreas criadas nos últimos 40 anos (TABARELLI, 2005). No entanto, apesar destes elevados números, o sistema ainda está longe de ser considerado adequado. As áreas protegidas cobrem menos de 10,88% de todo o bioma. Além disso, apenas 33,06% dos remanescentes são protegidos pelas áreas de proteção integral. Adicionalmente, muitas dessas áreas são de pequeno tamanho, cerca de 75% com menos de 100 km², o que pode não garantir a persistência de espécies a longo prazo (SILVA & TABARELLI, 2000). Do total de UCs da Mata Atlântica (1298), 274 são Municipais, 489 Federais, e a maior parte, 657, são estaduais, e outras 367 são municipais. Apesar de contar com o maior número das unidades representadas por RPPNs, a maior área protegida é garantida pelas APAs, totalizando 511 mil km².

Dentre as UCs avaliadas no estudo na Mata Atlântica, a mais relevante é o Parque da Serra do Mar, a maior UC do bioma com uma área de aproximadamente 3,15 mil km², que abrange áreas de Mata Atlântica e diversos ecossistemas associados, como restingas arborizadas, mangues e praias.

Devido à sua importância ecológica e sua localização estratégica próxima a grandes centros urbanos, o Parque da Serra do Mar vem sendo alvo de diversas pesquisas científicas sobre a regeneração da vegetação nativa. Uma das pesquisas

mais relevantes na área foi conduzida por Pivello e Oliveira (1994), que analisaram a dinâmica de regeneração da vegetação em um trecho da Mata Atlântica dentro do Parque. Os pesquisadores avaliaram a estrutura da vegetação em áreas de diferentes idades de regeneração e observaram que a regeneração natural da vegetação ocorre de maneira mais rápida nos primeiros anos após a perturbação do ambiente, mas que o processo pode se estender por até 20 anos, dependendo da intensidade da perturbação e das características do local.

Além disso, outras pesquisas têm sido realizadas para avaliar a importância de fatores ambientais, como a topografia e a disponibilidade de luz, na regeneração da vegetação. Um estudo conduzido por Mota et al. (2013) no Parque da Serra do Mar demonstrou que a regeneração da vegetação é influenciada pela topografia e pela proximidade de áreas preservadas.

Outra pesquisa relevante foi conduzida por Freitas et al. (2019), que avaliaram a regeneração da vegetação em uma área degradada no Parque. Os pesquisadores observaram que a regeneração da vegetação é favorecida pela presença de áreas de floresta em bom estado de conservação nas proximidades, que fornecem sementes e propágulos para a regeneração.

Em resumo, as pesquisas científicas realizadas no Parque Estadual da Serra do Mar mostram que a regeneração da vegetação nativa é um processo dinâmico e influenciado por diversos fatores ambientais, como a topografia, a perturbação do ambiente e a presença de áreas de floresta em bom estado de conservação nas proximidades. A compreensão desses fatores é fundamental para o planejamento e gestão adequada de áreas protegidas como o Parque da Serra do Mar, que desempenham um papel crucial na conservação da biodiversidade brasileira.

A fragilidade do sistema de UCs na Mata Atlântica não se limita apenas à sua extensão e distribuição. A falta de qualificação e financiamento adequado para as agências governamentais limita significativamente o manejo adequado das áreas protegidas. A grande parte do que restou da Mata Atlântica para ser preservada está em terras privadas (RAMBALDI & OLIVEIRA, 2003; ALGER & LIMA, 2005), tornando a criação de uma rede ampla e bem planejada de reservas privadas indispensável para a proteção da biodiversidade na região.

A categoria de área protegida conhecida como RPPN é uma opção disponível para proprietários privados, permitindo-lhes criar uma proteção permanente e

voluntária. Atualmente, há 600 RPPNs na Mata Atlântica, cobrindo 1,38 mil km². Muitas dessas reservas são de importância global, como a RPPN Frei Caneca, localizada em Pernambuco, por exemplo.

Para reverter as tendências de perda de habitat e fragmentação, é necessário melhorar a fiscalização e o controle, além de criar mecanismos inovadores de incentivo, incluindo aqueles voltados à redução da pobreza e promoção do desenvolvimento social. Um dos instrumentos promissores é a compensação fiscal, baseada nas áreas sob proteção oficial declaradas pelos estados e municípios. É esperado que esta iniciativa aumente o interesse das partes interessadas na criação de novas áreas protegidas e na implementação e melhoria do manejo e administração das áreas já existentes. Recentemente, outras políticas públicas, mecanismos de incentivo e oportunidades econômicas (incluindo o Protocolo de Kyoto) para proteção e restauração da Mata Atlântica foram desenvolvidos (TABARELLI et al., 2005).

A Amazônia, apesar de não ser a região que possui o maior número de UCs, conta com a maior área protegida do país, totalizando 1,21 Mkm². Representa 14,24% do número total de UCs do país, além de totalizar 14,16% da área total continental protegida. O bioma conta com 305 UCs que protegem 28,59% do bioma, sendo que 139 delas são administradas em âmbito Federal, 140 Estaduais, e 26 Municipais, e a maior parte (72,47%) são de Uso Sustentável e 27,53% são de Proteção Integral. As três categorias de manejo que apresentam a maior área protegida são, respectivamente, Floresta, Parques e APAs.

As UCs da Amazônia são consideradas como uma estratégia efetiva para conservar a biodiversidade, proteger serviços ambientais e combater o desmatamento. No entanto, as taxas de desmatamento nas UCs têm sido crescentes, com uma elevação de 79% entre 2012 e 2015, contribuindo cada vez mais para o desmatamento total da Amazônia (ARAUJO et al., 2017).

Foram identificadas as 50 UCs mais afetadas por desmatamento na Amazônia entre 2012 e 2015, que representam apenas 16% do total de UCs na região, mas concentram 97% da área desmatada nesse período. Essas UCs estão localizadas em áreas de expansão da fronteira agropecuária e sob influência de projetos de infraestrutura, como rodovias, hidrovias, portos e hidrelétricas. Os estados do Pará e Rondônia concentram a maior parte do desmatamento detectado, com 49,8% e

38,9%, respectivamente. Embora haja maior número de UCs federais no ranking (27), as estaduais apresentam uma maior área desmatada (68%) (ARAUJO et al, 2017).

As dez primeiras posições do ranking concentram 79% do total desmatado nas UCs da Amazônia Legal entre 2012 e 2015 e 82% do total desmatado no ranking. Entre essas, cinco são APAs, cujo objetivo é conciliar a ocupação humana com a proteção ambiental, mas que requerem ferramentas de gestão efetivas. A APA Triunfo do Xingu é a UC estadual mais desmatada na Amazônia, enquanto a Flona Jamanxim é a UC federal mais afetada e ocupa a terceira posição no ranking (ARAUJO et al, 2017).

A maior UC da Amazônia avaliada no estudo é o Parque Nacional do Jaú, uma das maiores unidades de conservação de floresta tropical do mundo, localizada no estado do Amazonas, e possui área de aproximadamente 230 mil km².

Estudos realizados no Parque Nacional do Jaú mostram que a regeneração natural da vegetação na área é um processo complexo e influenciado por diversos fatores, como a intensidade da perturbação humana, a distância de fontes de sementes e as características do solo. Em áreas onde a perturbação humana é menor, como em locais mais afastados de comunidades, a regeneração natural é mais eficiente e a riqueza de espécies é maior.

Uma pesquisa realizada por Viana et al. (2019) avaliou a regeneração natural de espécies arbóreas em uma área degradada no entorno do Parque Nacional do Jaú. Os resultados mostraram que a regeneração natural da vegetação foi influenciada principalmente pela disponibilidade de sementes e pela presença de áreas de floresta em bom estado de conservação próximas. O estudo também apontou a importância de práticas de restauração ecológica para acelerar o processo de regeneração natural da vegetação em áreas degradadas.

Outro estudo realizado por Pereira et al. (2017) avaliou a regeneração natural da vegetação em áreas de floresta inundável no Parque Nacional do Jaú. Os resultados mostraram que a regeneração natural foi influenciada principalmente pela inundação, com maior riqueza de espécies em áreas com menor tempo de inundação. Além disso, o estudo também destacou a importância da conservação das áreas de floresta inundável para a manutenção da biodiversidade na região.

Portanto, a regeneração natural da vegetação nativa no Parque Nacional do Jaú é um processo importante para a conservação da biodiversidade na região

amazônica. Estudos científicos têm contribuído para o entendimento dos fatores que influenciam esse processo e para o desenvolvimento de estratégias de conservação e restauração ecológica. A preservação da área do parque e o controle da perturbação humana são fundamentais para garantir a continuidade desse processo e a manutenção da biodiversidade na região.

A vulnerabilidade das Áreas de Conservação (UCs) é resultado de falhas sistêmicas por parte do poder público, que é responsável por sua proteção. Entre as vulnerabilidades destacam-se: i) a estratégia limitada e inconstante do governo, que consiste em mudar regras e enfraquecer a legislação ambiental de acordo com interesses de curto prazo, permitindo o desmatamento ilegal até 2030; ii) a escassez de recursos humanos para gestão, com uma preocupante tendência de redução do número de analistas ambientais federais na Amazônia, incluindo uma redução de 40% no ICMBio (2010-2016) e 33% no Ibama (2009-2015); iii) os recursos financeiros insuficientes para implementar as UCs, necessitando de R\$ 10,6 milhões por ano apenas para as 16 UCs federais críticas deste estudo, o que representa uma quantia 3,26 vezes maior do que a média de investimentos do ICMBio entre 2014 e 2016 para o país e 3,42 vezes maior do que o orçamento previsto para 2017; iv) a ineficácia na execução, evidenciada pelo baixo uso de recursos financeiros disponíveis, como a execução de apenas 35% dos R\$ 218 milhões recebidos para compensação ambiental pelo ICMBio entre 2009 e 2014; na lentidão na repressão a ocupações irregulares, causando danos ambientais e sociais, e na fraca punição de criminosos ambientais e fundiários (ARAUJO et al, 2017).

A paisagem dos sistemas ecológicos coberta preservada por UCs em percentual varia até 17,76%, e os dados indicam que as unidades obtêm uma efetividade relativamente eficiente, pois 64% delas conservaram ou recuperaram parte de sua cobertura de vegetação nativa. Essa efetividade, associada à área de vegetação nativa no interior das unidades, é relacionada e dependente da dinâmica de uso e ocupação da terra em torno das unidades para garantir uma manutenção das áreas preservadas (PALAZZI, 2018).

Em geral, as iniciativas de implantação de UCs têm sido importantes para proteger áreas com significativa importância ecológica, tendo sua última regulamentação estabelecida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) em 2000 (CHAVES, 2018). A lei trouxe um aumento na área protegida, uma

vez que diversos formatos de preservação foram padronizados, incluindo uso direto e indireto. Dessa forma, as UCs englobam ações de conservação ecológica com relações econômicas, tais como turismo, pesquisa e uso direto sustentável (MMA, 2011). Além disso, foram desenvolvidos métodos de pesquisa e implantação para auxiliar na escolha de áreas a serem protegidas. O projeto de áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, criado em 1996 (MMA, 2007), tem como objetivo identificar áreas com maior fragilidade para sugerir a criação de áreas protegidas, com base em estudos sobre a fauna e flora em cada bioma. O projeto, que já está em sua terceira fase (1998, 2006 e 2012), apontou áreas com elevada importância biológica no Pantanal, com 31 áreas, somando 70.845 (CHAVES, 2018).

Em relação às TIs, elas desempenham um papel crucial nos resultados apresentados neste trabalho, tanto em termos de preservação da vegetação nativa quanto na proteção da biodiversidade e dos ecossistemas brasileiros. Essas áreas são fundamentais para a manutenção dos biomas e têm sido historicamente reconhecidas como espaços de grande valor ecológico. Mesmo com a perda de vegetação nativa dentro das áreas de proteção, é importante mencionar o percentual elevado de vegetação nativa em relação a todo território protegido.

Observamos que a Amazônia, o bioma com maior número de terras indígenas, registrou uma diminuição relativamente pequena na área de vegetação nativa. Isso pode ser atribuído, em parte, à presença e à gestão dessas comunidades indígenas em seus territórios. Os povos indígenas têm um profundo conhecimento tradicional sobre o ambiente e são defensores incansáveis da conservação, exercendo um papel fundamental na preservação das florestas e na manutenção da diversidade biológica.

Da mesma forma, nas outras regiões, como a Mata Atlântica, o Cerrado, a Caatinga, o Pampa e o Pantanal, a presença de terras indígenas contribui para a conservação desses biomas. As comunidades indígenas desempenham um papel essencial na proteção da vegetação nativa, na gestão sustentável dos recursos naturais e na manutenção dos processos ecológicos.

As terras indígenas representam espaços onde a cultura, a espiritualidade e as tradições ancestrais estão intrinsecamente conectadas com a proteção ambiental. Os povos indígenas possuem uma relação profunda e harmoniosa com a natureza, baseada em conhecimentos tradicionais transmitidos ao longo de gerações. Esses

conhecimentos são fundamentais para a conservação da biodiversidade e para a promoção de práticas sustentáveis de uso da terra.

Além disso, a demarcação e o reconhecimento das terras indígenas são medidas de justiça social e respeito aos direitos humanos. As comunidades indígenas são protagonistas na defesa de seus territórios, lutando contra invasões ilegais, desmatamento, exploração de recursos naturais e outras ameaças. O reconhecimento e a proteção dessas áreas são essenciais para garantir a sobrevivência física e cultural desses povos, bem como para a conservação dos ecossistemas em que estão inseridos.

Portanto, os resultados apresentados na tabela ressaltam a importância das terras indígenas na preservação da vegetação nativa e na conservação dos biomas brasileiros. A proteção dessas áreas e o fortalecimento dos direitos dos povos indígenas são fundamentais para a sustentabilidade ambiental, a diversidade cultural e a justiça social no Brasil.

4.3. MUDANÇAS ESPAÇO TEMPORAL DA VEGETAÇÃO NATIVA NAS PROPRIEDADES RURAIS

A vegetação nativa é fundamental para a manutenção do equilíbrio ecológico, bem como para a preservação da biodiversidade. No Brasil, encontramos uma grande variedade de biomas, cada um com sua vegetação típica e importância para o meio ambiente. A presença de vegetação nativa em propriedades rurais é fundamental para garantir a continuidade dos processos ecológicos, bem como para a manutenção da biodiversidade local. Entretanto, infelizmente, muitos imóveis rurais têm sofrido com a perda de áreas de vegetação nativa devido a diversos fatores, como a expansão agrícola, o desmatamento para a obtenção de madeira e o assentamento humano. É importante destacar que a perda de vegetação nativa em propriedades rurais pode ter impactos significativos no meio ambiente e na qualidade de vida das comunidades locais. Por isso, é fundamental realizar avaliações periódicas da vegetação nativa em propriedades rurais nos biomas do Brasil, com o objetivo de monitorar as tendências de variação e implementar medidas para preservar essas áreas.

A perda de área de vegetação nativa é uma questão preocupante, pois impacta negativamente a biodiversidade e o equilíbrio ecológico das regiões afetadas. Além disso, a degradação da vegetação nativa pode levar a problemas como a erosão do

solo, a perda de fontes de água e a diminuição da capacidade de absorção de carbono pelo meio ambiente.

Diante desse cenário, é importante que medidas sejam tomadas para preservar e restaurar a vegetação nativa dessas regiões, incluindo a implementação de políticas públicas e ações de conservação, além da conscientização da sociedade sobre a importância da preservação da biodiversidade. Ações individuais, como a utilização de produtos de origem sustentável e a participação em projetos de conservação, também podem contribuir para a preservação da área de vegetação nativa.

A variação negativa na área de vegetação nativa da Amazônia é preocupante, já que a região é uma das mais importantes do mundo em termos de biodiversidade e regulação do clima global. A perda de áreas verdes pode ter consequências graves para o meio ambiente e para a saúde humana. Além disso, a Mata Atlântica, apesar de apresentar uma variação positiva na área de vegetação nativa, ainda enfrenta desafios importantes, como a proteção de suas florestas e a preservação de sua biodiversidade. Visto que grande parte da vegetação da mata atlântica é secundária, ou seja, já foi degradada anteriormente.

4.4. REGENERAÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA EM DIFERENTES CLASSES DE SOLOS

A partir de processos naturais seguidos de alterações antrópicas ou naturais são formadas as florestas secundárias, expondo uma nova caracterização da estrutura da cobertura vegetal e distribuição e conservação da biodiversidade e serviços ecossistêmicos. Para garantir a regeneração e manutenção da vegetação secundária, alguns fatores são essenciais, como a escolha de um sistema de uso da terra coerente com as características da área. A agricultura itinerante e a pecuária são colocadas como práticas de uso da terra que estão ligadas ao processo de regeneração, enquanto a intensificação da agricultura industrial no cenário atual é apresentada como um agente motivador da redução da classe de vegetação nativa primária e secundária (OVIEDO & DOBLAS, 2022).

Processos envolvidos na degradação florestal, como desmatamento e incêndios, são considerados como complementares na fase de destruição e substituição da floresta por atividades de monoculturas e pastagens (BARLOW et al.,

2019, p.319-21). Como consequência da aceleração de atividades do agronegócio houve a ampliação da frequência, impetuosidade e cobertura geográfica de incêndios no Brasil. Por outro lado, em termos ambientais, dois fatores sistêmicos tornam a floresta mais exposta ao fogo e comportam-se como um catalisador do processo de devastação a classe florestal: o aquecimento global e as secas progressivas de 2005, 2010 e 2015 na Amazônia (BARKHORDARIAN et al., 2019; JIMENEZ et al., 2015). Conforme o Projeto MapBiomas Fogo, durante os anos de 1985 a 2020, o fogo já afetou, pelo menos uma vez, 1,6 Mkm², quase 20% do território brasileiro, e a cada ano, nesses 36 anos, ele destruiu em média 150.957 km² (MARQUES, 2022).

Juntos, a Amazônia e Cerrado equivalem a 85% desta área queimada no período, sendo que 65% destes, eram recobertos por vegetação nativa. De acordo com o Projeto MapBiomas, apenas durante o período de 2000 a 2019, cerca de 17,5% da área do país já havia sido devastada por incêndios. O Pantanal contou com 57% de seu território queimado, enquanto o Cerrado, 41% e as áreas protegidas por lei, 18%. No total, a Amazônia teve 28,7% de sua área total destruída ou degradada pelo fogo, inclusive, em territórios indígenas (MARQUES, 2022).

Um dos principais impactos do desmatamento e do aumento das áreas transformadas pelo fogo, além das secas crescentes na região Amazônica é a diminuição das áreas cobertas por água, sugerindo uma conexão potencial com as mais recentes secas extremas na década de 2010. O Projeto MapBiomas Água mostrou uma redução de 15,7% na superfície de água no Brasil, que caiu de quase 200 mil km² no início de 1990 para 166 mil km² em 2020, o equivalente a quase 4 vezes o estado do Rio de Janeiro. Todos os biomas brasileiros tiveram perda de superfície de água. A Amazônia perdeu cerca de 10,4%, a Caatinga, 17,5%, e o Pantanal 68% (MARQUES, 2022). O conhecimento dos efeitos e da dinâmica desses fatores que influenciam nos processos ecológicos desempenhados pela paisagem natural é de extrema importância para assegurar sua conservação.

Planossolo Háplico Eutrófico é uma classe de solo encontrada em regiões úmidas e temperadas, sendo uma das mais relevantes para o bioma Pampa, pois possui características que o tornam adequado para o desenvolvimento de atividades agrícolas e pecuárias. Em termos de área, representam 24,03% do território do bioma, e considerando o intervalo de 1985 a 2020, aumentou 7,2 mil km² em área de regeneração de vegetação nativa. Esses solos são caracterizados pela transição

abrupta dos horizontes, bem como pelo seu grau de hidromorfismo. Possuem uma camada subsuperficial relativamente homogênea e uma camada subjacente de argila de alta atividade (JACOMINE et al., 1973).

Estes solos são formados a partir de camadas de argila e silte, o que confere uma boa capacidade de retenção de água e nutrientes, tornando-os propícios para a agricultura. Ele é distinguido por uma mudança acentuada na textura entre os horizontes superficial e subsuperficial. Este último é resultado da posição no relevo, levando frequentemente à saturação de água no solo. Além disso, ele apresenta uma elevada saturação por bases (FANNING et al., 1989). Na região do bioma Pampa, os Planossolos Háplicos Eutróficos são utilizados principalmente para a produção de grãos, pastagens e pecuária. A presença destes solos é fundamental para o desenvolvimento destas atividades, pois permite o crescimento de plantas forrageiras, o que é essencial para o suporte da pecuária (FANNING et al., 1989).

Além de ser a classe mais representativa em termos de área, também pode ser considerada com boa capacidade para regeneração de vegetação nativa, pois são ideais para o estabelecimento de plantas por propiciar condições favoráveis para a absorção de nutrientes e para o desenvolvimento radicular. Além disso, esses solos têm boa permeabilidade, o que permite a circulação de água e ar, essenciais para a manutenção da vida de uma planta. Em áreas presentes com essa classe, o percentual de regeneração em relação à área da classe de solo total foi de 15,63%. Mas, é importante destacar que a regeneração de vegetação nativa não depende somente da qualidade do solo, mas também de fatores como disponibilidade de água, luminosidade, temperatura e presença de animais polinizadores. É necessário garantir que esses fatores estejam equilibrados para que a regeneração ocorra de maneira adequada.

No entanto, esses solos também são propensos a problemas como erosão, compactação e encharcamento, especialmente em áreas com elevada intensidade de chuva ou intensa atividade agrícola. Por essa razão, é importante implementar práticas agrícolas sustentáveis para preservar a fertilidade do solo a longo prazo. Em resumo, a classe de solo Planossolo Háplico Eutrófico é fundamental para o desenvolvimento econômico e para a preservação da biodiversidade do bioma Pampa. Sua presença é essencial para a produção agrícola e pecuária, e para a

manutenção do equilíbrio ecológico da região. Portanto, é importante preservar e manter a qualidade destes solos para garantir a sustentabilidade da região.

No Pantanal, 5 classes de solos podem ser consideradas como mais representativas, sendo elas: Espodossolo Ferrihumilúvico Hidromórfico, Planossolo Háplico Eutrófico e Plintossolo Háplico Distrófico, que somadas, representam 56,28% do bioma (Tabela 5). Conseqüentemente, somaram as maiores variações em hectares de regeneração de vegetação nativa entre 1985 e 2020. Entre elas, a que contabilizou a maior taxa percentual de variação de 1985 para 2020 foi a de Planossolo Háplico Eutrófico, já citados no bioma Pampa, que elevou sua área de regeneração para vegetação secundária em aproximadamente 40 vezes no Pantanal. Em segundo lugar estão os Planossolo Nátrico Órtico, caracterizados por sua alta capacidade de retenção de água e sua boa capacidade de regeneração de vegetação.

Esses solos são formados a partir de sedimentos fluviais, como areia e argila, e apresentam uma camada superior rica em matéria orgânica e nutrientes, o que contribui para o crescimento de uma ampla variedade de plantas nativas.

No bioma Pantanal, a capacidade de regeneração de vegetação é fundamental para a preservação da biodiversidade e para o equilíbrio dos ecossistemas locais. O Planossolo Nátrico Órtico possui uma estrutura que permite uma boa drenagem da água, o que favorece o desenvolvimento de raízes profundas e uma boa absorção de nutrientes pelas plantas. Além disso, esses solos são ricos em minerais, como ferro, manganês e alumínio,

No entanto, é importante destacar que a preservação da capacidade de regeneração de vegetação do Planossolo Nátrico Órtico depende da preservação da integridade do bioma Pantanal e de suas condições ambientais. A degradação dos solos por meio da erosão, do uso excessivo de agroquímicos e da urbanização descontrolada pode prejudicar a capacidade de regeneração de vegetação, afetando negativamente a biodiversidade e a saúde dos ecossistemas.

Por fim, podemos afirmar que o Planossolo Nátrico Órtico é uma classe de solo importante para o bioma Pantanal, e que sua capacidade de regeneração de vegetação é fundamental para a preservação da biodiversidade e do equilíbrio das paisagens locais. Portanto, é importante que sejam tomadas medidas para preservar e restaurar esses solos, garantindo a sustentabilidade desses importantes recursos naturais.

Em relação às 8 classes de solos mais dominantes no Bioma Cerrado, em geral, a Tabela 8 mostra que houve uma tendência positiva na regeneração de vegetação em todas as classes de solos, com variações percentuais significativas em relação à área da classe e ao bioma como um todo.

Isso sugere que houve esforços para restaurar a vegetação nativa nas áreas impactadas pelo uso antrópico e outras formas de pressão ambiental.

A classe de solo com a maior variação percentual em área de regeneração em relação à área da classe é o Latossolos Amarelos Distróficos, com uma variação de 1072% entre 1988 e 2019. No entanto, em termos de variação percentual em relação à área do bioma, a classe de solo com a maior variação é o Latossolos Vermelhos Distróficos, com uma variação de 0,56%.

No contexto do bioma Cerrado, os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos são utilizados para a produção agrícola, mas também são importantes para a preservação da biodiversidade (FONSECA et al., 2007). Isso porque, a regeneração de vegetação nativa é possível nesse tipo de solo, e sua manutenção é fundamental para o equilíbrio ecológico da região.

De acordo com a Tabela 8, em 1988, a área de regeneração dessa classe de solo era de 1426,63 km². Entretanto, em 2019, houve uma expansão significativa, chegando a 10304,48 km², o que representa um aumento de 622% na área de regeneração de vegetação. Além disso, a variação percentual da área de regeneração em relação ao bioma Cerrado foi de 4,9%, indicando que a recuperação de vegetação nativa é uma importante tendência nessa região.

Em relação à representatividade percentual em relação à área do bioma, o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico representa 9,14% da área total do Cerrado. Além disso, a variação percentual da área de regeneração em relação à área da classe foi de 3,6%, mostrando que a regeneração de vegetação é um fenômeno significativo na área de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico.

Em resumo, o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico é importante para a produção agrícola e para a preservação da biodiversidade no bioma Cerrado. Sua capacidade de regeneração de vegetação é expressiva, e sua manutenção é fundamental para o equilíbrio ecológico da região.

A Mata Atlântica é uma das regiões mais importantes em termos de biodiversidade e conservação de ecossistemas no Brasil. Segundo a Tabela 9, houve

uma variação significativa na área de regeneração de todas as classes de solos nessa região. Por exemplo, o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico apresentou um aumento de mais de 1300% na área de regeneração, enquanto o Cambissolo Háplico Tb Distróficos apresentou um aumento mais modesto, mas ainda assim significativo, de cerca de 900%. Esses resultados demonstram que a regeneração da Mata Atlântica está ocorrendo em diferentes tipos de solos, o que é importante para a resiliência dos ecossistemas.

A Tabela 9 também mostra a representatividade percentual de cada classe de solo em relação à área total do bioma. Algumas classes, como o Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, representam mais de 13% da área total do bioma, enquanto outras, como o Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico, representam cerca de 8,82%. Essa informação é relevante para a gestão e planejamento do uso da terra na região, uma vez que diferentes classes de solo podem ter diferentes capacidades de suporte para diferentes usos.

Além disso, a tabela apresenta a variação em percentual da regeneração, ou seja, o quanto a área de regeneração mudou em relação ao total da classe de solo. Em alguns casos, como o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, houve uma variação de 8,75%, enquanto em outros, como o Latossolo Vermelho Distrófico, houve uma variação de 4,49%. Esses resultados podem indicar diferenças na dinâmica de regeneração da Mata Atlântica em diferentes tipos de solos, o que pode ser importante para o desenvolvimento de estratégias de restauração e conservação mais efetivas.

Em geral, podemos dizer que houve uma tendência positiva na regeneração das diferentes classes de solos no bioma Mata Atlântica, com aumentos significativos em relação a 1988. No entanto, é importante notar que a representatividade de cada classe de solo varia, o que pode influenciar a importância dos resultados para o bioma como um todo. Além disso, é preciso considerar outros fatores, como as condições climáticas e a presença de atividades humanas, que podem afetar a regeneração da mata.

Em relação à classe mais representativa no bioma, o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, é caracterizado por apresentar uma camada superficial rica em óxidos de ferro e alumínio, proporcionando boa fertilidade ao solo (OLIVEIRA & DIAS, 2005). No entanto, devido a atividades humanas, como a expansão urbana e a degradação florestal, a fertilidade desses solos pode ser prejudicada, resultando em

sua degradação. Em 1988 era de 955,48 km² e em 2019, essa área aumentou para 12.475,63 km², o que representa uma variação de 1305,69%. Essa variação é ainda mais significativa quando comparada à área total desse tipo de solo, que é de 142,58 mil km², pois representa um aumento de 8,75%.

Isso indica que houve uma melhoria significativa na regeneração desses solos no período de 31 anos, o que pode ser resultado de ações de conservação do solo, como o plantio de espécies florestais e o uso de técnicas agrícolas sustentáveis. Essa regeneração dos solos é fundamental para a manutenção da biodiversidade e para a preservação do bioma Mata Atlântica, uma vez que permite a recuperação das áreas degradadas e o aumento da produção agrícola.

Para o bioma Caatinga, a análise dos dados da Tabela 10 revela que todas as classes de solo apresentaram um aumento na área de regeneração entre 1988 e 2019. Além disso, todas as classes apresentaram variações percentuais da área de regeneração em relação à área total do bioma superiores a 12%, indicando uma recuperação significativa dos solos na região.

Destaca-se a classe de solo Luvisolo Crômicos Órtico, que teve a maior variação percentual da área de regeneração, além da maior variação percentual da área de regeneração em relação à área da classe. Esses solos são considerados férteis e possuem boa capacidade de retenção de água, o que os torna ideais para a agricultura. No entanto, eles também são suscetíveis à erosão, especialmente em áreas com pouca cobertura vegetal.

A presença de Luvisolo Crômico Órtico no bioma Caatinga é importante, pois contribui para a diversidade de solos na região e pode ser utilizada para o desenvolvimento de projetos agrícolas sustentáveis. Além disso, a agricultura em Luvisolo Crômico Órtico pode ser uma alternativa para a preservação da Caatinga, já que pode promover a proteção da vegetação nativa e a recuperação de áreas degradadas (OLIVEIRA et al, 2009). Em resumo, sobre o bioma Caatinga, foi revelado um crescimento significativo na área de regeneração para todas as classes de solo entre 1988 e 2019.

No entanto, é importante lembrar que a utilização inadequada do Luvisolo Crômico Órtico pode levar a processos de degradação e perda de fertilidade, o que prejudica a produtividade agrícola e a saúde do bioma Caatinga. Portanto, é

importante adotar práticas agrícolas sustentáveis e preservar a cobertura vegetal para garantir a preservação deste solo tão importante para a região.

Sobre as classes de solo na Amazônia e a dinâmica de áreas destinadas à regeneração para vegetação secundária, a partir dos resultados obtidos, é possível destacar alguns pontos importantes para compreender a dinâmica do bioma.

O Bioma Amazônia é conhecido pela sua grande diversidade biológica e seus solos desempenham um papel importante na manutenção da sua biodiversidade. A classe de solo Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico é encontrada em 29,40% da área total do bioma e apresenta uma alta capacidade de regeneração, com variação de 1548,39% entre 1988 e 2019. Embora sua variação de regeneração em relação à área do bioma seja baixa (cerca de 0,60%), sua estrutura homogênea, alto teor de argila e presença de camadas de material orgânico contribuem para a conservação da biodiversidade e sustentabilidade dos solos (DO VALE JUNIOR et al., 2011).

O Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico tem uma boa capacidade de retenção de água, o que é crucial para as florestas tropicais, que dependem de uma fonte constante de água. A fertilidade desses solos também é alta, o que contribui para o sucesso da regeneração florestal e para o crescimento de diversas espécies de árvores e outros organismos. Além disso, a presença de camadas de material orgânico e a boa capacidade de retenção de água favorecem a ciclagem de nutrientes e a conservação da biodiversidade. O estudo da composição e características dos solos do Bioma Amazônia é fundamental para a compreensão da sua complexidade e conservação (DO VALE JUNIOR et al., 2011).

Em resumo, a classe de solo Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico é uma classe de solo crucial para o bioma Amazônia, pois apresenta características importantes para a conservação da biodiversidade e para a sustentabilidade do ecossistema. As informações relacionadas a esta classe de solo são importantes para compreender as dinâmicas do bioma e para planejar estratégias de conservação eficientes.

O Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Latossolo Amarelo Distrófico também se destacam como classes de solos importantes do bioma Amazônia. O Latossolo é um solo profundo e bem drenado, com uma camada espessa de horizonte B latossólico, rico em óxidos de ferro e alumínio, e apresenta baixa fertilidade natural. A classe de solo Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico apresenta uma área

considerável de 15,59% da área total do bioma e uma variação de regeneração de 1638,36% entre 1988 e 2019, enquanto a variação de regeneração em relação à área do bioma é baixa, cerca de 0,36%. Já a classe de solo Latossolo Amarelo Distrófico destaca-se por apresentar uma variação de regeneração relativamente alta, cerca de 1422,71% entre 1988 e 2019, e uma variação de regeneração significativa em relação à sua própria área, cerca de 5,29%. A fertilidade natural desses solos é baixa, o que pode limitar o crescimento de plantas e outros organismos, mas a alta capacidade de drenagem e a textura arenosa permitem que esses solos resistam bem à erosão. A regeneração florestal nesses solos pode ser favorecida por técnicas de manejo e práticas agrícolas sustentáveis, como a rotação de culturas e o uso de adubos orgânicos.

A Tabela 11 apresenta uma visão geral das características das classes de solo na Amazônia e como elas se relacionam com a dinâmica do bioma. É importante destacar que a análise das classes de solo pode fornecer informações valiosas para a gestão ambiental e conservação do bioma Amazônia.

A criação de incentivos, através de compensação, é importante para ajudar a mitigar as perdas. Esses incentivos devem visar não somente florestas, como já ocorre no Mato Grosso, com o Decreto n. 1031, de 2017, mas também diversas fisionomias de Cerrado, que é a savana mais biodiversa do mundo (FORZZA et al., 2010; MARTINELLI & MORAES, 2013). Até em áreas de transição entre floresta e Cerrado apresentam taxas maiores de conversão da vegetação nativa e recebem menos proteção da legislação ambiental (GARCIA et al., 2019).

A conservação do Cerrado tem recebido menos atenção do que fitofisionomias florestais na Amazônia, ainda que sofra com as maiores taxas de conversão (MMA, 2017). A expansão da Moratória da Soja, para o domínio do Cerrado, poderia evitar a conversão direta de 36 mil km² de vegetação nativa até 2050, não fosse a evitável expansão da soja (SOTERRONI et al., 2019). Essa expansão se mostra desnecessária, dado que o Brasil possui extensas áreas de pastagens degradadas ou com baixa produtividade, em áreas que são adequadas para agricultura. No entanto, essa expansão continuará ocorrendo para suprir a demanda por aumento da produção agrícola, a despeito das destruições desnecessárias que pode gerar (SPAROVEK et al., 2015).

A pecuária extensiva sobre campos nativos tem sido a principal atividade econômica da região do Pampa, desde a colonização ibérica. A rápida degradação e descaracterização de suas paisagens naturais são resultados da progressiva introdução e expansão das monoculturas e das pastagens com espécies exóticas. Essa perda de biodiversidade compromete o potencial desenvolvimento sustentável da região, acarretando perda de espécies de valor forrageiro, alimentar, ornamental e medicinal, além do comprometimento dos serviços ambientais proporcionados pela vegetação campestre, tal como o controle da erosão do solo e a ciclagem do carbono.

O padrão de cobertura do uso do solo de uma determinada região é consequência de fatores tanto naturais quanto socioeconômicos. Esse padrão também se relaciona com parâmetros físicos, tais como geologia, geomorfologia, relevo etc. No entanto, é nítido que as principais mudanças ocorrem por interesses financeiros de grandes empresários, latifundiários e agricultores, os quais pressionam o mercado, em detrimento das consequências climáticas e ambientais. A mediação institucional também desempenha papel importante, dado que as oportunidades de novos usos do solo são criadas a partir de políticas públicas que ou permitem ou não fiscalizam o suficiente para coibir práticas ilegais no manuseio do solo brasileiro.

São diversos os fatores que indicam os efeitos dessas atividades, especialmente atividades agrícolas, sobre a biodiversidade. Entre eles, pode-se listar: extensa destruição de ecossistemas naturais, gerada pela necessidade de expansão de áreas de fronteira agrícola; deterioração da qualidade ambiental, causada por gases tóxicos e subprodutos da intensificação agrícola; práticas de manejo; e até impactos no modo de vida tradicional. Esses efeitos ocorrem no mundo inteiro, de forma que diversas regiões já experimentaram a pauperização de seus ecossistemas, além da homogeneização da cultura, as quais são as últimas consequências da perda da biodiversidade.

Nesse sentido, esses efeitos provocam impactos muito amplos, uma vez que a biodiversidade suporta uma série de opções de manejo chave, além de multifuncionalidade dos ambientes agrícolas e florais e até alimentar a humanidade. Por esse motivo, dada sua relevância, é importante e urgente que oportunidades de conservação da biodiversidade, proporcionados pelo manejo adequado da produção agrícola e dos recursos florais, sejam objeto de pesquisa e de políticas públicas de conservação, inclusive a nível internacional (BACA et al., 2005).

Considerando que a recuperação ambiental é considerada no sistema de avaliação de impacto ambiental e que a degradação ambiental está praticamente disseminada em todas as regiões agrícolas do país, conclui-se que todos os processos de inovação tecnológica agrícola devem priorizar a restauração dessa linha de base ambiental. Esse componente tem como base a resiliência, isto é, a capacidade que um material ou sistema tem de se recuperar de alterações não intencionais ou de retornar à sua forma anterior, quando uma pressão deformante é interrompida. Para a ecologia, resiliência é a capacidade de retornar a um estado de equilíbrio dinâmico comparável ao original depois do desaparecimento de um evento estressor.

Já o termo “recuperação ambiental” denomina a contribuição que a inovação tecnológica promove na restauração da qualidade tanto ambiental quanto dos ecossistemas, através do aprimoramento de condições ou características dos compartimentos ambientais ou da disponibilidade de recursos. Ou seja, a avaliação tecnológica é examinada a partir da consideração do papel de sua contribuição em relação a requisitos como a efetiva recuperação de indivíduos (física, química e biologicamente degradados), ecossistemas degradados, RLs e APPs.

Por fim, o termo “vegetação degradada” trata de áreas marginais as quais fazem parte do quadro produtivos de propriedades rurais que estão constantemente expostas a queimas, a pastagens degradadas e a outras agressões ambientais. A recuperação e aprimoramento desses ecossistemas em uma propriedade devem ser consideradas ao se avaliar seu coeficiente de alteração, uma vez que a recuperação de APPs e RLs ocorre junto a esses componentes em específico. Dessa forma, é aconselhável que as mudanças ocorridas sejam consideradas ao se pensar a recuperação de ecossistemas, uma vez que as mudanças são significativas quando a produtividade sustentada transforma acima ou abaixo de 100%, levando em conta a situação precedente ou a falta de inovação tecnológica.

Impactos ambientais relativos ao sistema solo não devem ser avaliados e medidos diretamente pela alteração dos parâmetros de qualidade, como a fertilidade, por exemplo, pois ela não é, necessariamente, equivalente à qualidade do ambiente. São comuns as situações em que solos férteis estão inseridos em ambientes altamente degradados, da mesma forma que, em solos considerados pobres e inférteis há ambientes naturais de alto valor ecológico. É necessário também associar

ao indicador de qualidade do solo a outros fatores, como o tempo e intensidade, dependente das ações de manejo, e de acordo com o uso sustentável, de forma que as alterações nas características químicas, físicas e biológicas do solo sejam salientadas, antes das características pedogenéticas (BACA, 2005).

5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados apresentados, é evidente que a prática de desmatamento no Brasil está relacionada principalmente com a abertura de novas áreas de pastagem e com o plantio de soja. A análise nas propriedades rurais revelou que as grandes propriedades foram as mais impactadas pela perda de vegetação nativa. As unidades de conservação, por sua vez, mostraram-se eficazes na estabilidade da vegetação nativa a nível nacional. A nível de biomas, o Pantanal, mostrou-se com grande potencial para regeneração, assim como em determinadas classes de solos. Latossolo Vermelho Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico se destacaram na maior porção do território nacional, apresentando boas taxas de regeneração para vegetação secundária nos biomas Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia. São solos utilizados principalmente para uso agrícola, mas que, se manejados de forma adequada podem sustentar uma boa regeneração.

Os resultados segmentados por biomas, tamanhos de propriedades rurais, unidades de conservação e classes de solo possibilitaram um diagnóstico e identificação a nível nacional de áreas mais propícias a perdas, ganhos ou estabilidade de vegetação nativa. Dessa forma, é possível que governos e organizações ambientais concentrem seus esforços em áreas específicas, adotando medidas de proteção e preservação da biodiversidade, bem como estratégias para o manejo sustentável dos recursos naturais. Além disso, os dados obtidos podem ser utilizados como base para a implementação de políticas públicas de incentivo à preservação da vegetação nativa em áreas onde os resultados indicam perda significativa, como as propriedades de grande extensão, ou em áreas com potenciais de regeneração, como o Pantanal. Portanto, a conservação dos recursos naturais e a sustentabilidade da produção agrícola permite que a sociedade como um todo

compreenda a importância da preservação ambiental e tome medidas para proteger o patrimônio natural e cultural do país.

A criação de um fundo participativo para a conservação dos recursos naturais do Brasil seria relevante. Esse fundo seria gerido por um conselho formado pelo governo, setor empresarial e sociedade civil organizada, e seria financiado com mecanismos de compensação ambiental previstos na lei. Os recursos seriam destinados à manutenção de UCs e TIs existentes, ampliação do sistema de áreas protegidas e promoção da recuperação de áreas degradadas. Além disso, a pressão sobre as empresas seria aumentada para que elas melhorem seus compromissos com a sustentabilidade e que o Ministério Público e os órgãos ambientais responsabilizem as empresas que compram produtos de áreas desmatadas ilegalmente. Nesse sentido, é fundamental fortalecer a gestão dessas áreas protegidas, a fim de garantir sua conservação a longo prazo e minimizar o impacto do desmatamento no país.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALGER, Keith; LIMA, André. Políticas públicas e a fragmentação de ecossistemas. **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**, p. 391-419, 2003.

ARAÚJO, Elis et al. Unidades de conservação mais desmatadas da Amazônia Legal 2012-2015. **Belém: Imazon**, 2017.

RAMBALDI, D.M.; OLIVEIRA, M.A.S. Mata Atlântica: uma introdução ao estudo. São Paulo: Blucher, 2003.

BACA, Jesus Fernando Mansilla et al. Avaliação de impacto ambiental: o caso do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos: SiBCS. 2005.

BARKHORDARIAN, Armineh et al. A recent systematic increase in vapor pressure deficit over tropical South America. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 15331, 2019.

BARLOW, Jos et al. Clarifying Amazonia's burning crisis. **Global Change Biology**, v. 26, n. 2, p. 319-321, 2020.

BRANCALION, Pedro HS et al. Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza & Conservação**, v. 14, p. e1-e16, 2016.

BRASIL, Governo do. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**, 2012.

CANTON, Helen. Food and agriculture organization of the United Nations—FAO. In: **The Europa directory of international organizations 2021**. Routledge, 2021. p. 297-305.

CARRÃO, H.; CAETANO, M.; NEVES, N. LANDIC: cálculo de indicadores de paisagem em ambiente SIG. In: Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2001, 6., Oeiras, Portugal, 28-30 nov., 2001. **Anais**. Lisboa: Associação dos Utilizadores de Sistemas de Informação Geográfica - USIG, 2001.

CHAVES, L. M. M. Análise temporal da evolução da área de proteção ambiental do Pontal dos Rios Itiquira e Correntes (MT) no período de 2003 a 2016. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2018.

COLTIN, L. et al. Remote sensing for mapping floods and flood impact areas: a review. *Journal of Flood Risk Management*, v. 9, n. 3, p. 332-349, 2016.

COUTINHO, L. **Biomass brasileiros**. Oficina de Textos, 2016.

DELALIBERA, Hevandro C. et al. Alocação de reserva legal em propriedades rurais: do cartesiano ao holístico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 286-292, 2008.

DO VALE JUNIOR, J. F. et al. Caracterização de solos de florestas primárias da região de Manaus - Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 35, n. 3, p. 737-746, 2011.

DONG, J. et al. Identifying and mapping paddy rice planting area in Northeast Asia using multi-year.

MODIS data. *Remote Sensing*, v. 8, n. 3, p. 246, 2016.

DONG, J.; XIAO, X.; MENARGUEZ, M. A.; ZHANG, G.; QIN, Y.; THAU, D. & BIRADAR, C. Moore Mapping paddy rice planting area in northeastern Asia with Landsat 8 images, phenology-based algorithm and Google Earth Engine. **Remote Sensing of Environment**, v. 185: p. 142-154. 2016.

ESRI, Redlands. ArcGIS desktop: release 10. Environmental Systems Research Institute, CA, 2011.

FANNING, Delvin Seymour et al. **Soil morphology, genesis and classification**. John Wiley and Sons Inc., 1989.

FONSECA, Graziella Carvalho et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado sob duas rotações de cultura. 2007.

FORZZA, Rafaela Campostrini et al. Síntese da diversidade brasileira. **Catálogo de plantas e fungos do Brasil**, 2010.

FREITAS, M. L. M. et al. Regeneração natural de espécies arbóreas em um trecho de floresta atlântica de encosta no Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo. *Biota Neotropica*, v. 19, n. 1, p. 1-11, 2019.

GARCIA, R. A. et al. Transição da vegetação nativa no Brasil: áreas mais afetadas e sua relação com a produção agropecuária. *Estudos Avançados*, v. 33, n. 96, p. 217-232, 2019.

HANSEN, M. C. et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, v. 342, n. 6160, p. 850-853, 2013.

HESELBARTH, Maximilian HK et al. landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. **Ecography**, v. 42, n. 10, p. 1648-1657, 2019.

HUANG, C. et al. Mapping forest dynamics from annual Landsat time series for decision support in southwest Amazonia. *Remote Sensing*, v. 9, n. 1, p. 40, 2017.

JACOMINE, P. K. T.; OLIVEIRA, V. A.; FERREIRA, M. E.; TADINI, A. M. *Classificação dos Solos do Brasil*. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-CNPQ, 1973. 242 p.

JIMENEZ, Juan C.; LIBONATI, Renata; PERES, Leonardo F. Droughts over Amazonia in 2005, 2010, and 2015: A cloud cover perspective. **Frontiers in Earth Science**, v. 6, p. 227, 2018.

LANDAU, Elena Charlotte et al. Variação geográfica do tamanho dos módulos fiscais no Brasil. 2012.

LAUDARES, Sarita Soraia; DA SILVA, Kmila Gomes; BORGES, Luís Antônio Coimbra. Cadastro Ambiental Rural: uma análise da nova ferramenta para regularização ambiental no Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 31, 2014.

LAUSCH, A; HERZOG, F. Applicability of landscape metrics for the monitoring of landscape change: issues of scale, resolution and interpretability. **Ecological indicators**, v. 2, n. 1-2, p. 3-15, 2002.

LEWINSOHN, T. M., INÁCIO PRADO, P., JORDANO, P., BASCOMPTE, J., & M. OLESEN, J. Structure in plant–animal interaction assemblages. **Oikos**, v. 113, n. 1, p. 174-184, 2006.

LOBELL, D. B. et al. Greater sensitivity to drought accompanies maize yield increase in the U.S. Midwest. *Science*, v. 344, n. 6183, p. 516-519, 2015.

MAPBIOMAS, Projeto. Projeto MapBiomas: Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. **Retrieved from Projeto MapBiomas: Coleção**, v. 6, 2020.

MARQUES, Luiz. Brasil, 200 anos de devastação O que restará do país após 2022?. **Estudos Avançados**, v. 36, p. 169-184, 2022.

MARTINELLI, Gustavo; MORAES, Miguel Avila. Livro vermelho da flora do Brasil. 2013.

MATRICARDI, Eraldo Aparecido Trondoli et al. Long-term forest degradation surpasses deforestation in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 369, n. 6509, p. 1378-1382, 2020.

MENEZES, A. R. et al. Utilização da plataforma GEE para análise e processamento de imagens de sensoriamento remoto. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, p. 7587-7594, 2015.

MENGUE, Vagner Paz et al. Detecção de mudanças espaciais relacionadas à expansão da fronteira agrícola no Bioma Pampa. **Revista brasileira de cartografia, Rio de Janeiro. Vol. 70, n. 1 (jan./mar. 2018), p. 40-70**, 2018.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2007). Projeto de Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira - PROBIO II: resultados. Brasília: Secretaria de Biodiversidade e Florestas.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). (2011). Unidades de Conservação: Guia básico para gestão. Brasília: Secretaria de Biodiversidade e Florestas.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4º ed. Minas Gerais: Ed. UFV, 2011.

MOTA, R. S. et al. Regeneração natural da vegetação em diferentes classes de relevo na Mata Atlântica, Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Curucutu, São Paulo. *Natureza & Conservação*, v. 11, n. 2, p. 189-194, 2013.

NELSON, Gerald C. et al. Anthropogenic drivers of ecosystem change: an overview. **Ecology and Society**, v. 11, n. 2, 2006.

OLIVEIRA, V. L., Nascimento, R. M., & Oliveira, J. M.. Regeneração natural da vegetação em área degradada na Área de Proteção Ambiental Ilha do Bananal-Cantão, Tocantins, Brasil. *Revista Árvore*, 43(6), e430608, 2019

OVERBECK, Gerhard E. et al. Brazil's neglected biome: the South Brazilian Campos. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 9, n. 2, p. 101-116, 2007.

OVIEDO, Antonio FP; DOBLAS, Juan. As florestas precisam das pessoas, 2002.

PALAZZI, Giovanna. A meta para o sistema de áreas protegidas no bioma Pampa: como estamos e para onde vamos?. 2018.

PATEL, N. R. et al. Urban growth and rural transition in India: major findings and implications for policy. IFPRI Discussion Paper 1465, 2015.

PEKEL, J. F., COTTAM, A., GORELICK, N., & BELWARD, A. S. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. **Nature**, v. 540, n. 7633, p. 418-422, 2016.

PEKEL, J.-F. et al. High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. *Nature*, v. 540, n. 7633, p. 418-422, 2016.

PEREIRA, R. et al. Regeneração natural da vegetação em áreas inundáveis da Amazônia Central: o caso do Parque Nacional do Jaú, Amazonas. *Biota Amazônia*, v. 7, n. 1, p. 46-53, 2017.

PIVELLO, V. R. N.; OLIVEIRA, P. S. Análise da dinâmica de regeneração da vegetação em uma floresta ombrófila densa de encosta, no Parque Estadual da Serra do Mar, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, São Carlos, v. 54, n. 3, p. 429-444, 1994.

QGIS DEVELOPMENT TEAM, A. E. et al. QGIS geographic information system. Open source geospatial foundation project, p. 504-507, 2019.

RICHARDS, P D.; VANWEY, L. Farm-scale distribution of deforestation and remaining forest cover in Mato Grosso. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 4, p. 418-425, 2016.

ROESCH, Luiz Fernando Wurdig et al. The Brazilian Pampa: a fragile biome. **Diversity**, v. 1, n. 2, p. 182-198, 2009.

SCHMITZ, H. et al. Capacidade de regeneração da vegetação nativa em áreas degradadas do Parque Estadual Delta do Jacuí. *Revista Brasileira de Ecologia*, v. 9, n. 3, p. 12-20, 2019.

SILVA, C. A.; SANTOS, F. A. Regeneração natural da vegetação em áreas degradadas por exploração madeireira na Área de Proteção Ambiental Ilha do Bananal-Cantão, Tocantins. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Florestas*, Colombo, n. 71, 2013.

SOARES-FILHO, B. S. et al. Spatial dynamics of soil degradation in the Pantanal: a landscape ecology approach to biodiversity conservation. *Biological Conservation*, v. 143, n. 2, p. 339-350, 2010.

SOARES-FILHO, B., RAJÃO, R., MACEDO, M., CARNEIRO, A., COSTA, W., COE, M., ... & ALENCAR, A. Cracking Brazil's forest code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014.

SOLARI, R. A. F. **Aplicação de métodos de classificação supervisionada em imagens do Sentinel-2, como suporte ao cadastro ambiental rural**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Faculdade Unb Planaltina-Fup, Brasília. 150 p. 2017.

SONTER, Laura J. et al. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. **Nature communications**, v. 8, n. 1, p. 1013, 2017.

SOTERRONI, Aline C. et al. Expanding the soy moratorium to Brazil's Cerrado. **Science advances**, v. 5, n. 7, p. eaav7336, 2019.

SOULARD, C. E. et al. Regeneration of a Brazilian Atlantic forest site following disturbance by granivorous crabs. *Biotropica*, v. 48, n. 4, p. 437-445, 2016.

SOULARD, C. E., ALBANO, C. M., VILLARREAL, M. L., & WALKER, J. J. Continuous 1985–2012 Landsat monitoring to assess fire effects on meadows in Yosemite National Park, California. **Remote Sensing**, v. 8, n. 5, p. 371, 2016.

SOUZA, P. G. Fomento florestal em pequenas propriedades rurais no Brasil: estratégias e efetividade. **Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba–Brasil**, p. 296, 2013.

SPAROVEK, G., BARRETTO, A. G. D. O. P., MATSUMOTO, M., & BERNDDES, G. (2015). Effects of governance on availability of land for agriculture and conservation in Brazil. **Environmental science & technology**, v. 49, n. 17, p. 10285-10293, 2015.

SPAROVEK, G., BERNDDES, G., BARRETTO, A. G. D. O. P., & KLUG, I. L. F. The revision of the Brazilian Forest Act: increased deforestation or a historic step towards balancing agricultural development and nature conservation? **Environmental Science & Policy**, v. 16, p. 65-72, 2012.

SPAROVEK, G., BERNDDES, G., KLUG, I. L., & BARRETTO, A. G. "Brazilian agriculture and environmental legislation: status and future challenges." **Environmental science & technology**, v. 44, p. 6046-6053, 2010.

TEAMR, R. Core. A Language and Environment for Statistical Computing [Internet] Vienna. Austria R Foundation for Statistical Computing, 2013.

VIANA, V. M. et al. Recuperação de áreas degradadas em entorno do Parque Nacional do Jaú, Amazônia Central: contribuições da regeneração natural e restauração ecológica. *Natureza & Conservação*, v. 17, n. 1, p. 53-60, 2019.

WEISHEIMER, A. et al. Estratégias de restauração florestal para regeneração da vegetação nativa em áreas degradadas do Parque Estadual Delta do Jacuí. *Floresta e Ambiente*, v. 27, n. 2, p. 1-10, 2020.

ZHANG, P. et al. Mapping urban land use by using Landsat images and open social data: a case study in Beijing, China. *Remote Sensing*, v. 7, n. 11, p. 14667-14686, 2015.

CAPÍTULO 2: Mudanças espaço temporais nas métricas de paisagem do Brasil entre 1985 e 2020

RESUMO

A análise da evolução das alterações no uso e na cobertura da terra, com base na interpretação de imagens de satélite e no conhecimento da ecologia da paisagem, permite desenvolver programas apropriados para preservar a biodiversidade e regular a exploração dos recursos naturais. Devido às mudanças na paisagem natural causadas pelo crescimento da agricultura, as áreas de vegetação nativa têm sido reduzidas e fragmentadas de forma constante. No contexto da paisagem brasileira, a expansão da agricultura em conjunto com o desmatamento são as práticas que mais impactam a utilização e a cobertura da terra, tanto em termos de dimensão quanto de consequências ambientais. Os remanescentes de vegetação nativa nos ambientes naturais se destacam por possuírem alta diversidade biológica e por demonstrarem grande importância global a partir da ampla gama de serviços ecossistêmicos prestados, tais como a conservação dos recursos hídricos, regulação climática, polinização e regulação de pragas e doenças. No entanto, desde 1985, até atualmente, para suprir demandas de bens e serviços à população humana, as atividades antrópicas vêm sendo cada vez mais recorrentes, gerando pressões nas áreas de remanescentes de vegetação nativa. Para o desenvolvimento do seguinte capítulo, foi conduzida uma análise da dinâmica temporal (1985 - 2020) da configuração da vegetação nativa na paisagem brasileira, a partir do cálculo de métricas de paisagem. O estudo objetivou explorar o efeito das mudanças espaço temporais da vegetação nativa entre 1985 e 2020 nas métricas de paisagem nos diferentes biomas brasileiros. Em relação ao estudo da estrutura da paisagem a partir das métricas calculadas, destaque para a perda em área total e área média dos fragmentos, além do ganho em número e em densidade de fragmentos, o que evidenciou a maior fragmentação da paisagem. O estudo se revelou efetivo para avaliar a dinâmica da vegetação nativa em todo o país. Além disso, há potencial para aprimoramentos futuros, visando a continuidade do monitoramento e da avaliação da configuração espacial da paisagem, para melhor compreensão de suas evoluções e impactos ambientais. Diante desse cenário, é fundamental que políticas públicas

eficazes para a redução da perda de vegetação nativa devem, portanto, agir nas causas subjacentes da expansão da pecuária reduzindo a força dos processos que produzam a sua expansão na fronteira do desmatamento, garantindo que o fomento da compensação dos passivos alcance também outros domínios em questão nacional.

Palavras-chave: Métricas de paisagem. Vegetação nativa, Fragmentação; Uso e ocupação da terra.

CHAPTER 2: Landscape changes at scales of rural properties and protected areas in Brazil.

ABSTRACT

The analysis of the evolution of land use and land cover changes, based on satellite image interpretation and knowledge of landscape ecology, allows for the development of appropriate programs to preserve biodiversity and regulate the exploitation of natural resources. Due to changes in the natural landscape caused by agricultural growth, areas of native vegetation have been constantly reduced and fragmented. In the Brazilian landscape context, agriculture expansion combined with deforestation are the practices that most impact land use and land cover, both in terms of size and environmental consequences. Remaining natural vegetation in natural environments stands out for its high biological diversity and global importance, due to the wide range of ecosystem services provided, such as conservation of water resources, climate regulation, pollination, and pest and disease regulation. However, since 1985, to meet demands for goods and services for the human population, anthropogenic activities have been increasingly frequent, generating pressures on areas of native vegetation remnants. For the development of the following chapter, an analysis of the temporal dynamics (1985-2020) of the native vegetation configuration in the Brazilian landscape was conducted, based on landscape metrics calculation. The study aimed to explore the effect of spatiotemporal changes in native vegetation between 1985 and 2020 on landscape metrics in different Brazilian biomes. Regarding the study of landscape structure from the calculated metrics, there was a highlight on the loss in total area and mean area of fragments, as well as the gain in number and density of fragments, which evidenced the greater fragmentation of the landscape. The study proved effective in evaluating the dynamics of native vegetation across the country. Additionally, there is potential for future improvements aimed at the continuity of monitoring and evaluation of landscape spatial configuration, for better understanding of its evolutions and environmental impacts. Given this scenario, effective public policies to reduce the loss of native vegetation must act on the underlying causes of livestock expansion, reducing the force of processes that produce its expansion on the deforestation frontier,

ensuring that the promotion of passives compensation also reaches other national domains.

Keywords: Landscape metrics. Native vegetation. Fragmentation. Land use and cover.

1. INTRODUÇÃO

As paisagens naturais, assim como sua biodiversidade exercem importante papel na regulação dos ecossistemas. Portanto, a conservação das áreas de vegetação nativa é essencial para evitar a perda dos serviços ecossistêmicos que fornecem. Por exemplo, os ecossistemas naturais e também contribuem na atenuação dos efeitos das mudanças climáticas (CANADELL & RAUPACH, 2008). Alterações na cobertura da terra e conseqüente transformações das paisagens naturais acarretadas pela alta demanda por alimentos, fibras e energia afetam diretamente a provisão de serviços ecossistêmicos. Demanda essa, capaz de converter extensas áreas naturais em áreas de produção agrícola (FOLEY et al., 2005). Embora haja interdependência entre a gestão dos sistemas de produção e a prestação de serviços ecológicos, principalmente nos países tropicais, existem conflitos significativos em relação ao uso sustentável da terra. No Brasil, uma das principais razões para elevadas taxas de desmatamento é o aumento da conversão de extensas áreas de vegetação nativa, principalmente nas classes de florestas e savanas, em áreas de sistemas agropecuários (GIBBS et al., 2010; HANSEN et al., 2010).

A cobertura de vegetação nativa brasileira possui grande potencial para o fornecimento de serviços ecossistêmicos benéficos para a conservação dos recursos hídricos, regulação climática, polinização e reprodução de espécies, e regulação de doenças e pragas agrícolas (PASCUAL et al., 2017). No entanto, os ecossistemas naturais estão ameaçados pela expansão agropecuária, o que pode afetar recursos hídricos e solo, por exemplo (SILVA & BATES, 2009; BALLESTER et al., 2013; DEEGAN et al., 2011; LEVY et al., 2018). O Brasil é um dos principais países no mundo em relação a estoque de carbono (HANSEN et al., 2013; ZARIN et al., 2016) e detém mais de 10% das espécies conhecidas (LEWINSOHN & PRADO, 2005). Mesmo assim, o Brasil possui a maior taxa de perda líquida de florestas (CANTON, 2021).

As métricas da paisagem são amplamente utilizadas como indicadores de biodiversidade e têm sido empregadas em diferentes etapas do planejamento em conservação (SCHINDLER et al., 2013). Diversos estudos foram conduzidos para quantificar a fragmentação da paisagem por meio dessas métricas (PANG et al., 2010; PHAM et al., 2011; SILVA et al., 2013; COELHO et al., 2014). Um estudo detalhado realizado por Coelho et al. (2014) utilizou métricas de paisagem para analisar a

dinâmica do uso e ocupação da terra na bacia do riacho São Paulo em Pernambuco, no período de 1991 a 2010. Os resultados demonstraram que a paisagem predominante de vegetação nativa foi sendo substituída por uma paisagem cada vez mais heterogênea e fragmentada, em decorrência do rápido crescimento de áreas de pastagem e agricultura.

A fragmentação da paisagem é um dos principais efeitos negativos do desmatamento, representando uma ameaça grave à conservação dos ecossistemas (MORAIS, 2019). Os fragmentos de vegetação isolados gerados pela fragmentação da paisagem podem alterar a dinâmica ambiental e as relações ecológicas entre as populações de fauna, flora e o meio abiótico, afetando negativamente o funcionamento biológico da paisagem florestal. Diante disso, a gestão das paisagens florestais fragmentadas é um desafio para a implantação de programas de manejo e manutenção dos ecossistemas naturais remanescentes. Além disso, é necessário empregar essas técnicas para avaliar a dinâmica de alterações do uso e cobertura da terra em áreas que ainda possuem grandes manchas de remanescentes de vegetação nativa do bioma.

A preservação da biodiversidade e da paisagem é uma questão cada vez mais relevante na sociedade atual. A alteração da cobertura vegetal é uma das maiores ameaças à biodiversidade e às funções dos ecossistemas. No Brasil, os biomas são áreas de grande importância ecológica, já que abrigam uma grande quantidade de espécies animais e vegetais. No entanto, a expansão humana, a urbanização, a agricultura e outras atividades antrópicas têm causado uma intensa fragmentação da paisagem e uma redução significativa dessas áreas. É importante destacar que essas alterações podem afetar não apenas a biodiversidade, mas também outros serviços ecossistêmicos, como a regulação do clima e a proteção contra enchentes.

No estudo da dinâmica da paisagem, o geoprocessamento se mostra uma ferramenta útil, que facilita a aquisição de diversas informações espaciais necessárias à compreensão dessa dinâmica, como por exemplo, a mensuração de áreas e a estimativa de índices de paisagem, gerados por métricas de paisagem (MOREIRA, 2011; LANG & BLASCHKE, 2009). De acordo com Carrão et al. (2001), as métricas (ou indicadores) de paisagem auxiliam na compreensão da complexa estrutura da paisagem, e a maneira como ela influencia em certas relações ecológicas. Tais métricas foram e continuam sendo criadas para descrever padrões espaciais,

baseando-se em dados temáticos obtidos por geoprocessamento e sensoriamento remoto. Portanto, essas ferramentas são de extrema importância como fonte para tomada de decisões.

Portanto, este estudo objetivou explorar o efeito das mudanças espaço temporais da vegetação nativa entre 1985 e 2020 nas métricas de paisagem nos diferentes biomas brasileiros.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

Brasil possui uma área de 8,51 Mkm² e este estudo abrangeu todos os biomas brasileiros: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, cada um com o seu histórico, sua abrangência e especificidades fisionômicas ao longo do território.

O bioma Amazônia é o maior do Brasil, ocupando cerca de 49,29% do território nacional com 4,19 Mkm², caracterizada como uma floresta de porte alto, estimada como a maior reserva de madeira tropical no planeta. A bacia hidrográfica amazônica também se destaca, tendo como rio principal o Amazonas, por ser a maior do mundo, tendo 1.100 afluentes e cobrindo cerca de 6 Mkm² (MMA, 2022).

O Cerrado é o segundo maior bioma da América do Sul e ocupa uma área de 2,03 Mkm², aproximadamente 22% do território brasileiro (MMA, 2018), abrangendo as regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste. É formado pelas fisionomias de vegetação classificadas como Campo Limpo, Campo Sujo, Campo Rupestre, Cerrado, Cerradão, Matas Secas e Veredas (MMA, 2022).

A Caatinga ocupa aproximadamente 11% do território brasileiro, ocupando aproximadamente uma área de 844,5 mil km², compreendendo parte significativa da região Nordeste e parte inferior ao norte do Sudeste (MMA, 2022a). No que diz respeito a características da vegetação, é associada a ambientes com baixa disponibilidade hídrica, classificada como: Floresta Subcaducifólia, Floresta Caducifólia, Caatinga Hipoxerófila e Caatinga Hiperxerófila (JESUS et al., 2020).

O bioma Mata Atlântica abrange quase toda a faixa continental Atlântica leste do Brasil e ocupava. Sua vegetação é formada por Floresta Ombrófila Densa; Floresta

Omrófila Mista; Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual, além dos ecossistemas associados a essas classes (manguezais, vegetação de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste) (MMA, 2022).

O Pampa é um bioma de campos típico da zona temperada da América do Sul, estando na região Sul do Brasil e restrita ao estado do Rio Grande do Sul, ocupando 178,24 mil km², correspondendo a 2,07% do território nacional (MMA, 2022). É caracterizado pelo predomínio da fisionomia vegetal campestre e ocorre sobre uma porção de terras do sul do Brasil se estendendo até o Uruguai e Argentina. Devido à sua grande diversidade biológica, os campos desse bioma são considerados como área de extrema importância biológica para a conservação da fauna e flora (MENGUE et al., 2018). A vegetação predominante é a campestre com arbustos escassos e formações de árvores. Os campos podem ser considerados pastagens naturais, favorecendo a produção pecuária extensiva (PALAZZI, 2018).

O bioma Pantanal, apesar de ser o de menor extensão no Brasil, é considerado uma das maiores extensões úmidas contínuas do planeta, ocupando 1,76% da área total do território. A região sofre influência direta de outros três biomas brasileiros, é uma planície aluvial influenciada por rios que drenam a bacia do Alto Paraguai, e pela área do Pantanal localizada no norte do Paraguai e leste da Bolívia (JESUS et al., 2020).

2.2. ANÁLISE DA DINÂMICA DA VEGETAÇÃO NATIVA NA PAISAGEM BRASILEIRA

Com o objetivo de especificar a dinâmica da paisagem para o período em questão no estudo, além dos resultados a nível nacional, é importante apresentá-los e analisá-los à nível de bioma, pois cada um possui suas particularidades. Por isso, a avaliação da dinâmica da composição e estrutura da paisagem do Brasil foi realizada em cada bioma separadamente. Foram calculadas métricas da paisagem capazes de descrever a composição e configuração da paisagem utilizando os mapas reclassificados de cobertura e uso do solo dos anos de 1985 e 2020 do projeto MapBiomias. As classes consideradas para a reclassificação de cobertura nativa foram: Formação Florestal, Formação Savânica, Mangue, Restinga Arborizada, Campo Alagado e Área Pantanosa, Formação Campestre e Apicum.

Entre diversas métricas existentes, foram utilizadas métricas de área e de agregação, pois é necessário saber o quanto de uma classe existe e varia ao longo do tempo, para uma melhor interpretação da vegetação nativa. No estudo, as métricas selecionadas foram: área total da classe, área média dos fragmentos, índice de forma, número de fragmentos e densidade de fragmentos (Tabela 12). Elas foram calculadas utilizando como base os *rasters* contendo informações sobre a classe reclassificada de vegetação nativa no Brasil, classe ilustrada pelos mapas identificados como Figura 1 e Figura 2 no Apêndice B. As métricas de paisagem foram calculadas em nível de classe e usando o algoritmo *landscapemetrics* 1.2.2 (HESSELBARTH et al., 2019) no software R 4.1.2 (R CORE TEAM, 2009). É um pacote do software R utilizado para calcular métricas de paisagem em dados categóricos, ou seja, onde possuem uma classificação de cobertura de terra, por exemplo, em um fluxo de trabalho organizado, e permite cálculos de quatro métricas teóricas de complexidade da paisagem: entropia marginal, entropia condicional, entropia conjunta e informação mútua.

Tabela 15: Métricas de paisagem calculadas no estudo.

Tipo de métrica	Métrica	Sigla	Unidade
Métricas de Área	Área total da paisagem	AT	hectares
	Área média dos fragmentos	AMF	hectares
	Índice de Forma	IFP	-
Métricas de agregação	Número de fragmentos	NF	-
	Densidade de fragmentos	DF	nº/100 hectares

Em relação às métricas de área, a Área Total da Paisagem é uma métrica importante na avaliação da integridade e conservação de paisagens. Ela representa a área total de fragmentos de vegetação nativa presentes em uma determinada região. E a área média dos fragmentos descreve o tamanho médio dos fragmentos de vegetação nativa dentro de uma paisagem, indicando processos de fragmentação.

Dentro das métricas de agregação, o índice de forma da paisagem é descrito como uma métrica importante que permite avaliar o grau de fragmentação dos ecossistemas naturais, a partir da identificação e quantificação de fragmentos de

vegetação. A forma da paisagem é uma medida da regularidade dos contornos dos fragmentos, sendo que valores mais elevados indicam paisagens mais regulares e valores mais baixos indicam paisagens mais irregulares e fragmentadas. Com objetivos semelhantes, o cálculo do número de fragmentos é utilizado para avaliar o grau de fragmentação da paisagem, ou seja, o quanto a cobertura vegetal original foi dividida em pequenos pedaços. A métrica de paisagem denominada densidade de fragmentos mede a quantidade de fragmentos de vegetação nativa presentes em uma determinada área, no caso, representada pelo número de fragmentos por 100 hectares. Essa métrica é importante porque permite uma comparação entre as diferentes regiões, biomas e épocas, permitindo uma visão sobre a evolução da paisagem ao longo do tempo.

3. RESULTADOS

3.1 DINÂMICA DAS MÉTRICAS DA PAISAGEM

3.1.1. ÁREA TOTAL DA PAISAGEM

Em relação a área total da paisagem, o bioma que possui maior representatividade em relação ao território brasileiro é a Amazônia, seguido do Cerrado e Caatinga, como ilustra a Figura 12. Em 1985, a vegetação nativa da Amazônia representava 45,93% da paisagem do território brasileiro, sendo o bioma com maior extensão territorial. Entretanto, em 2020, houve uma redução de 5,31% na sua porcentagem, totalizando 40,62%. Já o Cerrado, que ocupava 15,80% da paisagem em 1985, apresentou uma diminuição de 3,13%, totalizando 12,67% em 2020. De forma similar, o bioma da Caatinga também teve uma redução na sua porcentagem em relação ao território brasileiro, mas em menor proporção que Amazônia e Cerrado, com 0,67%. Já a Mata Atlântica manteve-se praticamente inalterada, com uma pequena redução de 0,19%. Além disso, os biomas do Pantanal e da Pampa tiveram uma pequena variação negativa em suas porcentagens, reduzindo 0,06% e 0,28%, respectivamente.

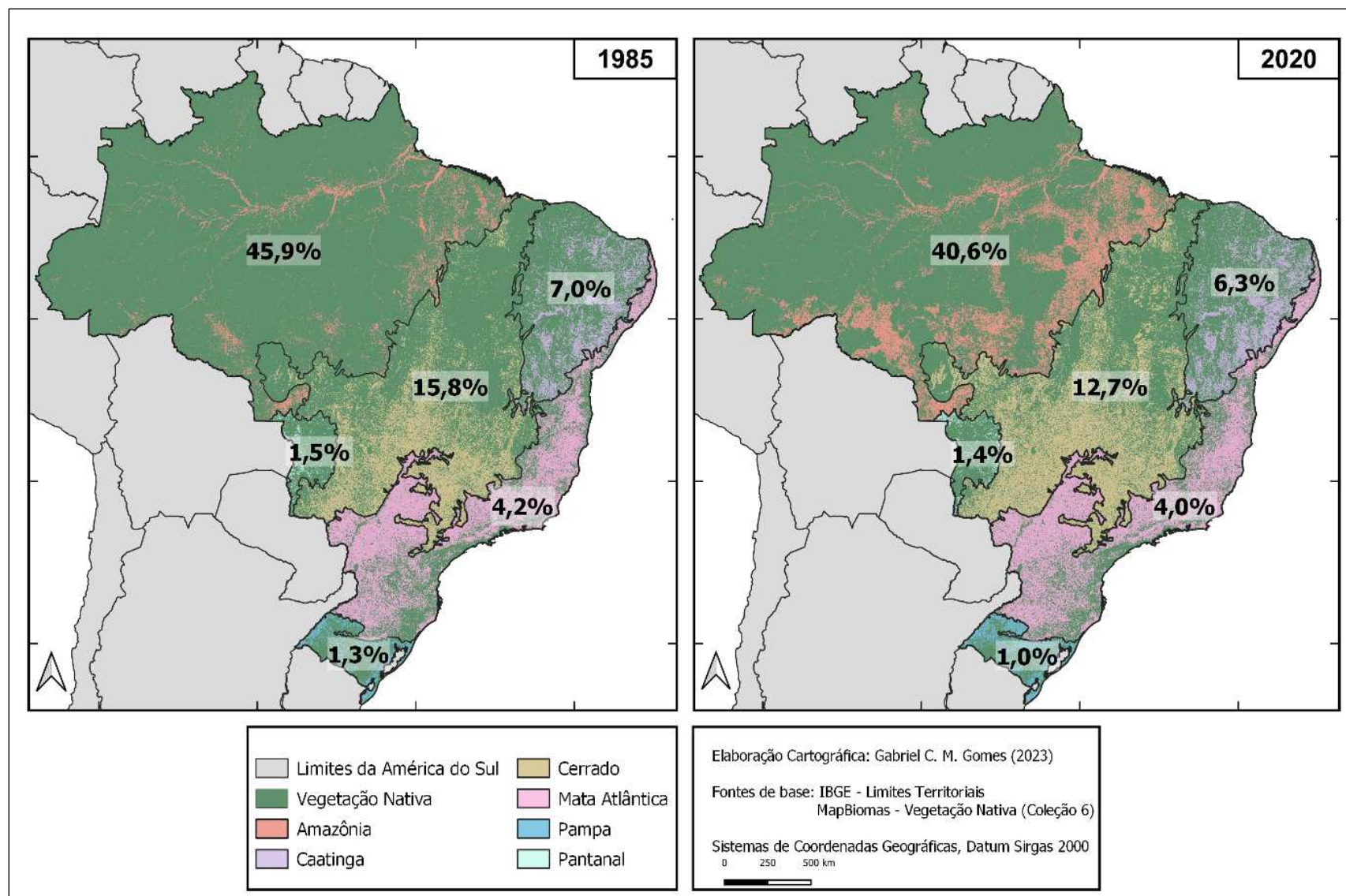


Figura 12: Representatividade das paisagens naturais dos biomas em relação ao território do Brasil.

Em geral, é possível afirmar que houve uma tendência de diminuição nas porcentagens dos biomas Amazônia, Cerrado e Caatinga em relação ao território brasileiro, enquanto os demais biomas apresentaram uma pequena variação ou mantiveram-se inalterados. Tais resultados indicam a importância de se realizar medidas de conservação e proteção dos biomas brasileiros, a fim de preservar a biodiversidade e a riqueza natural do país.

A Figura 13 apresenta a perda em área total de paisagem nos biomas brasileiros entre os anos de 1985 e 2020. Observa-se que todos os biomas apresentaram perda de área total de paisagem no período analisado.

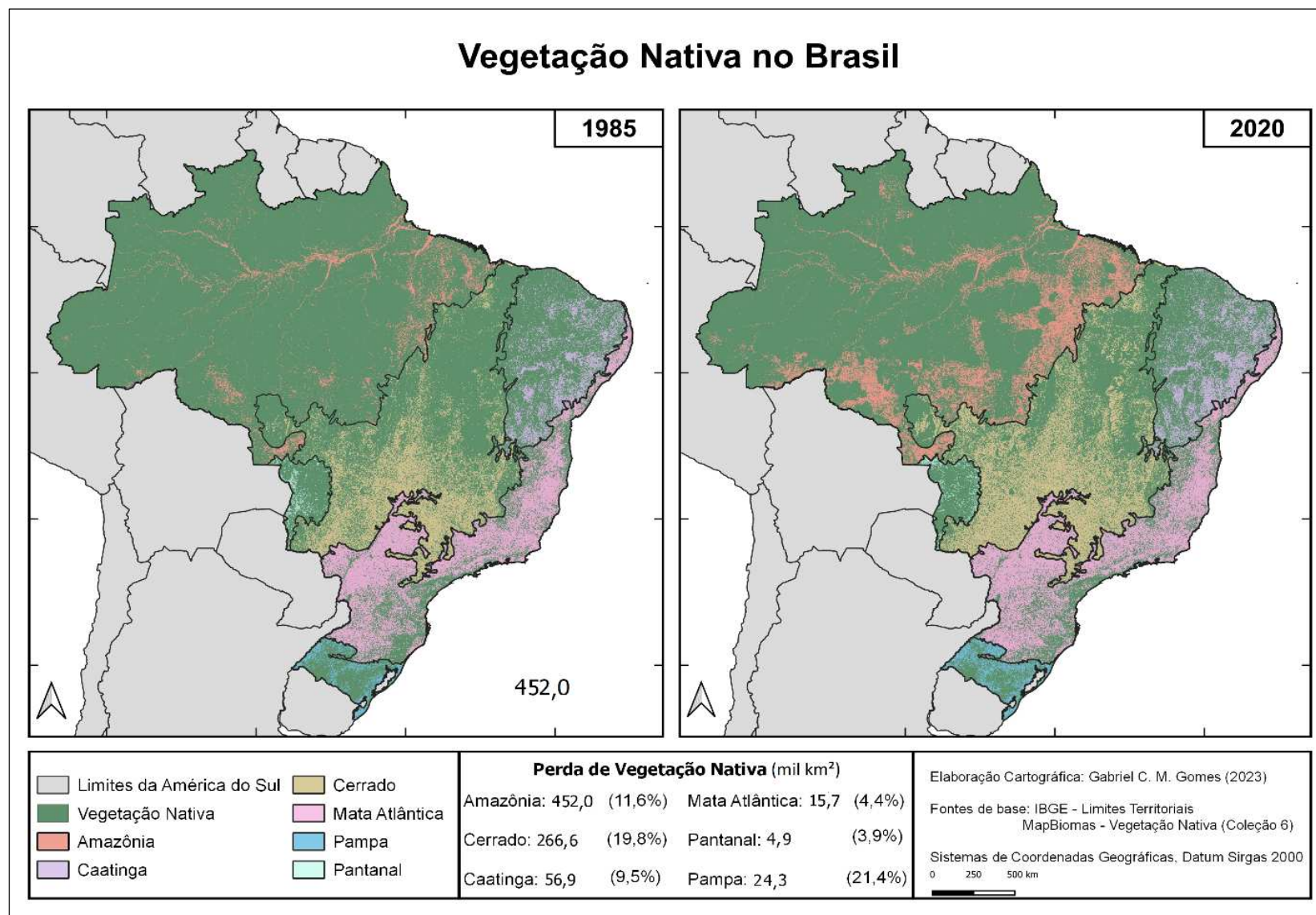


Figura 13: Perda de vegetação nativa no Brasil entre 1985 e 2020 segmentada por biomas.

O bioma com a maior perda percentual em área de paisagem natural foi o Pampa, com uma redução de 21,4% entre 1985 e 2020. Isso pode ser explicado pelo fato de que o Pampa é um bioma bastante fragmentado, com muitas áreas sendo transformadas em pastagens e plantações, o que leva à perda de habitat natural de muitas espécies animais e vegetais. O Pampa é formado por vegetação rasteira e a transformação desta vegetação nativa em áreas agrícolas é de certa forma mais fácil que o desmate de uma floresta tropical. Em seguida, temos o Cerrado, com uma perda de 19,8% da área total de paisagem no mesmo período. O Cerrado é um dos biomas mais ameaçados do Brasil e sofre intensa pressão antrópica, principalmente devido à expansão agropecuária e de mineração, resultando no decréscimo de 266,6 mil km² durante o período de estudo.

A Caatinga, por sua vez, apresentou uma perda de 9,5% da área total de paisagem entre 1985 e 2020. Esse bioma é conhecido pela sua riqueza em biodiversidade e endemismo, sendo considerado um dos biomas mais vulneráveis do Brasil, sendo o terceiro bioma mais afetado, em área, pelas mudanças antrópicas. A perda total no bioma foi de 56,9 mil km². A Mata Atlântica e o Pantanal apresentaram as menores perdas em área total de paisagem, com 4,4% e 3,9%, respectivamente. No entanto, deve-se ressaltar que esses biomas já sofreram intensa degradação e fragmentação no passado, o que torna a manutenção da sua biodiversidade um desafio constante. Por fim, a Amazônia apresentou a maior perda em área total (452 mil km²), correspondente a 11,56% da área presente em 1985. Esse resultado é preocupante, uma vez que a Amazônia é considerada um dos biomas mais importantes do mundo em termos de biodiversidade e regulação climática global. A intensa exploração madeireira e a expansão de atividades agropecuárias são as principais causas dessa perda de área total de paisagem. Em resumo, a perda em área total de paisagem nos biomas brasileiros é um problema grave e que deve ser enfrentado com políticas públicas efetivas que visem à conservação da biodiversidade e à promoção do desenvolvimento sustentável.

A Figura 14 apresenta a representatividade da área total da paisagem em relação ao território de cada bioma no Brasil nos anos de 1985 e 2020. É possível observar que todos os biomas apresentam uma redução na representatividade da sua área total de paisagem em relação ao seu território. No caso do bioma Pantanal, a representatividade passou de 83,79% em 1985 para 80,50% em 2020, o que indica

uma perda de aproximadamente 3,29% na área total da paisagem. Já no bioma Pampa, a queda foi ainda mais significativa, com uma redução de 64,30% em 1985 para 50,51% em 2020, uma perda de 13,79%.

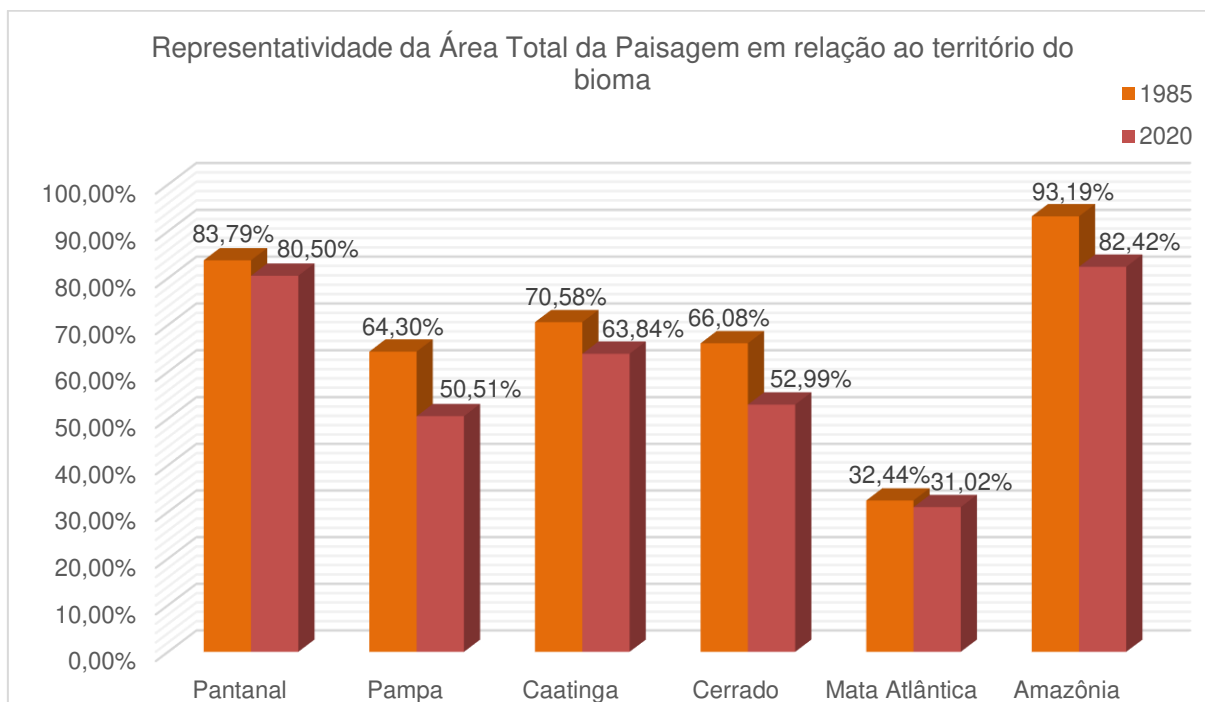


Figura 14: Porcentagem da Área Total da Paisagem em relação ao território do bioma.

A Caatinga também apresentou uma redução na representatividade, com uma queda de 70,58% em 1985 para 63,84% em 2020. O bioma Cerrado também teve uma perda considerável, passando de 66,08% em 1985 para 52,99% em 2020.

A Mata Atlântica e a Amazônia foram os biomas que apresentaram as menores reduções na representatividade da área total de paisagem em relação ao seu território. A Mata Atlântica passou de 32,44% em 1985 para 31,02% em 2020, uma redução de 1,42%. Já a Amazônia teve uma queda de 93,19% em 1985 para 82,42% em 2020, uma perda de 10,77%.

Em geral, os resultados apresentados na figura 14 indicam uma perda significativa na representatividade da área total de paisagem em relação ao território dos biomas no Brasil. Isso pode ser resultado de diversos fatores, incluindo o desmatamento, a urbanização e a expansão agrícola.

3.1.2. ÁREA MÉDIA DOS FRAGMENTOS

A Figura 15 apresenta a área média dos fragmentos de seis biomas brasileiros: Pantanal, Pampa, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia. Em 1985, a Amazônia apresentava a maior área média de fragmentos, com 1.935,79 hectares. Já o bioma com a menor área média de fragmentos era a Mata Atlântica, com apenas 27,36 hectares.

Ao compararmos os dados de 1985 com os de 2020, notamos uma tendência geral de diminuição da área média dos fragmentos em todos os biomas, exceto no Pantanal. No caso da Amazônia, houve uma queda significativa, passando de 1.935,79 hectares para 687,36 hectares, o que representa uma redução de 64,65%. Já no Pantanal, a área média dos fragmentos diminuiu ligeiramente, passando de 252,11 hectares para 227,78 hectares, o que representa uma variação de 9,33%.

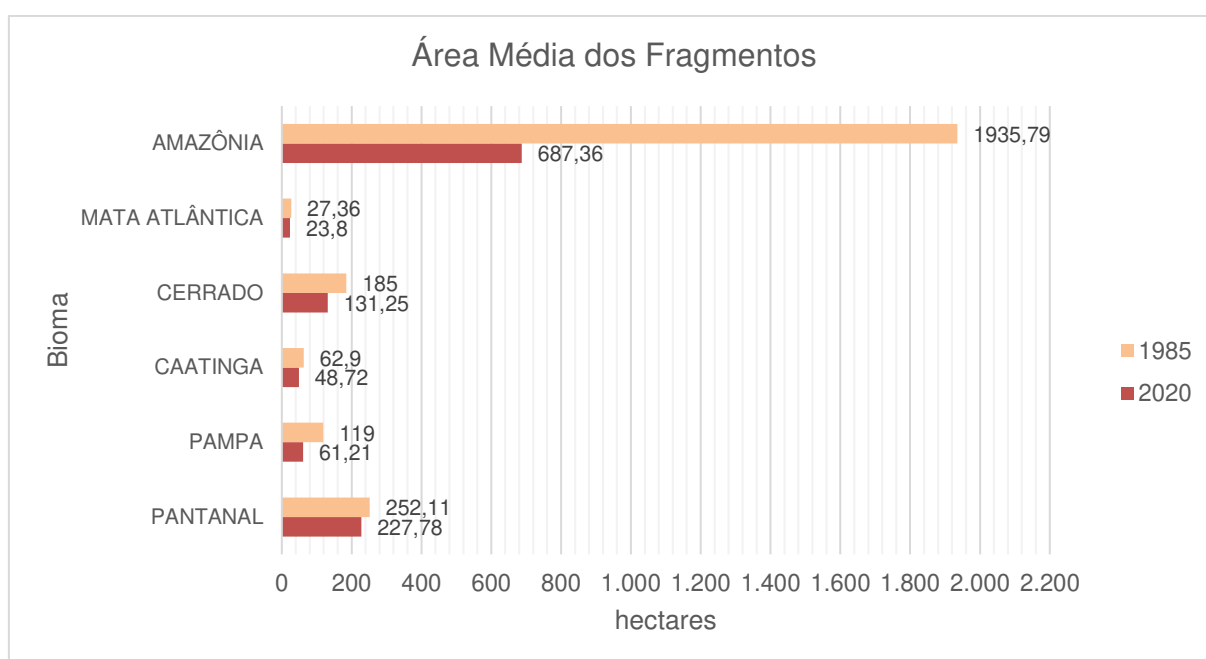


Figura 15: Área Média dos Fragmentos de vegetação nativa nos anos de 1985 e 2020 em cada bioma do Brasil.

Os resultados apresentados na tabela indicam que, em geral, houve uma redução da área média dos fragmentos em todos os biomas brasileiros, com exceção do Pantanal. Essa tendência pode ser explicada pelo processo de desmatamento, que tem sido intensificado ao longo dos anos, levando a uma fragmentação das florestas e a um aumento na quantidade de fragmentos.

3.1.3. NÚMERO DE FRAGMENTOS

Uma forma de avaliar a dinâmica na composição e estrutura da paisagem é medir a quantidade de fragmentos de habitats naturais existentes em cada bioma. Neste sentido, a figura 16 apresentada apresenta informações sobre o número de fragmentos de habitats naturais presentes nos biomas brasileiros em 1985 e 2020.

Em todo o Brasil houve um aumento no número de fragmentos de vegetação nativa na paisagem. Em 1985 o Brasil contava com cerca de 3,3 milhões de fragmentos, passando para pouco mais de 4,0 milhões em 2020

De acordo com a Figura 16 é possível perceber que, entre 1985 e 2020, houve aumento no número de fragmentos em todos os biomas. No caso do Pantanal, houve um aumento de cerca de 3% no número de fragmentos, enquanto na Amazônia houve um aumento de 150% no número de fragmentos.

O aumento em biomas como o Pampa e o Cerrado pode ser atribuído à expansão da agricultura e da pecuária na região, que leva à fragmentação dos habitats naturais e à diminuição da área de florestas nativas. Já o aumento no número de fragmentos na Amazônia pode ser explicado pelo aumento da atividade de exploração madeireira e pela expansão da fronteira agrícola na região.

Além disso, é importante destacar que esse acréscimo pode afetar negativamente a biodiversidade, pois fragmentos menores tendem a ter menor diversidade de espécies, menor nível de resiliência e menor capacidade de suportar perturbações.

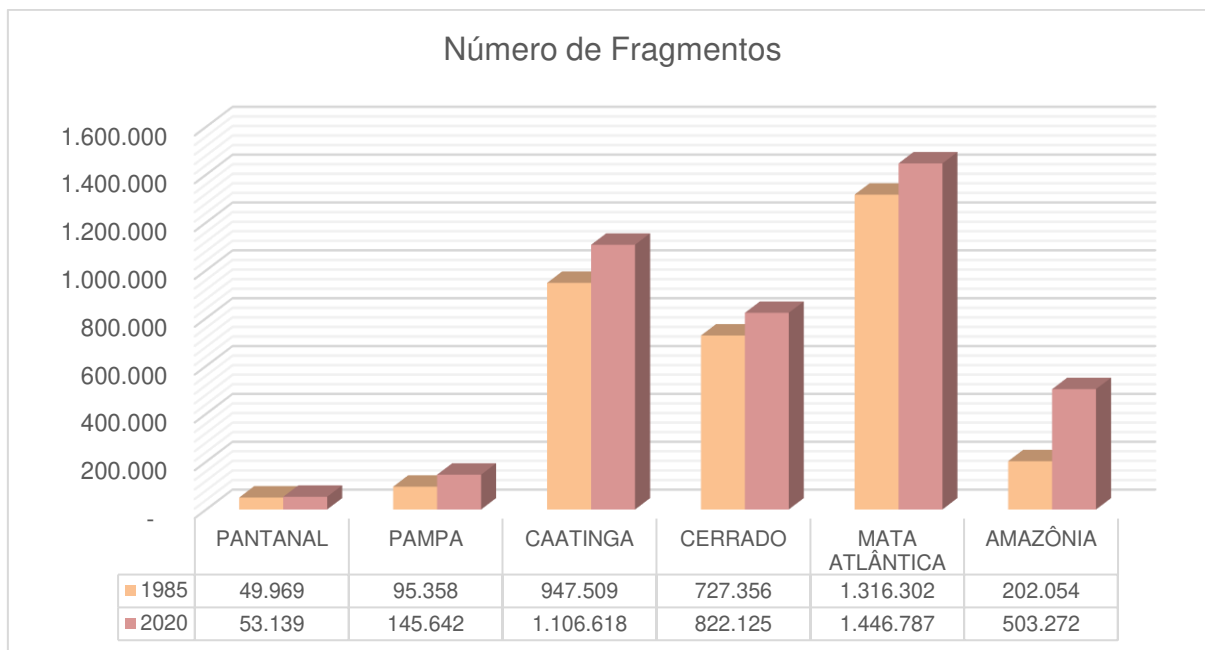


Figura 16: Número de Fragmentos da paisagem brasileira nos anos de 1985 e 2020, separado por biomas.

3.1.4. DENSIDADE DE FRAGMENTOS

A densidade de fragmentos de vegetação nativa, em conjunto com as demais métricas de paisagem, também se torna um indicador importante da situação ecológica dos biomas brasileiros. Esta medida representa a quantidade de fragmentos de vegetação nativa por cada 100 hectares de território. É importante destacar que a perda e fragmentação de habitats naturais é um dos principais fatores de perda de biodiversidade, afetando tanto a quantidade como a qualidade da diversidade biológica.

A Figura 17 apresenta a densidade de fragmentos de vegetação nativa nos biomas brasileiros, comparando os dados de 1985 com os de 2020. De acordo com os dados, pode-se observar que em geral houve um aumento na densidade de fragmentos de vegetação nativa nos biomas brasileiros.

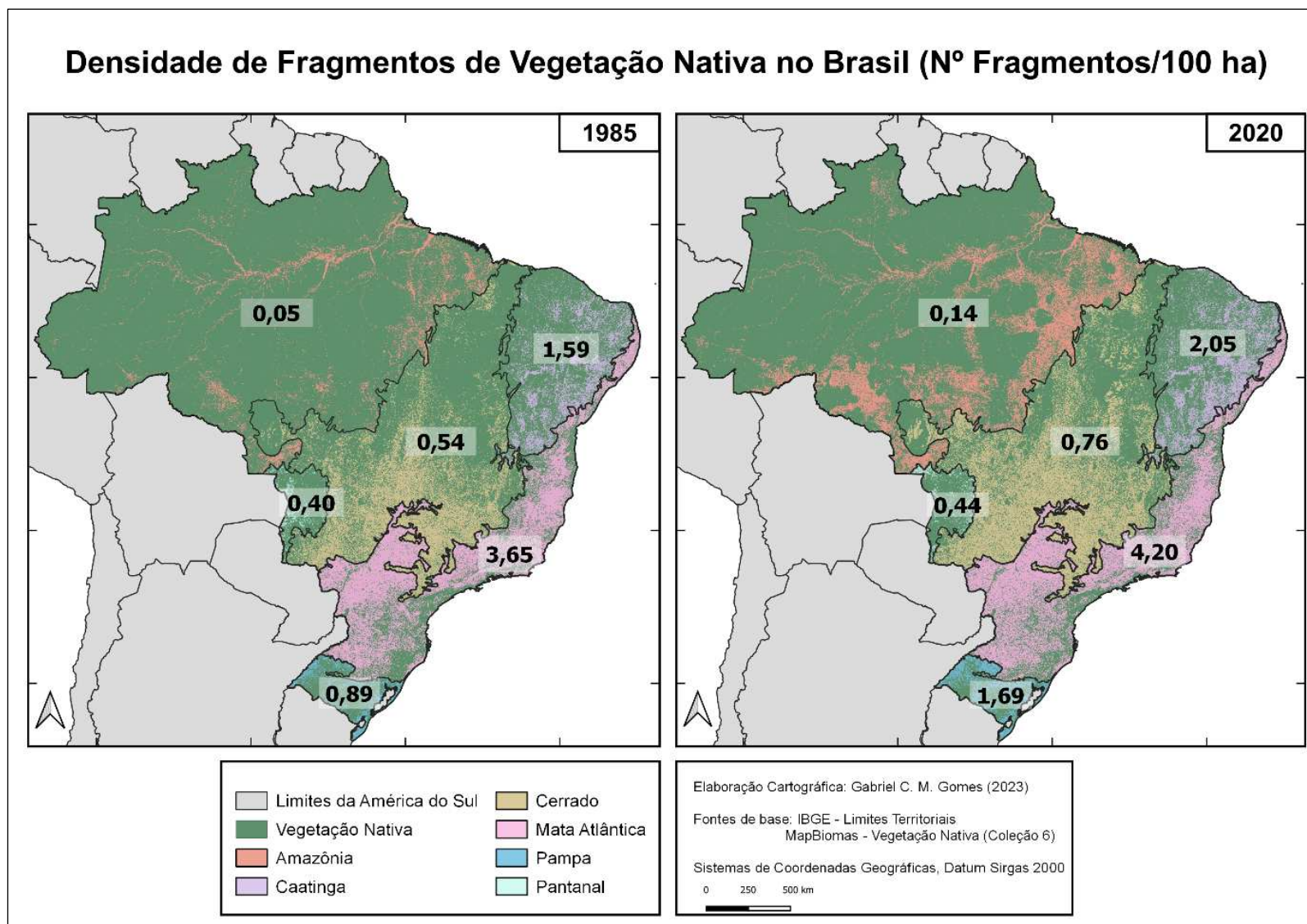


Figura 17: Densidade de Fragmentos de vegetação nativa no Brasil (nº de fragmentos/100ha).

No bioma Pantanal, por exemplo, a densidade aumentou de 0,40 para 0,44 fragmentos por 100 hectares entre 1985 e 2020. Já na Pampa, a densidade aumentou consideravelmente, passando de 0,89 para 1,69 fragmentos por 100 hectares no mesmo período. Na Caatinga, a densidade de fragmentos de vegetação nativa também apresentou um aumento significativo, passando de 1,59 para 2,05 fragmentos por 100 hectares entre 1985 e 2020.

A Amazônia, apesar de sua baixa densidade de fragmentos, também apresentou um aumento significativo, passando de 0,05 para 0,14 fragmentos por 100 hectares entre 1985 e 2020. A região é conhecida por abrigar uma grande diversidade de espécies e é considerada uma das florestas mais importantes do mundo. Por isso, é crucial que sejam implementadas medidas eficazes de conservação para preservar a biodiversidade neste bioma.

3.1.5. ÍNDICE DE FORMA DA PAISAGEM

O Índice de Forma da Paisagem é uma métrica amplamente utilizada na análise de paisagem para avaliar a configuração da cobertura vegetal e a fragmentação da superfície terrestre. Este índice é baseado na relação entre a área e o perímetro de cada fragmento de cobertura vegetal em uma paisagem, ou seja, quanto mais circular ou regular é a paisagem, menor será o índice de forma da paisagem.

A análise do Índice de Forma da Paisagem é uma ferramenta valiosa para avaliar a integridade e a biodiversidade da paisagem, uma vez que ele permite a identificação de padrões de fragmentação e sua relação com a distribuição de espécies. Em outras palavras, quanto menor for o Índice de Forma da Paisagem, maior será a integridade e a diversidade da paisagem. Aplicando este conceito aos biomas brasileiros, é possível avaliar a representatividade e a conservação de cada bioma. Por exemplo, biomas como o Pantanal e Pampa, que possuem Índice de Forma da Paisagem menores, indicam maior integridade e diversidade da paisagem. Por outro lado, biomas como o Mata Atlântica, Caatinga e o Cerrado apresentam Índice de Forma da Paisagem maiores, indicando menor integridade e diversidade da paisagem. Os resultados para cada bioma estão evidenciados na Figura 18. Em relação à Mata Atlântica, como houve uma redução na área média dos fragmentos, que era a menor em relação aos outros biomas, associado ao aumento do número de

fragmentos, é possível inferir o porquê ela se enquadra como o bioma detentor dos valores mais elevados de índice de forma.

No Pantanal, houve uma diminuição na regularidade da paisagem, indicado pelo aumento do índice de forma da paisagem, de 244,93 em 1985 para 256,35 em 2020. Já na Pampa, o aumento foi pouco mais significativo, elevando de 400,06 em 1985 para 518,29 em 2020.

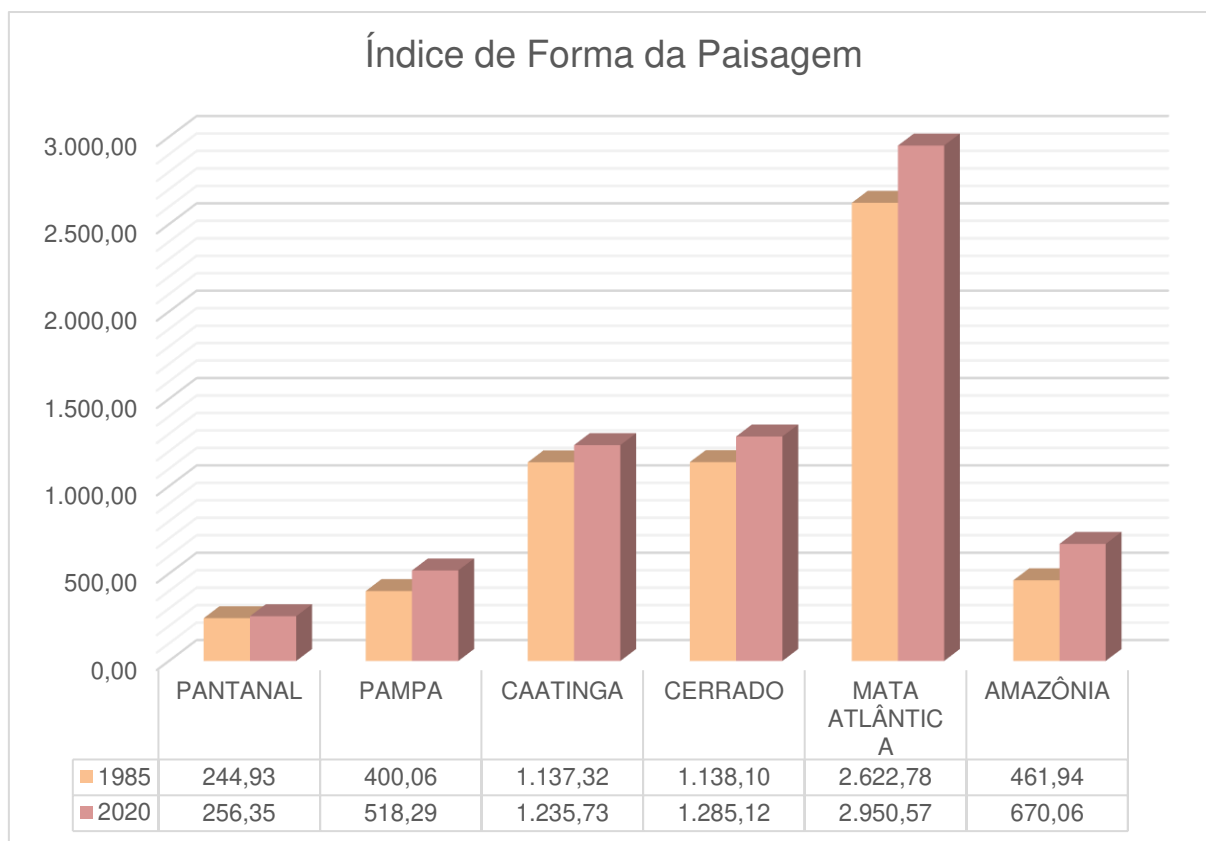


Figura 18: Índice de Forma da paisagem brasileira nos anos de 1985 e 2020, separado por biomas.

Na Caatinga, houve também um aumento da complexidade da paisagem, com o índice de forma da paisagem passando de 1.137,32 em 1985 para 1.235,73 em 2020. No Cerrado, houve uma tendência semelhante, com um aumento do índice de forma da paisagem, de 1.138,10 em 1985 para 1.285,12 em 2020.

Na Mata Atlântica, bioma com maior complexidade na forma dos fragmentos, também ocorreu aumento do índice de forma da paisagem, de 2.622,78 em 1985 para 2.950,57 em 2020. Na Amazônia, houve também um aumento na regularidade da paisagem, com o índice de forma da paisagem passando de 461,94 em 1985 para 670,06 em 2020.

3.2. ALTERAÇÕES NA PAISAGEM BRASILEIRA DE ACORDO COM O TAMANHO DOS FRAGMENTOS

Os resultados deste estudo indicam que ocorreu perda de vegetação nas diferentes extensões dos fragmentos do país (Tabela 13). Em decorrência das altas taxas de degradação, fica explícito o aumento de área vegetativa em fragmentos de menores dimensões e de elevada perda em área nos fragmentos de maiores extensões, acima de 1 milhão de hectares, contabilizando uma perda de 17,39%. Enquanto nos fragmentos menores que 1 milhão de hectares, houve um ganho médio de cerca de 45%. E no total, o Brasil perdeu 809,1 mil km² de vegetação nativa no período, perda equivalente a 12,48% da área presente no ano de 1985.

Tabela 16: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 no Brasil.

Tamanho dos Fragmentos (km ²)	1985	2020	Variação (km ²)	Variação (%)
	Área (km ²)	Área (km ²)		
< 10	252.864,71	356.779,71	103.915,00	41,10%
10 a 100	90.414,83	134.307,88	43.893,05	48,55%
100 a 1.000	83.649,69	112.811,93	29.162,24	34,86%
1.000 a 10.000	101.312,94	150.285,61	48.972,67	48,34%
> 10.000	5.953.753,69	4.918.667,90	-1.035.085,79	-17,39%
TOTAL	6.481.995,86	5.672.853,03	-809.142,83	-12,48%

Por ser um país muito extenso, são muitos os fatores e especificidades de cada região que podem influenciar no processo de degradação ambiental. A separação dos dados por biomas facilita a análise e interpretação das causas e efeitos dos processos em questão. Dessa forma, com o objetivo de evidenciar os resultados de forma mais específica, os produtos segmentados por biomas são apresentados nas tabelas e mapas a seguir, indicando perdas e ganhos das áreas dos fragmentos para os dois períodos extremos.

No período em questão, de 1985 a 2020, a maior porção de vegetação nativa foi composta por fragmentos maiores que 10 mil km², seguido por fragmentos com área de 1000 km² até 10 mil km². Confirmando o processo de desmatamento e fragmentação ocorrido no Brasil durante o período, no geral, a perda ocorreu apenas

em fragmentos maiores que 10 mil km², ocorrendo ganho de área de vegetação nativa nos fragmentos de menor extensão. Em área, a perda nos fragmentos maiores que 10 mil km² foi de 4,93 mil km², correspondente a 7,84%. Já nos demais intervalos de extensões de fragmentos, o ganho conjunto em hectares foi de 4,41 mil km², uma média de 133,42%.

Tabela 17: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 no Pantanal.

Tamanho dos Fragmentos Pantanal (km²)	1985 Área (km²)	2020 Área (km²)	Varição (km²)	Varição (%)
< 10	1.780,22	2.731,52	951,3	53,44%
10 a 100	518,74	1.625,76	1.107,02	213,41%
100 a 1.000	348,63	1.948,86	1.600,23	459,01%
1.000 a 10.000	4.041,58	4.792,46	750,88	18,58%
> 10.000	119.287,98	109.940,96	-9.347,02	-7,84%
TOTAL	125.977,15	121.039,56	-4.937,59	-3,92%

Os mapas que ilustram a métrica de área da paisagem segmentada pelos diferentes tamanhos de fragmentos estão apresentados nas figuras 19 e 20 a seguir, evidenciando uma maior perda nas regiões periféricas do bioma.

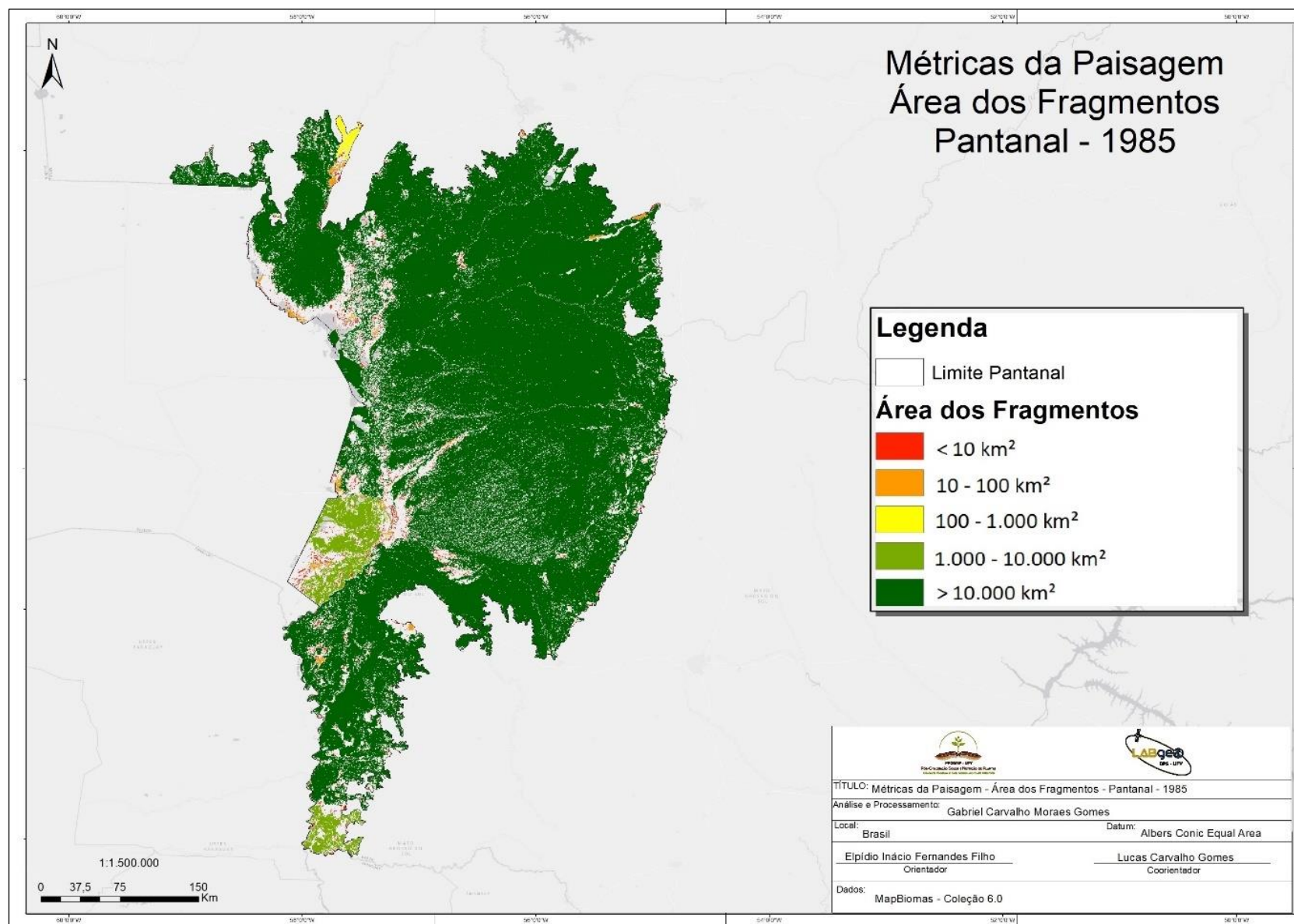


Figura 19: Métrica de área dos fragmentos na paisagem do Pantanal em 1985.

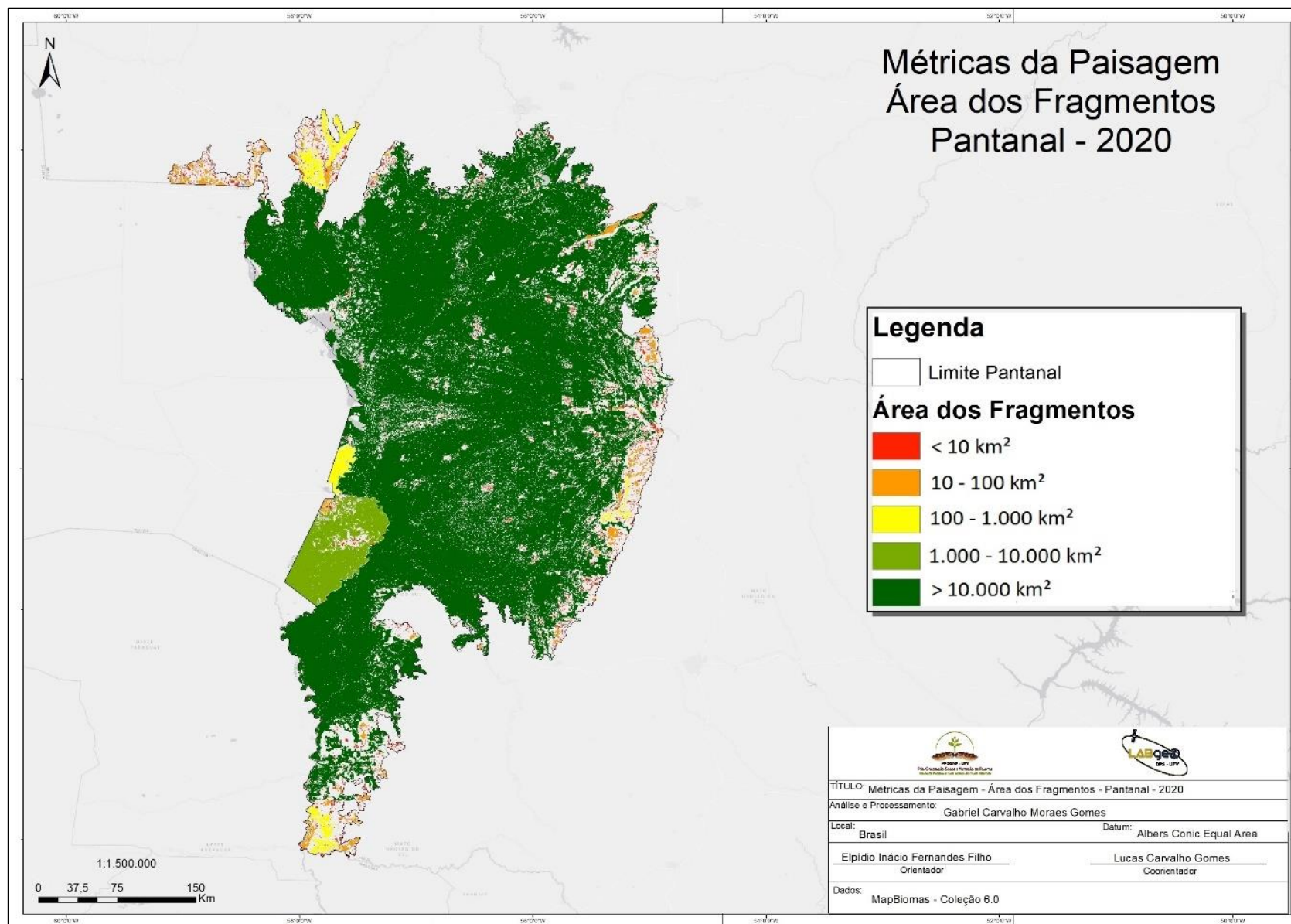


Figura 20: Métrica de área dos fragmentos na paisagem do Pantanal em 2020

A tabela 15 a seguir evidencia que a perda de vegetação no bioma Pampa ocorreu em nos intervalos de tamanhos de fragmentos superiores a 100 km², totalizando uma perda de 28 mil km², sendo que a maior parte ocorreu nos fragmentos maiores que 10 mil km². Por outro lado, nos fragmentos menores que 100 km² houve um ganho de 3,9 mil km². Um aumento de 45,49% na área total dos fragmentos de até 10 km² em relação a 1985 e 33,37% nos fragmentos de 10 a 100 km², relacionado principalmente ao aumento do número de fragmentos de menor extensão ocasionado pelo processo de desmatamento no histórico da região.

Tabela 18: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 no Pampa.

Tamanho dos Fragmentos Pampa (km²)	1985 Área (km²)	2020 Área (km²)	Variação (km²)	Variação (%)
< 10	6.461,75	9.401,48	2.939,73	45,49%
10 a 100	3.138,03	4.185,16	1.047,13	33,37%
100 a 1.000	4.871,19	4.225,45	-645,74	-13,26%
1.000 a 10.000	3.303,45	3.088,60	-214,85	-6,50%
> 10.000	95.706,76	68.243,60	-27.463,16	-28,70%
TOTAL	113.481,18	89.144,29	-24.336,89	-21,45%

As Figuras 21 e 22 ilustram a transformação da paisagem do Pampa no período de 1985 a 2020.

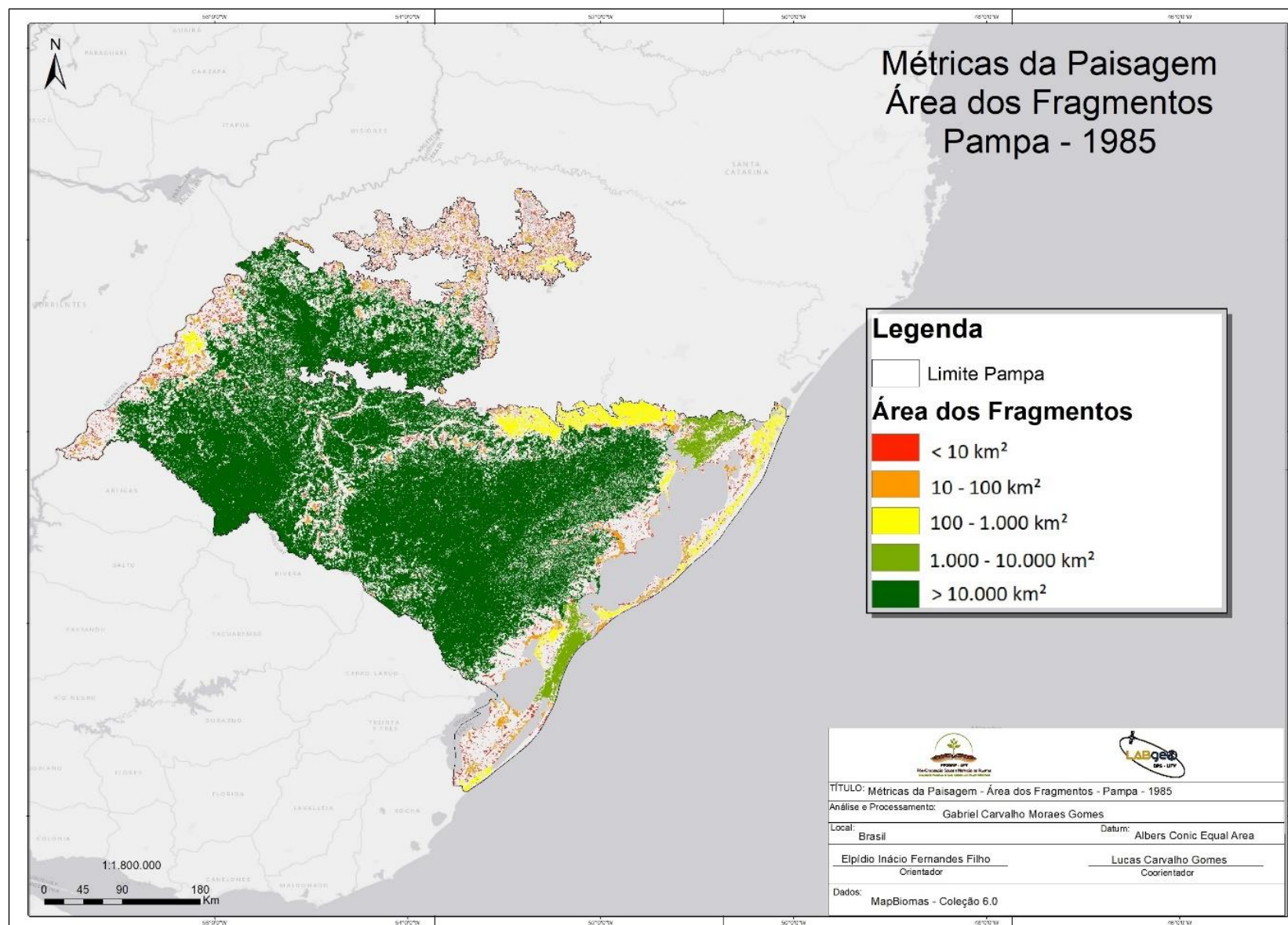


Figura 21: Métrica de área dos fragmentos na paisagem do Pampa em 1985.

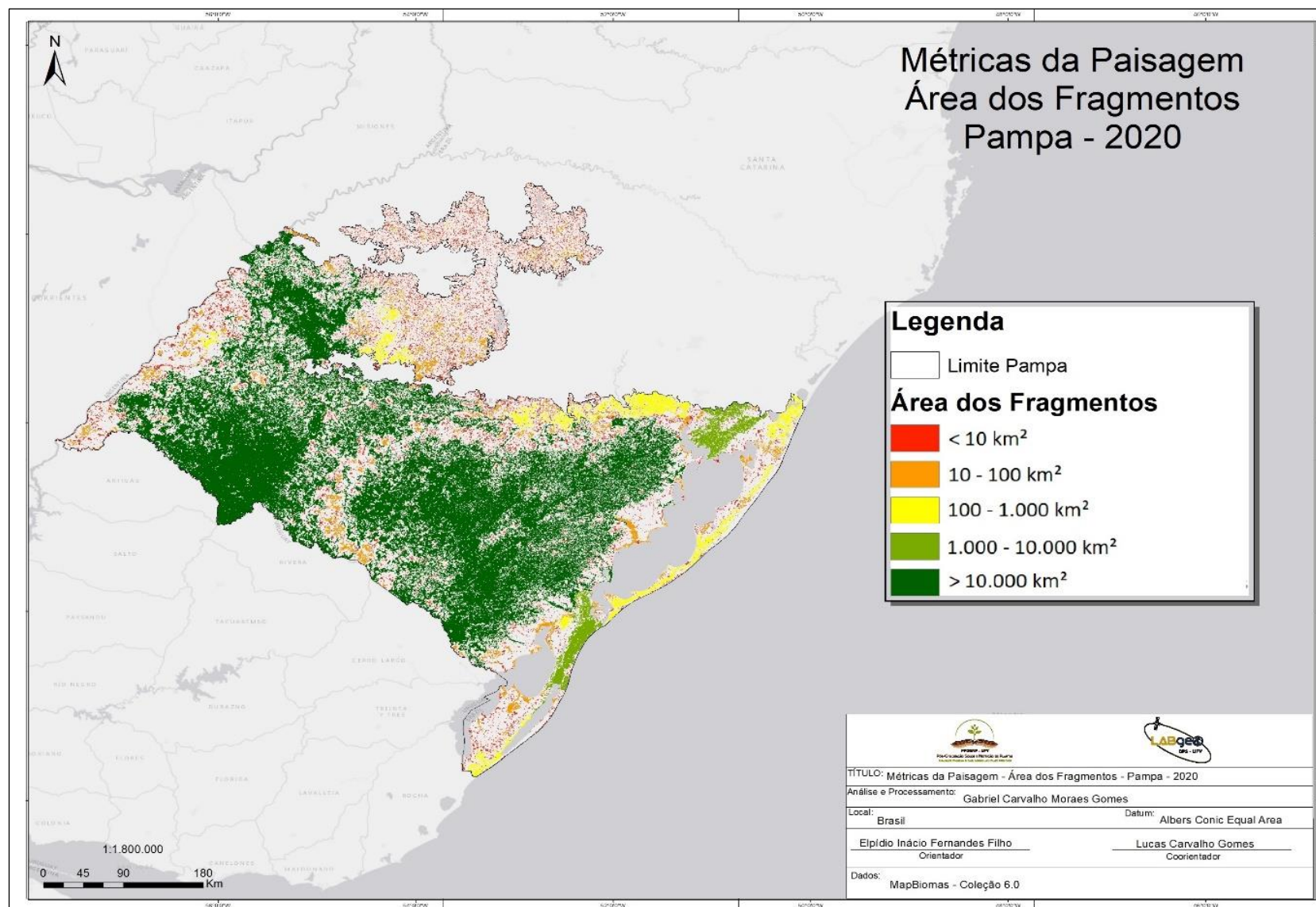


Figura 22: Métrica de área dos fragmentos na paisagem do Pampa em 2020

Os resultados para perdas e ganhos na área dos diferentes tamanhos de fragmentos de vegetação nativa são apresentados na Tabela 16. A maior porção de vegetação nativa da Caatinga está concentrada em fragmentos maiores que 10 mil km², onde também ocorreu a maior perda de 1985 para 2020, correspondente a 88,7 mil km², ou 17,09%. Os maiores ganhos de áreas ocorreram em fragmentos entre 10 e 100 km² (41,07%) e principalmente nos fragmentos entre mil e 10 mil km² (180,46%).

Tabela 19: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 na Caatinga

Tamanho dos Fragmentos Caatinga (km²)	1985 Área (km²)	2020 Área (km²)	Variação (km²)	Variação (%)
< 10	37.947,33	46.845,63	8.898,30	23,45%
10 a 100	14.049,36	19.819,44	5.770,08	41,07%
100 a 1.000	15.403,79	15.255,59	-148,2	-0,96%
1.000 a 10.000	9.569,17	26.838,15	17.268,98	180,46%
> 10.000	519.077,79	430.343,87	-88.733,92	-17,09%
TOTAL	596.047,44	539.102,68	-56.944,76	-9,55%

As Figuras 23 e 24 ilustram as classes dos fragmentos e as áreas mais afetadas na região da Caatinga para os anos de 1985 e 2020.

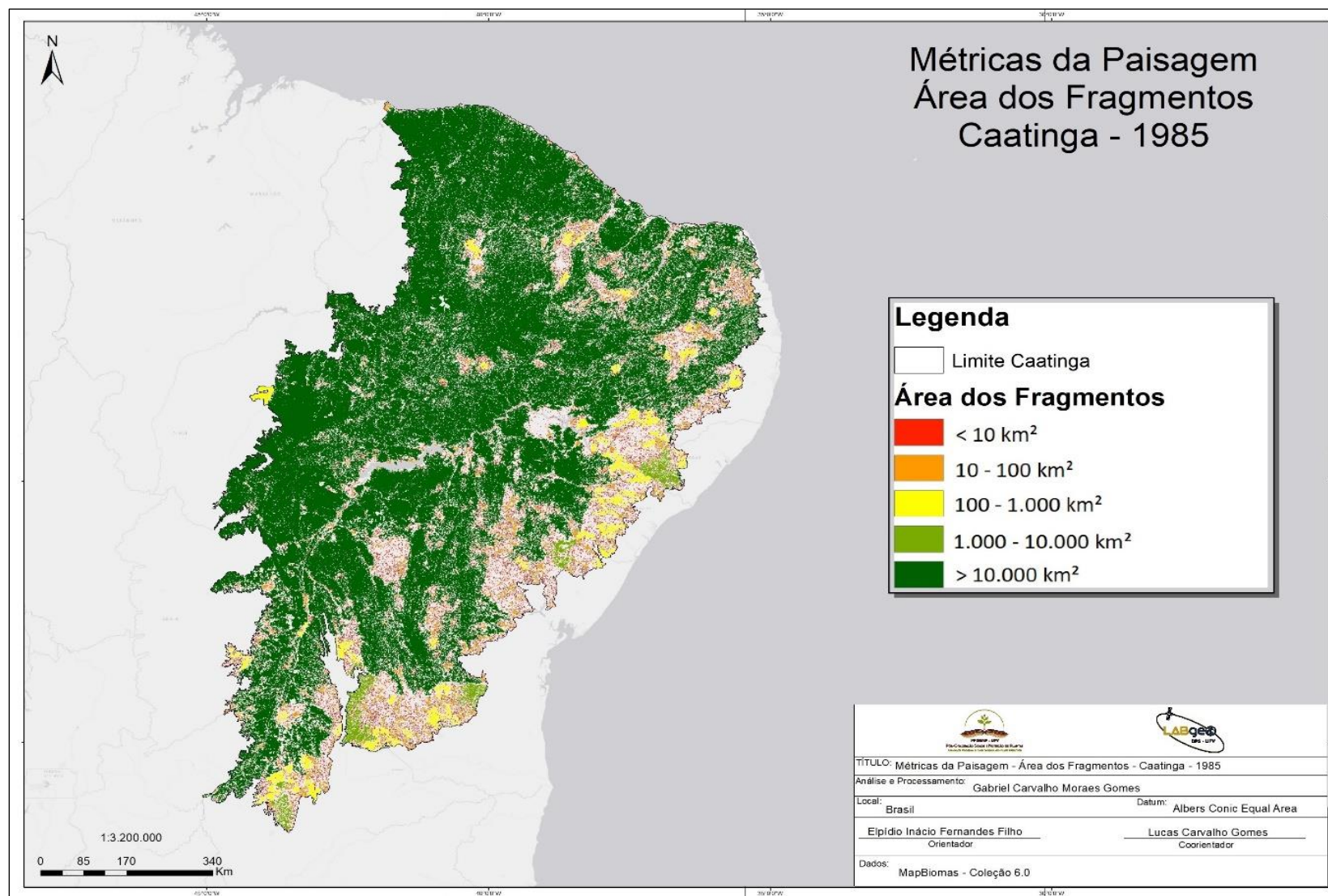


Figura 23: Métrica de área dos fragmentos na paisagem da Caatinga em 1985

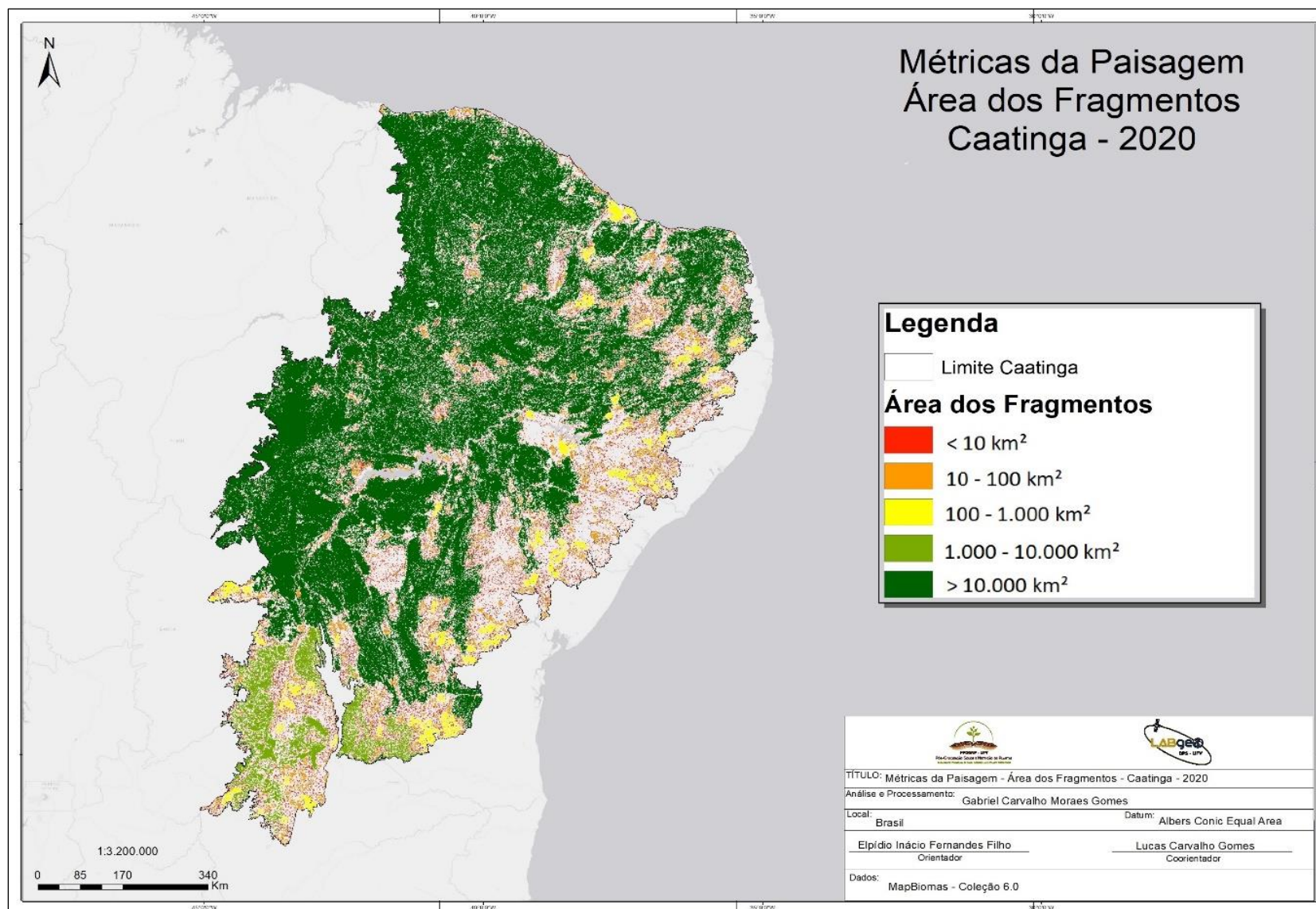


Figura 24: Métrica de área dos fragmentos na paisagem da Caatinga em 2020

A perda de vegetação nativa no Cerrado é representada pela Tabela 17 que indica onde houve maiores perdas em relação aos tamanhos dos fragmentos de vegetação nativa no período estudado. A redução da área total ocorreu apenas nos fragmentos maiores que 10 mil km², representando 26,68% de perda em relação a 1985. Nos demais tamanhos de fragmentos, houve um ganho médio de área de 37,02%.

Tabela 20: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 no Cerrado.

Tamanho dos Fragmentos Cerrado (km²)	1985 Área (km²)	2020 Área (km²)	Variação (km²)	Variação (%)
< 10	79.980,78	103.986,24	24.005,46	30,01%
10 a 100	32.653,71	37.636,99	4.983,28	15,26%
100 a 1.000	21.870,71	31.500,73	9.630,02	44,03%
1.000 a 10.000	19.686,80	32.374,53	12.687,73	64,45%
> 10.000	1.191.463,74	873.561,57	-317.902,17	-26,68%
TOTAL	1.345.655,74	1.079.060,06	-266.595,68	-19,81%

Os mapas das Figuras 25 e 26 representam o processo de fragmentação ocorrido no Cerrado para os anos de 1985 e 2020.

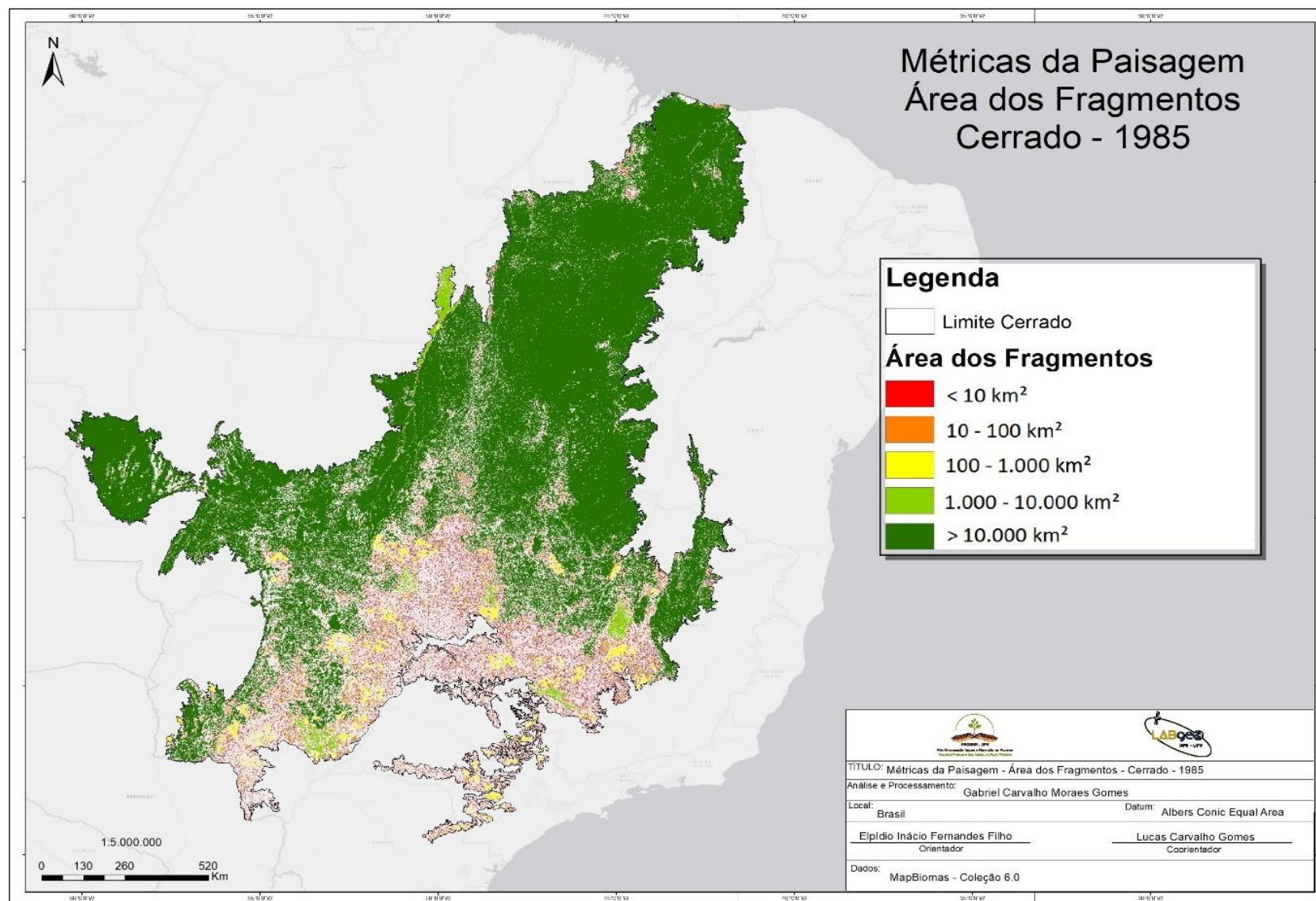


Figura 25: Métrica de área dos fragmentos na paisagem do Cerrado em 1985.

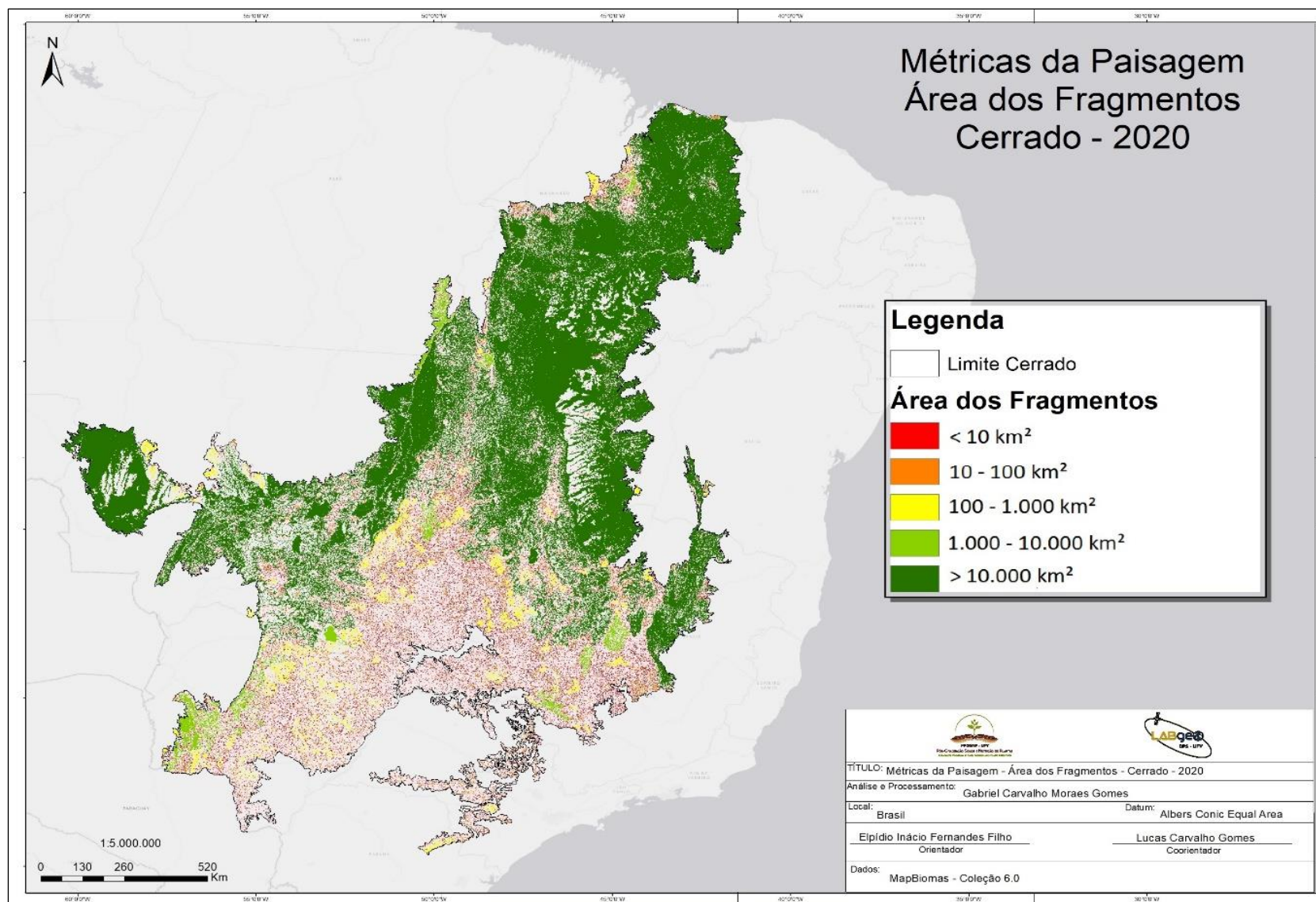


Figura 26: Métrica de área dos fragmentos na paisagem do Cerrado em 2020.

Na Mata Atlântica, a Tabela 18 informa sobre a variação em hectares e percentual das áreas de vegetação nativa para os diferentes tamanhos de fragmentos, comprovando uma perda nos fragmentos maiores que 10 mil km² e de 100 a 1.000 km², e um ganho nos demais intervalos de fragmentos. Nos fragmentos maiores que 10 mil km² a área total de todos eles somados chegaram a 295 mil km², uma perda de 20% em relação ao ano de 1985.

Tabela 21: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 na Mata Atlântica.

Tamanho dos Fragmentos Mata Atlântica (km²)	1985 Área (km²)	2020 Área (km²)	Variação (km²)	Variação (%)
< 10	112.471,08	123.423,14	10.952,06	9,74%
10 a 100	29.298,32	32.256,91	2.958,59	10,10%
100 a 1.000	28.844,59	24.584,91	-4.259,68	-14,77%
1.000 a 10.000	42.383,80	46.505,81	4.122,01	9,73%
> 10.000	147.146,65	117.630,86	-29.515,79	-20,06%
TOTAL	360.144,44	344.401,63	-15.742,81	-4,37%

Os remanescentes de maiores extensões estão concentrados na região litorânea dos estados brasileiros de Paraná, Santa Catarina, Rio de Janeiro, Bahia, São Paulo e na Região Serrana do Espírito Santo, e são vinculados a UCs integrais. Embora a Serra do Mar possua uma vasta rede de áreas protegidas, 98,69% das terras remanescentes são menores que 1 km². Esse padrão se repete na região central da Mata Atlântica entre o sul da Bahia o Espírito Santo, em que 98,65% dos fragmentos também possuem área menor ou igual a 1 km².

As figuras 27 e 28 ilustram o processo de fragmentação ocorrido na Mata Atlântica para os anos de 1985 e 2022.

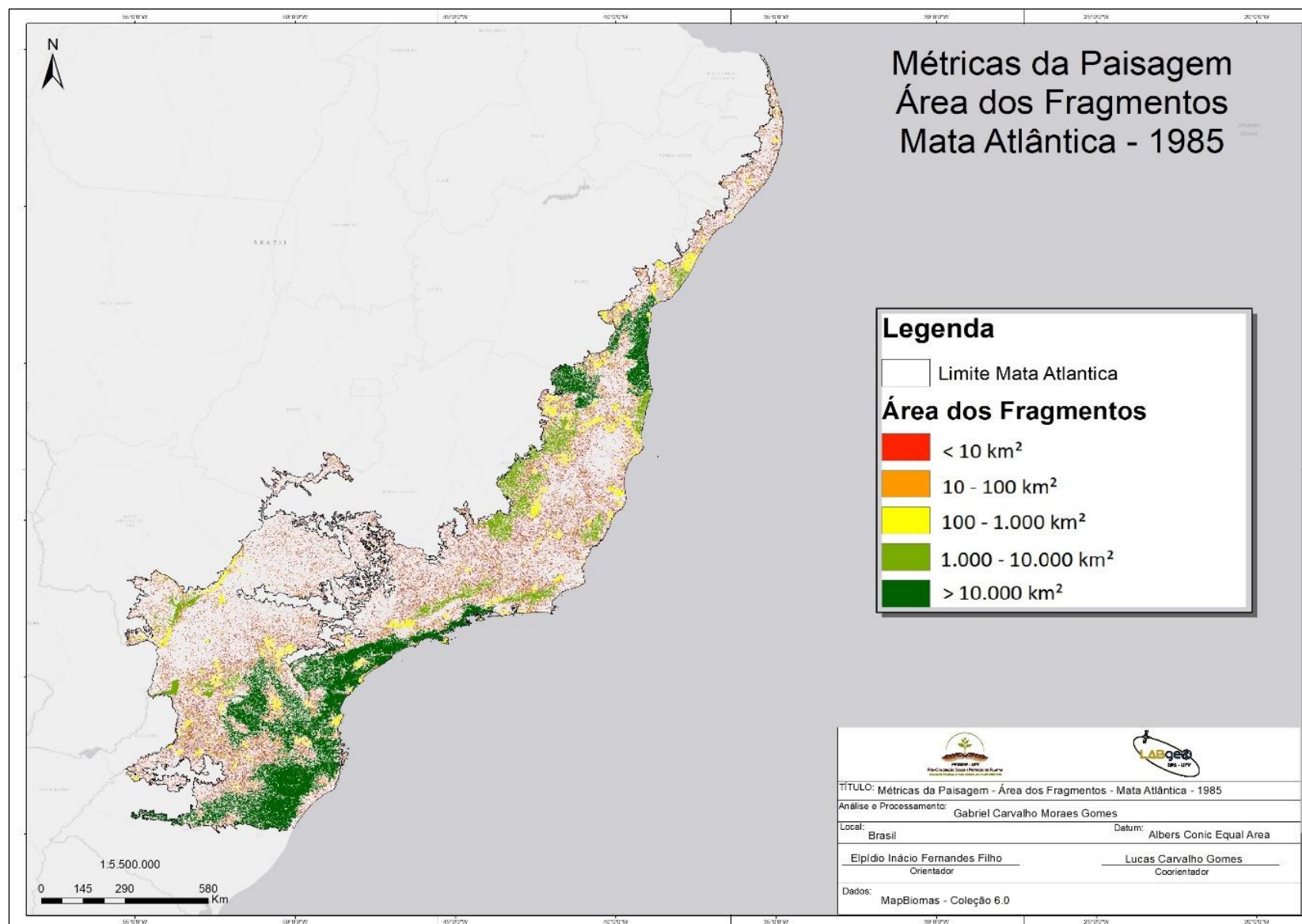


Figura 27: Métrica de área dos fragmentos na paisagem da Mata Atlântica em 1985.

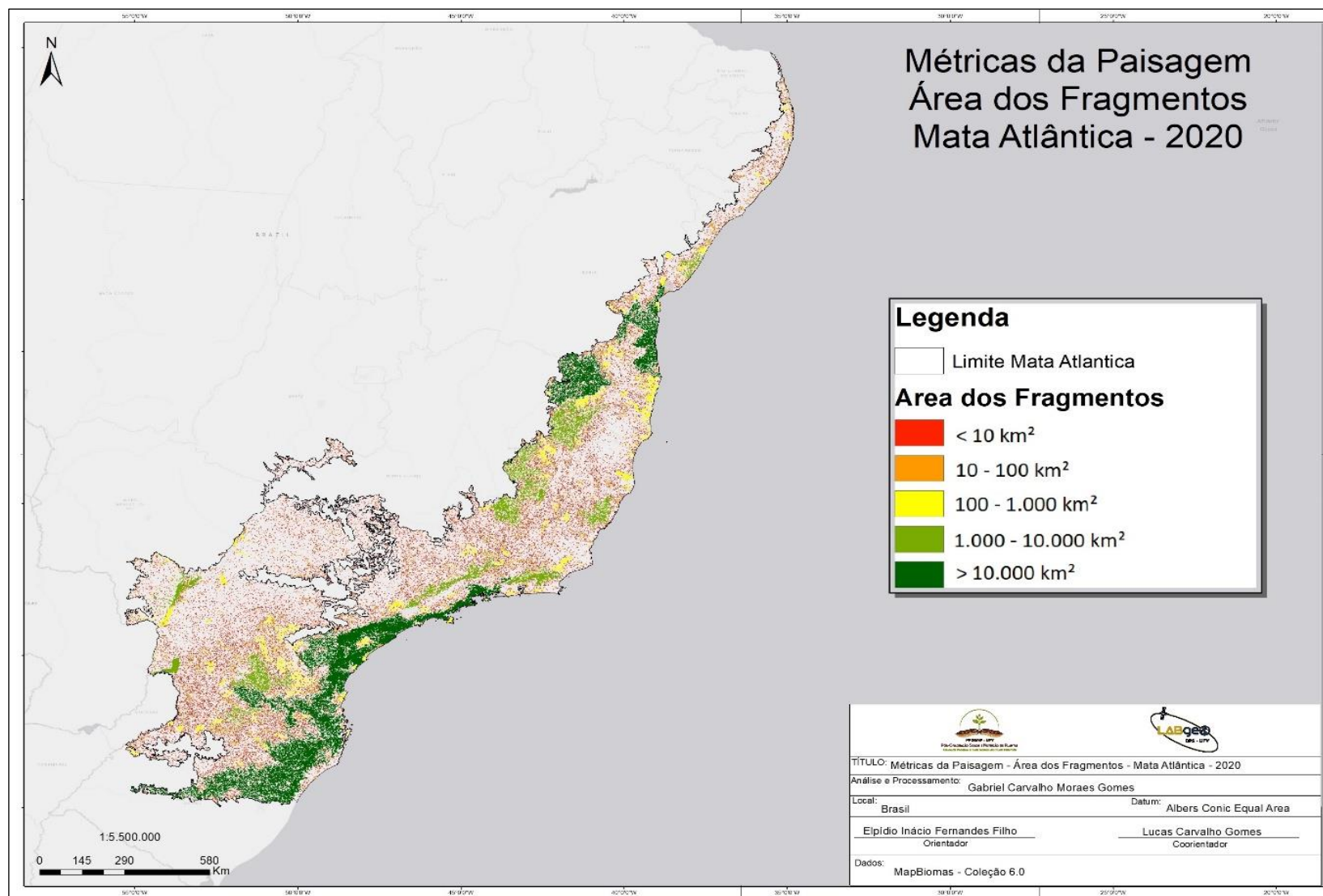


Figura 28: Métrica de área dos fragmentos na paisagem da Mata Atlântica em 2020.

A Amazônia tem 4,2 milhões de km² em sua área total e representa quase a metade do território do país, sendo 49,5%, e, no seu interior, estão presentes dois terços das áreas florestais de todo o Brasil.

No total o bioma amazônico perdeu 452 mil km² de vegetação nativa entre 1985 e 2020, equivalente a 11,6% da cobertura original, e os diversos fatores que atuam em diferentes localidades do bioma citados justificam os resultados da Tabela 19, em que é possível visualizar uma perda considerável de vegetação nativa em fragmentos mais extensões (mais de 10 mil km²), e um ganho de área em fragmentos menores que não compensam a perda do grandes fragmentos, favorecendo o processo de fragmentação da paisagem.

Tabela 22: Distribuição e variação da área de vegetação nativa em diferentes intervalos de tamanhos de fragmentos entre 1985 e 2020 na Amazônia.

Tamanho dos Fragmentos Amazônia (km²)	1985 Área (km²)	2020 Área (km²)	Variação (km²)	Variação (%)
< 10	14.223,55	70.391,70	56.168,15	394,90%
10 a 100	10.756,67	38.783,62	28.026,95	260,55%
100 a 1.000	12.310,78	35.296,39	22.985,61	186,71%
1.000 a 10.000	22.328,14	36.686,06	14.357,92	64,30%
> 10.000	3.881.070,7	3.318.947,0	-562.123,73	-14,48%
TOTAL	3.940.689,91	3.500.104,81	-440.585,10	-11,18%

Em relação a persistência de classes de uso e cobertura da terra da Amazônia, 81% do território persistiu ao longo dos 36 anos, e dentro dessas áreas persistentes, 90% é floresta, mas vale ressaltar que não significa que a floresta se manteve intacta durante o período, pois mesmo elas não passando pelo processo de transição para outras classes, ela sofre pressão por fogo e por exploração madeireira, o que aumenta o processo de fragmentação, e parte dessas florestas já são secundárias, ou seja, já foram desmatadas pelo menos uma vez. As figuras 29 e 30 ilustram as classes dos fragmentos e as áreas mais afetadas na região da Amazônia para os anos de 1985 e 2020.

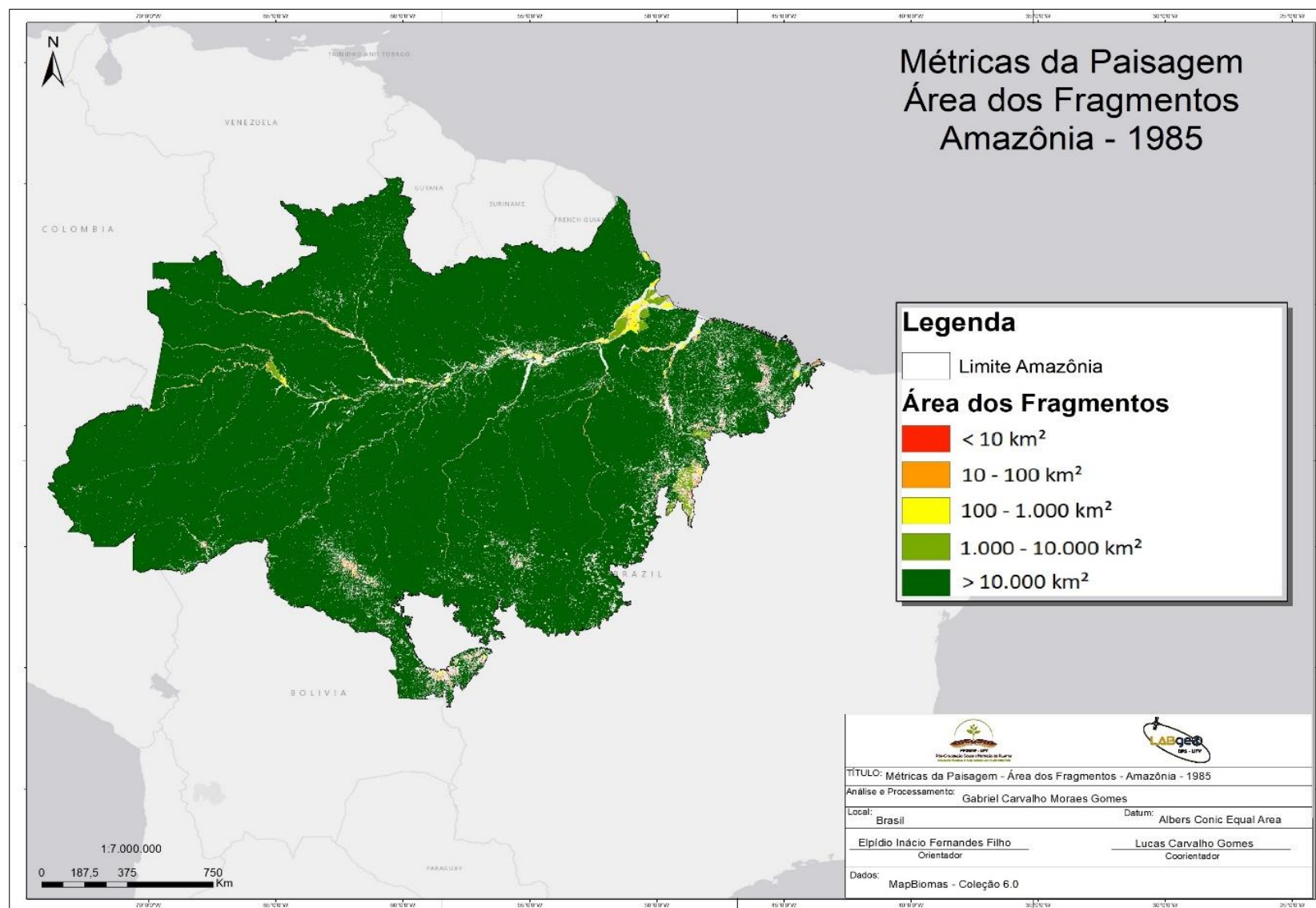


Figura 29: Métrica de área dos fragmentos na paisagem da Amazônia em 1985.

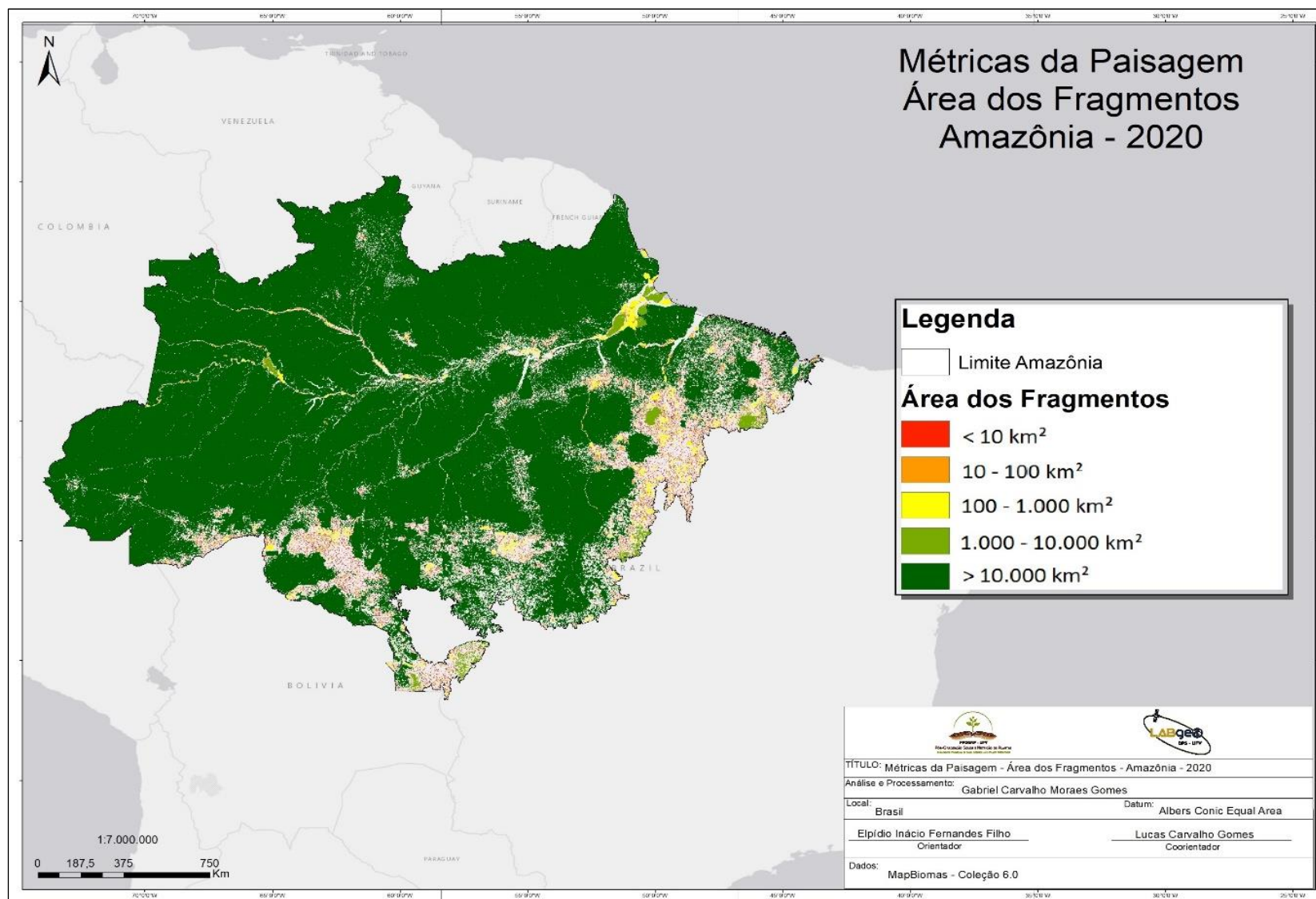


Figura 30: Métrica de área dos fragmentos na paisagem da Amazônia em 2020

4. DISCUSSÃO

Em geral, é possível observar uma tendência de aumento na complexidade na forma dos fragmentos da paisagem em todos os biomas do Brasil ao longo dos anos. No entanto, é importante destacar que esta tendência pode ser influenciada por diversos fatores, como o processo de fragmentação da paisagem, a expansão da agricultura e a urbanização. Por isso, é importante continuar monitorando e avaliando a configuração espacial da paisagem para compreender suas evoluções e impactos sobre o meio ambiente e a biodiversidade.

A redução na extensão de áreas de vegetação nativa no Brasil e no mundo tem ocorrido, no geral, como resultado de incêndios, utilização de árvores para fins comerciais, devastação de terras para aplicabilidades agropecuárias e urbanas. No decorrer dos anos, a humanidade tem se beneficiado da retirada de vegetação para usos diversos, como fontes de energia, construções de zonas habitáveis e para tornar a terra disponível para agricultura.

A ocorrência desses problemas de forma incessante torna a manutenção de debates pertinentes sobre as causas e os fatores relacionados ao desmatamento e fragmentação da vegetação no Brasil. Entre as possíveis causas da degradação ambiental, a busca pelo crescimento econômico pode ser colocada com uma das principais de cunho macroeconômico da degradação ambiental, assim como, em menor escala, a construção de estradas, a expansão da fronteira agrícola e da pecuária em larga escala (MARGULIS, 2003; CASTRO, 2005) e o aumento da densidade populacional (ARRAES et al., 2002; IGLIORI, 2008).

O Pantanal, patrimônio da humanidade, está perdendo rapidamente seu status de uma das últimas fronteiras naturais do planeta devido à crescente mudança da sua cobertura vegetal. As principais causas são as alterações no regime de inundação, as queimadas e o desmatamento para implantação de pastagens cultivadas (PADOVANI et al., 2004). O desmatamento era incipiente, apenas para pequenas roças de subsistência como mandioca, até 1980, quando pastagens começaram a ser cultivadas em cordilheiras desmatadas. Cerca de 4% da vegetação lenhosa do Pantanal foi substituída por pastagens de *Brachiaria*, principalmente cerradão na parte leste das sub-regiões de Nhecolândia e Paiaguás, até 1991 (POTT, 2007).

O Projeto MapBiomias Água revelou que houve uma redução de 15,7% na superfície de água no país, entre o início de 1990 e 2020, o que equivale a uma perda de quase 33 mil km² de superfície aquática (MARQUES, 2022). Essa perda foi observada em todos os biomas brasileiros, sendo que a Caatinga foi o bioma que mais perdeu área de superfície aquática, com uma diminuição de 17,5%. Na sequência, vem a Amazônia, com perda de 10,4%, e o Pantanal, que apresentou a maior perda proporcional, com uma redução de 68% de sua superfície aquática original (MARQUES, 2022).

A diminuição das áreas cobertas por água tem implicações diretas na biodiversidade dos ecossistemas aquáticos e na oferta de recursos hídricos para as populações humanas. Além disso, estudos apontam que a diminuição das áreas cobertas por água pode estar relacionada com as secas extremas observadas na década de 2010 na região Amazônica, indicando a importância de se considerar os impactos das atividades humanas sobre os recursos hídricos na região (ARAGÃO et al., 2021). Nesse sentido, é fundamental que sejam realizados esforços para a conservação dos ecossistemas aquáticos e para o desenvolvimento de políticas públicas que visem à preservação dos recursos hídricos no país.

Essa circunstância pode ser explicada pelo fato de que, atualmente e historicamente, fazendas tradicionais e extensas são adquiridas por empresários que detêm recursos para desmatamento (POTT e POTT, 2009). O domínio de áreas de campo nativo favoreceu migrações inter-regionais para o desenvolvimento de fazendas no Pantanal, introduzindo o gado nessas áreas desde 1740 (ABDON et al., 2007). Tradicionalmente, a prática pecuarista aplicada nestas fazendas acontecia respeitando as características naturais do Pantanal, ou seja, conhecendo os pulsos de inundação e a variabilidade espacial e temporal das pastagens nativas. Os pecuaristas mais recentes ignoram os valores ambientais e culturais do Pantanal, impondo estratégias que visam o aumento da produção, desmatando e degradando áreas vegetadas para implantar novas pastagens. Consequentemente, essa transição provoca a alteração da paisagem e gera impactos negativos a longo prazo (PADOVANI et al., 2004).

A economia principal no Pantanal continua sendo a pecuária bovina de corte em pastagem extensiva, assim como permanece sendo agente dos desmatamentos da área, pois é uma atividade praticada nas áreas de pastagem nativa, assim como,

nos últimos 30 anos, vem ocupando, expandindo e transformando áreas com vegetação arbórea nativa em toda o território do bioma (ABDON et al., 2007). A implantação de pastagens plantadas gera uma pressão de desmatamento que afeta principalmente as fitofisionomias arbóreas do Pantanal, pois a extração de madeira para vários intuitos tem impactado negativamente as principais espécies madeireiras do Pantanal como angico, louro preto, carvão vermelho, aroeira e piúva. Associado ao desmatamento, a utilização de incêndios de forma indiscriminada também tem levado a descaracterização das classes de cobertura de vegetação nativa (PADOVANI, 2004). A supressão da vegetação nativa no Pantanal até 2004 representou cerca de 17% de sua área original, totalizando aproximadamente 25,7 mil km², sendo que apenas o Mato Grosso do Sul é responsável por 11% desse valor (HARRIS et al., 2006).

Na região do bioma Pampa, a principal atividade econômica desde a colonização ibérica é a pecuária extensiva implantada sobre os campos nativos (NICOLOSO et al., 2018). Além das pastagens plantadas com espécies exóticas, a crescente implantação e expansão das monoculturas têm acelerado a degradação e transformação das paisagens naturais do Pampa.

Da forma que vem sendo praticada, e em expansão, a agricultura depende da retirada da vegetação nativa para a substituição para áreas de monoculturas de grãos, principalmente a soja e eucalipto, tomando grandes proporções a partir do início do século XXI (MODERNEI et al., 2016). As pastagens naturais do bioma Pampa são consideradas com uma das mais importantes do mundo (BALDI & PARUELO, 2008), e essa descaracterização da paisagem e sua consequente fragmentação dos habitats promove efeitos negativos na biodiversidade (OLIVEIRA, 2020).

A cobertura e uso do solo no bioma Pampa, do ano de 1985 para os anos de 1997, 2007 e 2017, passou por diversas transições, sendo a mais expressiva nas áreas ocupadas por campos nativos que foram substituídas por extensas áreas de agricultura. Analisando o período de 36 anos, entre 1985 e 2020, a classe de agricultura expandiu cerca de 25 mil km², sendo mais de 20 mil km² sobre a formação campestre natural, o que implica em aumento de aproximadamente 12% da classe agricultura sobre a classe formação campestre. Outros 2,32 mil km² da expansão da agricultura foram observados sobre a floresta, ampliando 1,20% de sua área sobre a vegetação florestal.

No passado, onde predominou a pecuária de modo extensivo, o avanço do plantio de culturas agrícolas se tornou dominante nos últimos anos, ocupando regiões aliadas às pastagens naturais (MOREIRA, 2019). Segundo Pillar et al. (2009) o crescimento dos plantios de culturas anuais e silvicultura, aliado ao uso inadequado do solo favorecem a redução das áreas de vegetação nativa, principalmente as pastagens naturais do bioma.

Ainda nesse âmbito, o aumento de área da classe de agricultura observado aponta para uma associação com o avanço acelerado do cultivo de soja sobre as áreas de pastagens naturais. As transformações nas classes de uso e cobertura da terra no estado do Rio Grande do Sul, entre 1990 e 2015, provocadas na maior parte pelo cultivo da soja aumentaram substancialmente após o ano de 2000, período de início de alta do preço das commodities (SILVEIRA et al., 2017). Os cultivos de soja também se expandiram no Pampa sobre áreas de várzea, que historicamente eram ocupadas pelo cultivo do arroz (MENGUE et al., 2016; SANTOS et al., 2014).

À vista disso, as transformações subseqüentes dessa transição apontam para implicações negativas na configuração e estrutura da paisagem, seja pela substituição da pecuária natural de modo extensivo por uma pecuária dependente de pastagens cultivadas, ou outras atividades agrícolas que venham acarretar supressão da vegetação natural do bioma seguida da perda de biodiversidade (MOREIRA, 2019; MATTE, 2019). A remoção dos campos naturais acarreta problemas ecológicos graves quando a degradação da área é associada da fragmentação dos remanescentes da paisagem, pois ambientes que possuem um número maior de fragmentos menores de vegetação, maior a superfície de contato entre as espécies e os ambientes do entorno. Além disso, a conservação dos extensos campos nativos só é possível se a decisão for individual e voluntária de cada proprietário rural em decidir seguir com a atividade pastoril (VÉLEZ-MARTIN et al., 2015).

Por outra perspectiva, no período de 36 anos, houve regeneração da formação campestre em mais de 10 mil km², a maior parte, cerca de 9,2 mil km², constatada em áreas que antes eram destinadas a agricultura, além de regenerar também mais de 2,3 mil km² sobre áreas que eram classificadas como floresta. Ainda há o fato de que, dentre as culturas agrícolas em atividade, além da soja e silvicultura, há o cultivo de arroz, cujo manejo do sistema produtivo alterna entre períodos de lavouras cultivadas e períodos em que as áreas permanecem em pousio. Mesmo com o tempo de pousio

sendo relativamente pequeno nas áreas já cultivadas, já favorece a capacidade de regeneração das áreas exploradas, importante para que ocorra sucessão secundária e configurando a manutenção da paisagem, ocasionando em ganho de área de campo nativo sobre a agricultura. Portanto, a cultura do arroz pode ser a melhor alternativa de cultura para se aplicar com o campo nativo, pois o sistema de produção da região normalmente alterna entre lavouras e pecuária. Geralmente, o cultivo ocorre durante os meses de verão em uma área, enquanto o restante permanece em pousio, permitindo a regeneração do campo nativo, designada à criação de gado (OLIVEIRA, 2020).

Mudanças ambientais como essas colocam em risco a resistência e funcionamento do sistema ecológico, e com isso é possível perder mais do que características ambientais, como flora e fauna, mas também humanas e tradicionais do modo de vida secular no campo, que é a essência do que é conhecido como cultura gaúcha.

Em relação ao processo de ocupação no bioma Caatinga, no Nordeste brasileiro iniciou-se a partir do litoral o desenvolvimento das atividades extrativas e da produção agrícola voltada para a exportação, adentrando para o restante da região. No século XVII que se iniciou a ocupação do sertão pelo gado, e das fazendas pecuaristas originaram-se os primeiros núcleos urbanos. O emprego de atividade pecuária extensiva na Caatinga vem causando degradações intensas e possivelmente irreversíveis da paisagem desse ecossistema, transformando extensas áreas com vegetação nativa que se encontra degenerada, perdendo, conseqüentemente, a diversidade que lhe é característica. Porém, na maioria dos casos a regeneração não é favorecida pela pressão antrópica intensa e ininterrupta (ALVES et al., 2009).

Na Caatinga, atualmente, as principais atividades econômicas estão relacionadas à pecuária e ao extrativismo de minerais, práticas marcadas pela produção de forma extensiva. Como a agricultura tradicional está sujeita às adversidades climáticas da região, ela apresenta problemas de rendimentos e de mercado. Dessa forma, a atividade agrícola que se tornou como mais apta e extensa no bioma foi a pecuária, favorecido pela vegetação nativa característica da Caatinga que propicia um consumo de matéria seca capaz de atender as necessidades para a criação dos animais (ALVES et al., 2009). O gado criado de forma extensiva responde atualmente por uma elevada concentração em amplas terras da região, especialmente

após o emprego de pastos melhorados e do cultivo de plantas forrageiras, como as palmas. Associado a isso, geralmente esse tipo de atividades são acompanhadas de desmatamentos descontrolados, que ligados à fragilidade natural do bioma trazem sérias consequências para os recursos hídricos, favorece a erosão, salinização e compactação dos solos, além da redução da diversidade biológica e da produção primária (ALVES et al., 2009).

Outro fator importante para o estudo do caso é que os solos nordestinos estão passando por um processo intenso de desertificação causado principalmente pela substituição da vegetação nativa por culturas, normalmente através de queimadas. O desmatamento associado ao emprego das culturas irrigadas é capaz de promover a salinização dos solos e aumentar a evaporação da água contida e, conseqüentemente, acelerar o processo de desertificação (SÁ, 2010).

São muitos os sinais de degradação provocados pela produção animal, incluindo a destruição da vegetação nativa, o adensamento animal excessivo, a retirada sazonal da cobertura herbácea, entre outras. Apesar dessas indicações, ainda é necessária uma melhor sistematização nos indicadores quantitativos com parâmetros bem definidos, sua aplicação em áreas escolhidas e sua validação de campo por uma equipe de especialistas.

Além disso, a região consome anualmente milhões de metros cúbicos de vegetação nativa porque a matriz energética é altamente dependente dela para as atividades industriais. O consumo de lenha e carvão, embora se torne uma fonte de renda adicional para pequenos produtores rurais, também serve como fonte de desmatamento de áreas de vegetação. A desertificação e as ondas migratórias são indicadores muito fortes de que o sertanejo é incapaz de produzir riqueza material e altos padrões de vida. Infelizmente, os esforços para preservar a biodiversidade da Caatinga não acompanharam a transformação do ecossistema e o aumento do número de espécies ameaçadas de extinção (TABARELLI et al., 2018).

Considerando a cobertura nativa do Cerrado em 2020, ele é majoritariamente coberto por formações savânicas, que representam 30% da área total do Cerrado em 2020, depois por formações florestais com 14%, formação Campestre com 7% e áreas úmidas com 2.5%. Ao todo, 54% do Cerrado é coberto por algum tipo de formação nativa, o que representa aproximadamente um quarto de toda a vegetação nativa do Brasil. Do ponto de vista antrópico, o principal uso é a pastagem com 24%, mais os

4% que são estimados pertencerem à classe de mosaico, e outros 13% são agricultura, ou seja, 45% do Cerrado tem algum tipo de uso antrópico. Uma perspectiva temporal informa que entre 1985 e 2020 o Cerrado perdeu 265 mil km² de cobertura natural, que representa 19,8% de toda a cobertura natural que ele tinha em 1985, mas por outro lado, essa perda foi convertida em uso antrópico, o que representando um aumento de 42,3% na área de uso antrópico nesse período.

Em uma escala de detalhe, onde é possível observar quais tipos de vegetação nativa o Cerrado perdeu, e as maiores perdas foram nas formações savânicas, uma perda de 150 mil km², correspondente a 20% em relação a área de 1985, e em 2020 essas formações representam 30% do bioma. As áreas de formação florestal perderam 70 mil km², ou 18%, enquanto as áreas de formações campestres perderam 45 mil km², ou 18%, sendo que hoje as áreas campestres representam menos de 10% da cobertura do Cerrado. Do lado antrópico, o destaque vai para agricultura que teve um ganho de 261 mil km², um aumento de 460% em relação à área de 1985. A pastagem também aumentou 87 mil km² ou 23%. De todas as perdas de vegetação nativa, 98,9% foram transições para usos agropecuários, enquanto 1% foi para expansão das áreas urbanizadas.

Na classe de áreas úmidas houve um padrão de perda constante ao longo de toda a série com pequenos períodos em que essa taxa de perda apresentou uma tendência de estabilização ou de queda, como por exemplo no início dos anos 2000. Ao todo houve uma perda de 5,82 mil km² de áreas úmidas nesse período de 36 anos, que representa 10,3% da área total de áreas úmidas em 1985. 61% dessas mudanças foram explicitamente para o uso agropecuário, especialmente para pastagem 1,78 mil km² e agricultura com 1 mil km². Por outro lado, 38% dessas mudanças foram para outras classes de vegetação nativa, como campos, formação savânica e formação florestal, e elas são importantes indicadores de alterações do ponto de vista ecológico nesses sistemas, pois apontam que em algumas áreas estão ocorrendo perda de água nas áreas úmidas, acompanhada de uma transição para áreas de campo seco e de formação savânica, ou mesmo um adensamento para classes florestais, como vegetação ciliar ou ripária.

Considerando a expansão da agropecuária, houve um aumento de 262 mil km² em todo o bioma, um aumento de 42,5%. Os estados com maior aumento em área desse tipo de uso foram o Mato Grosso, que com 68 mil km² duplicou a área de uso

agropecuário. O Goiás, com 39 mil km², representando um aumento de 1,2 vezes, e o Mato Grosso do Sul com um aumento de 34 mil km² ou 1.3 vezes. Considerando o aumento relativo o estado da Bahia foi o mais afetado, pois praticamente duplicou a área de agricultura neste período de 36 anos, seguido por um pequena porção de Cerrado no estado de Roraima com aumento de 3,8 vezes, e o Piauí que triplicou a área agrícola especialmente a partir do final da década de 90. O estado de São Paulo permaneceu relativamente estável sem um aumento significativo na área de agricultura, enquanto que a porção de Cerrado no Norte do estado do Paraná contou uma diminuição de aproximadamente 10% na área agrícola.

Entre os cinco estados com maior proporção de cobertura nativa em 2020, quatro deles são estados que fazem parte da região do Matopiba, a área com maior pressão para expansão da fronteira agrícola no cerrado, sendo o Piauí com 87% de cobertura nativa, Maranhão com 83%, Tocantins com 75% e Bahia com 70%. O Sul do Cerrado, a área que possui o histórico de ocupação mais antigo, apresenta predominância de uso antrópico, em que o cerrado paulista possui apenas 16,6% de vegetação nativa, enquanto Mato Grosso do Sul tem 25% e o Paraná 32%.

Os estados com maior proporção de cobertura para as classes nativas e antrópicas são representados pelos estados que fazem divisa com bioma amazônico, possuindo as maiores áreas de formação florestal, no caso, no Maranhão e Mato Grosso. A formação savânica é predominante na maioria dos estados, mas são mais expressivas nos estados do Mato Grosso e do Tocantins. Para formações campestres, as maiores áreas estão no estado do Tocantins e no estado de Minas Gerais. O Mato Grosso e Tocantins são também os estados com as maiores áreas de Campo alagado e área pantanosa, sobretudo em função da Ilha do Bananal, além de grandes áreas de veredas e outros tipos de áreas úmidas no estado do Tocantins. Em relação à pastagem, as maiores áreas estão no Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, enquanto as maiores áreas de agricultura estão no Mato Grosso e no Goiás.

Considerando esse período, 12 Estados perderam vegetação nativa, totalizando em uma perda de 265 mil km², e apenas um estado, o Paraná, ficou estável. No Mato Grosso houve a maior perda, equivalente a 70 mil km², seguido por Goiás com 40 mil km² e Mato Grosso do Sul com 35 mil km². Entre 2010 e 2020 ocorreu um deslocamento na liderança de supressão da vegetação nativa para o norte do Cerrado, em especial para o estado do Tocantins, com 11 mil km² de supressão

de vegetação nativa e do Maranhão com 9 mil. Além disso, as supressões de formações florestais representam apenas 1% do total de supressões nesse período, e por outro lado, nos 36 anos a perda de formação florestal representa 27%. Então, a maior parte das supressões dos últimos 10 anos, ou 83% dessas supressões, ocorreram sobre formações savânicas. Formação campestre e campo alagado representam 13% e 2% das supressões, respectivamente, independente do período.

A Mata Atlântica atualmente é coberta por 31% por vegetação nativa e outros 69% são destinados para uso antrópico. No período de 1985 a 2020 a classe de uso antrópico aumentou cerca de 1,47 Mkm², um avanço de 2%, e na classe de cobertura natural, houve uma perda de 4%. Ainda assim, um quarto da cobertura florestal da Mata Atlântica está preservado. Com isso, foram analisados todos os remanescentes florestais do bioma. Os 465,7 mil km² remanescentes da Mata Atlântica são distribuídos em 17 estados. O mapeamento das transformações da Mata Atlântica indica que a cobertura florestal passou de 27,1% em 1985 para 25,8% em 2020. Atualmente, outros 25% são ocupados por pastagens; 16,5% por mosaicos de agricultura e pastagens; 15% pela agricultura; 10,5% por formação savânica e outras formações naturais.

Após um período significativo de desmatamento ocorrido entre 1985 e 1990, a cobertura de vegetação manteve-se essencialmente estável ao longo dos últimos 30 anos. No entanto, por trás dessa estabilidade está o desaparecimento de florestas maduras e a recuperação de florestas jovens. Uma perda de vegetação primária ocorrida entre 1985 e 2020 totalizou 100 mil km², enquanto a área de vegetação secundária aumentou em 90 mil km². Essa perda ainda pode ser observada em algumas áreas do bioma, como nas florestas de araucárias do Paraná e no norte de Minas Gerais próximo à divisa com a Bahia.

O mesmo procedimento ocorre em áreas com paisagens naturais, como a divisa entre Rio Grande do Sul e Santa Catarina, onde desencadeou uma queda de 28% nas formações campestres ocorridas entre 1985 e 2020.

A fragmentação da Mata Atlântica resulta não apenas na redução da biodiversidade e extinção de espécies, mas também na descaracterização de ecossistemas, populações, diversidade genética e dos processos ecológicos e evolutivos que sustentam essa diversidade. A cada ano, uma parcela do bioma Mata Atlântica é retirada e substituída por atividades agropecuárias, florestais, construção

de barragens, expansão industrial e urbana. A diversidade genética de plantas e animais necessária para o manejo da flora comercial e dos sistemas agrícolas é um exemplo dos benefícios econômicos diretos perdidos devido à fragmentação.

Em 2020, na Amazônia 77% do território é floresta, 3,7% formação campestre, 1,4% agricultura, 2,7% água, pastagem 13,4% e 0,7% é formação savânica, e as demais classes somadas representam 0,4% do território do bioma. Resumindo, 82% do território da Amazônia está coberto com vegetação nativa, sendo que 78,4% é floresta e 3,7% dessa vegetação nativa é formação natural não florestal, como formação campestre e áreas alagáveis. Apesar da grande área de vegetação nativa na Amazônia, as áreas florestais vêm sofrendo redução ao longo desse período.

Cerca de mil km² de floresta e 99% dela foi convertida para uso agropecuário. Quando analisado a nível de estado, os destaques negativos são para os estados do Pará, que contabilizou uma perda de 154 mil km², e Mato Grosso com 137 mil km² de vegetação nativa reduzidos, representando dois terços dessa perda de floresta no bioma.

Na contramão do processo de manutenção da vegetação nativa na Amazônia, no mapeamento é possível observar a expansão do uso agropecuário no bioma, e em 36 anos houve a conversão de 440 mil km² para uso agropecuário, sendo 380 mil para pastagem e 60 mil para agricultura, gerando uma enorme pressão nas áreas naturais durante a série histórica. No Mato Grosso, principalmente no norte do estado, na região do Xingu, e no Pará são estados onde ocorreram a maior parte do avanço dessa atividade agropecuária, e em uma escala menor, é possível destacar também os estados do Maranhão e Rondônia.

Outros fatos importantes que favorecem a degradação e consequente fragmentação do bioma foi a expansão das áreas urbanizadas e das áreas de mineração. Em relação à intensificação do crescimento urbano, houve uma ampliação de aproximadamente 2,36 mil km², em 2020 essa área no bioma corresponde a 3,95 mil km².

5. CONCLUSÕES

Em síntese, as transformações no uso e ocupação da terra no período de 1985 a 2020 proporcionaram uma perda significativa de áreas naturais no Brasil,

representando uma perda potencial de 820 mil km², cerca de 12,5% da cobertura original. Por outro lado, como agravante, as classes de uso antrópico elevaram sua área no território nacional na mesma dimensão, 820 mil km², porém, com uma proporção maior, expandindo a área em 44,6% durante o período de estudo. As classes antrópicas de uso e cobertura que prevaleceram no processo de transição estão relacionadas ao uso agropecuário, com um aumento mais significativo nas áreas destinadas a pastagens.

Como consequência desses resultados, as métricas da paisagem brasileira sofreram impactos negativos, mas contribuíram para a avaliação da dinâmica de vegetação nativa durante o período. A rápida e elevada taxa de transição de áreas de vegetação nativa para classes de uso antrópico, proporcionaram, além da diminuição da área total da paisagem, em diminuição na área média dos fragmentos, e no aumento do número de fragmentos, evidenciando as ameaças e efeitos destas alterações no processo de fragmentação da paisagem brasileira. Associada ao aumento do número de fragmentos com a diminuição de suas áreas médias, outro ponto que fica notabilizado é o aumento da densidade de fragmentos e do índice de forma, indicando que a paisagem brasileira está se apresentando cada vez mais fragmentada e irregular.

Por isso, o estudo, apesar das limitações devido ao banco de dados expressivo, se mostrou eficaz para uma aferição da dinâmica da vegetação nativa a nível nacional. Além disso, abre possibilidades para aprimoramentos para dar continuidade no monitoramento e avaliação da configuração espacial da paisagem, visando compreender suas evoluções e impactos sobre o meio ambiente.

Pensando no âmbito nacional, o governo deve criar um fundo participativo de conservação do Brasil para preservar os recursos naturais do país e explorá-los economicamente. Isso pode ser feito aproveitando mecanismos como a compensação ambiental prevista na Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Os recursos aplicados neste fundo deveriam ser destinados a três linhas de ação: manutenção das UCs existentes, ampliação do sistema de áreas protegidas e promoção da recuperação de áreas degradadas. A gestão desse fundo deveria ser feita por um conselho tripartite, composto pelo governo, setor empresarial e sociedade civil organizada.

No geral, a intenção dos governos precisa ser bloqueio para demanda e o financiamento do desmatamento ilegal. É necessário aumentar a pressão sobre as empresas para que elas melhorem e ampliem seus compromissos com a sustentabilidade. Para isso, o Ministério Público e os órgãos ambientais podem ampliar a responsabilização das empresas que compram produtos de áreas desmatadas ilegalmente e das que financiam tais atividades. Eles também podem monitorar a implementação da Resolução nº 4.327/2014, que exige que as instituições financeiras estabeleçam e implementem a Política de Responsabilidade Socioambiental (PRSA).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDON, M. De M. et al. Desmatamento no bioma Pantanal até o ano 2002: relações com a fitofisionomia e limites municipais. 2007.

ALVES, Jose Jakson Amancio; DE ARAÚJO, Maria Aparecida; DO NASCIMENTO, Sebastiana Santos. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.

ARAGÃO, L. E. O. C. et al. 21st-century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nature communications*, v. 12, n. 1, p. 1-11, 2021.

ARRAES, Ronaldo de Albuquerque; MARIANO, Francisca Zilania; SIMONASSI, Andrei Gomes. Causas do desmatamento no Brasil e seu ordenamento no contexto mundial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 50, p. 119-140, 2012.

ASSUNÇÃO, Juliano et al. Property-level assessment of change in forest clearing patterns: The need for tailoring policy in the Amazon. **Land Use Policy**, v. 66, p. 18-27, 2017.

ASSUNÇÃO, Juliano; ROCHA, Romero. Getting greener by going black: the effect of blacklisting municipalities on Amazon deforestation. **Environment and Development Economics**, v. 24, n. 2, p. 115-137, 2019.

BALDI, Germán; PARUELO, José M. Land-use and land cover dynamics in South American temperate grasslands. **Ecology and Society**, v. 13, n. 2, 2008.

BALLESTER, M. V. R. et al. Physical and human controls on the carbon composition of organic matter in tropical rivers: an integrated analysis of landscape properties and river isotopic composition. 2013.

CANADELL, Josep G.; RAUPACH, Michael R. Managing forests for climate change mitigation. **science**, v. 320, n. 5882, p. 1456-1457, 2008.

CARRÃO, H.; CAETANO, M.; NEVES, N. LANDIC: cálculo de indicadores de paisagem em ambiente SIG. In: Encontro de Utilizadores de Informação Geográfica - ESIG 2001, 6., Oeiras, Portugal, 28-30 nov., 2001. **Anais**. Lisboa: Associação dos Utilizadores de Sistemas de Informação Geográfica - USIG, 2001.

CASTRO, Edna. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. **Novos cadernos NAEA**, v. 8, n. 2, 2008.

changes after the period commodities rising price in the Rio Grande do Sul State, Brazil. **Ciência Rural**, v. 47, 2017.

COELHO, M. S.; SANTOS, B. A.; TABARELLI, M. Deforestation and fragmentation: a response to comment on Coelho et al. *Ecology*, v. 95, n. 2, p. 593-595, 2014.

- DEEGAN, Linda A. et al. Amazon deforestation alters small stream structure, nitrogen biogeochemistry and connectivity to larger rivers. **Biogeochemistry**, v. 105, p. 53-74, 2011.
- FOLEY, Jonathan A. et al. Global consequences of land use. **science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.
- GIBBS, Holly K. et al. Did ranchers and slaughterhouses respond to zero-deforestation agreements in the Brazilian Amazon?. **Conservation Letters**, v. 9, n. 1, p. 32-42, 2016.
- GIBBS, Holly K. et al. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 107, n. 38, p. 16732-16737, 2010.
- GUIDOTTI, Vinicius et al. Números detalhados do Novo Código Florestal e suas implicações para os PRAs. **Sustentabilidade em debate**, n. 5, p. 1-11, 2017.
- HANSEN, Matthew C. et al. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **science**, v. 342, n. 6160, p. 850-853, 2013.
- HARRIS, Mônica B. et al. Estimativa da perda de cobertura vegetal original na Bacia do Alto Paraguai e Pantanal brasileiro: ameaças e perspectivas. **Natureza & Conservação**, v. 4, n. 2, p. 50-66, 2006.
- IGLIORI, Danilo. Deforestation, growth and agglomeration effects: Evidence from agriculture in the Brazilian Amazon. 2006.
- JESUS, Janisson Batista de et al. Análise da incidência temporal, espacial e de tendência de fogo nos biomas e unidades de conservação do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 30, p. 176-191, 2020.
- LEVY, M. C. et al. Land use change increases streamflow across the arc of deforestation in Brazil. **Geophysical Research Letters**, v. 45, n. 8, p. 3520-3530, 2018.
- LEWINSOHN, Thomas M.; PRADO, Paulo Inácio. How many species are there in Brazil?. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 619-624, 2005.
- MAPBIOMAS, Projeto. Projeto MapBiomas: Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. **Retrieved from Projeto MapBiomas: Coleção**, v. 6, 2020.
- MARGULIS, Sergio. Causas do desmatamento da Amazônia brasileira. 2003.
- MATTE, Alessandra. Mudanças produtivas no Pampa brasileiro: impactos, vulnerabilidade e estratégias de reação. **Transições produtivas, agroecológicas e culturais no campo brasileiro. 1ed. São Paulo: FFLCH/USP**, v. 1, p. 93-123, 2019.

MENGUE, Vagner Paz et al. Detecção de mudanças espaciais relacionadas à expansão da fronteira agrícola no Bioma Pampa. **Revista brasileira de cartografia, Rio de Janeiro. Vol. 70, n. 1 (jan./mar. 2018)**, p. 40-70, 2018.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Biomás**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biomás>. Acesso em: 19 ago. 2022.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. Disponível em: http://www.mma.gov.br/images/arquivos/areas_protegidas/snuc/Livro%20SNUC%20PNAP.pdf. Acesso em: 26 ago. 2022a.

MODERNELO, Pablo et al. Land use change and ecosystem service provision in Pampas and Campos grasslands of southern South America. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 11, p. 113002, 2016.

MORAIS, J. F. A fragmentação da paisagem e sua influência no funcionamento biológico da paisagem florestal. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 8, n. 3, p. 539-550, 2019.

MOREIRA, Juliana Gomes. Transformações produtivas no Pampa brasileiro: As mudanças na bovinocultura de corte diante do avanço da soja. 2019.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 4ª ed. Minas Gerais: Ed. UFV, 2011.

NICOLOSO, C. S. et al. Aplicação do Método Mesmis para Análise da Sustentabilidade de Sistemas de Produção da Pecuária Familiar em Área do Bioma Pampa no Rio Grande do Sul. **Revista Desenvolvimento em Questão, Ijuí, RS**, v. 16, n. 45, p. 354-376, 2018.

OLIVEIRA, Carmen Viviane de. Análise de mudanças da cobertura e uso do solo no Bioma Pampa com matrizes de transição. 2020.

OVIEDO, Antonio FP; DOBLAS, Juan. As florestas precisam das pessoas.

PADOVANI, Carlos Roberto; CRUZ, MLL da; PADOVANI, S. L. A. G. Desmatamento do Pantanal brasileiro para o ano 2000. **Simpósio Sobre Recursos Naturais e Socioeconomicos do Pantanal: Sustentabilidade regional. Corumbá: Embrapa**, 2004.

PALAZZI, Giovanna. A meta para o sistema de áreas protegidas no bioma Pampa: como estamos e para onde vamos?. 2018.

PANG, X.; LI, W.; LI, Z.; ZHAO, X.; WANG, X.; ZHANG, H.; LI, X. Effects of landscape fragmentation on population density and pathogen infection of rodents in southern China. **PLoS ONE**, v. 5, n. 9, e12727, 2010.

PASCUAL, Unai et al. Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. **Current opinion in environmental sustainability**, v. 26, p. 7-16, 2017.

PHAM, T. T.; CHUNG, D. H.; LEE, W. S. Landscape pattern analysis for monitoring the fragmentation of natural forest in the Northwestern Vietnam. **Forest Science and Technology**, v. 7, n. 3, p. 136-143, 2011.

PILLAR, V. de P. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Ministério do Meio Ambiente, 2009.

POTT, Arnildo. Dinâmica da vegetação do Pantanal. **Tópicos Atuais em Botânica. Embrapa Recursos genéticos e Biotecnologia/Sociedade Botânica do Brasil, Brasília**, p. 172-182, 2000.

POTT, Arnildo; POTT, Vali Joana. Vegetação do Pantanal: fitogeografia e dinâmica. **Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, v. 2, p. 1065-1076, 2009.

RAJÃO, Raoni; SOARES-FILHO, Britaldo. Policies undermine Brazil's GHG goals. **Science**, v. 350, n. 6260, p. 519-519, 2015.

RICHARDS, P D.; VANWEY, L. Farm-scale distribution of deforestation and remaining forest cover in Mato Grosso. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 4, p. 418-425, 2016.

SÁ, I. B. et al. Processos de desertificação no Semiárido brasileiro. 2010.

SANTOS, Sara Alves dos et al. As unidades de conservação no cerrado frente ao processo de conversão. 2018.

SCHINDLER, et al. A suite of global policies to protect biodiversity. **Nature Ecology & Evolution**, v. 3, n. 8, p. 1043-1046, 2019.

SILVA, J. A.; MARTINS, S. V.; BACCARO, F. B. The influence of forest fragmentation on the taxonomic diversity and similarity of understory epigaeic beetles (Coleoptera: Carabidae and Staphylinidae) in the southern Amazon. **Journal of Insect Conservation**, v. 17, n. 4, p. 733-741, 2013.

SILVA, José Maria C.; BATES, John M. Biogeographic patterns and conservation in the South American Cerrado: a tropical savanna hotspot: the Cerrado, which includes both forest and savanna habitats, is the second largest South American biome, and among the most threatened on the continent. **BioScience**, v. 52, n. 3, p. 225-234, 2002.

SILVEIRA, Vicente Celestino Pires; GONZÁLEZ, José Antonio; FONSECA, Eliana Lima da. Land use changes after the period commodities rising price in the Rio Grande do Sul State, Brazil. **Ciência Rural**, v. 47, 2017.

SIQUEIRA, Auberto et al. The role of private rural properties for conserving native vegetation in Brazilian Southern Amazonia. **Regional environmental change**, v. 18, p. 21-32, 2018.

SOLARI, R. A. F. **Aplicação de métodos de classificação supervisionada em imagens do Sentinel-2, como suporte ao cadastro ambiental rural**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Faculdade Unb Planaltina-Fup, Brasília. 150 p. 2017.

SOUZA, P. G. Fomento florestal em pequenas propriedades rurais no Brasil: estratégias e efetividade. **Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba–Brasil**, p. 296, 2013.

TABARELLI, Marcelo et al. Caatinga: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 25-29, 2018.

TABARELLI, Marcelo et al. Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 132-138, 2005.

TEAM, R. Development Core. A language and environment for statistical computing. **[http://www. R-project. org](http://www.R-project.org)**, 2009.

VANWEY, Leah K. et al. Socioeconomic development and agricultural intensification in Mato Grosso. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 368, n. 1619, p. 20120168, 2013.

VÉLEZ-MARTIN, Eduardo et al. Conversão e fragmentação. **PILLAR, VP; LANGE, O. Os Campos do Sul. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos–UFRGS**, p. 125-134, 2015.

VILELA, Vívian Maria de Faria Nasser. **A lei de proteção da vegetação nativa do Brasil e o desafio para a conservação da paisagem**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo

ZARIN, Daniel J. et al. **Can carbon emissions from tropical deforestation drop by 50% in 5 years?**. *Global change biology*, v. 22, n. 4, p. 1336-1347, 2016.

APÊNDICE A – Mapas de Solos nos biomas

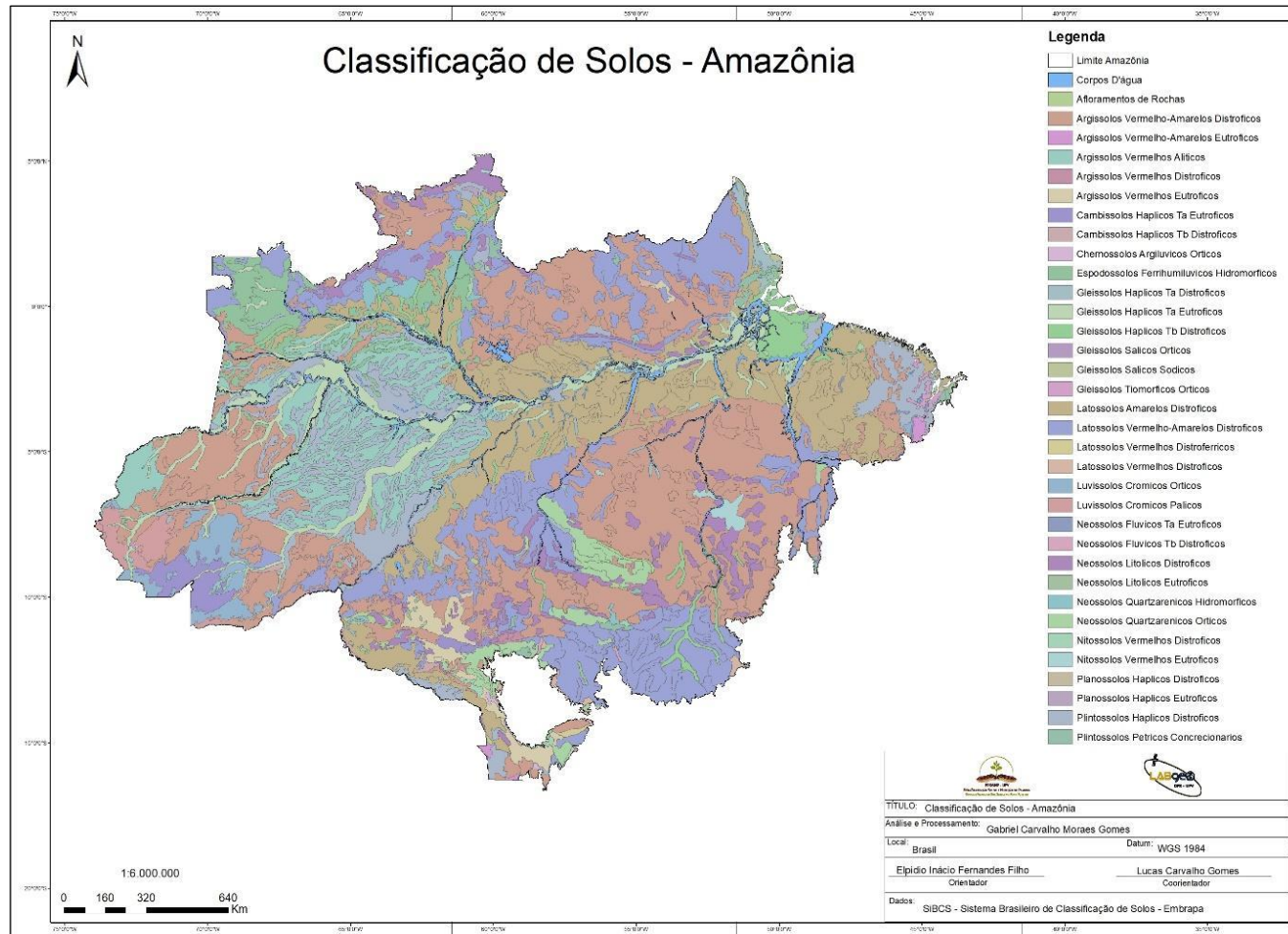


Figura 31: Classificação de Solos no Bioma Amazônia.

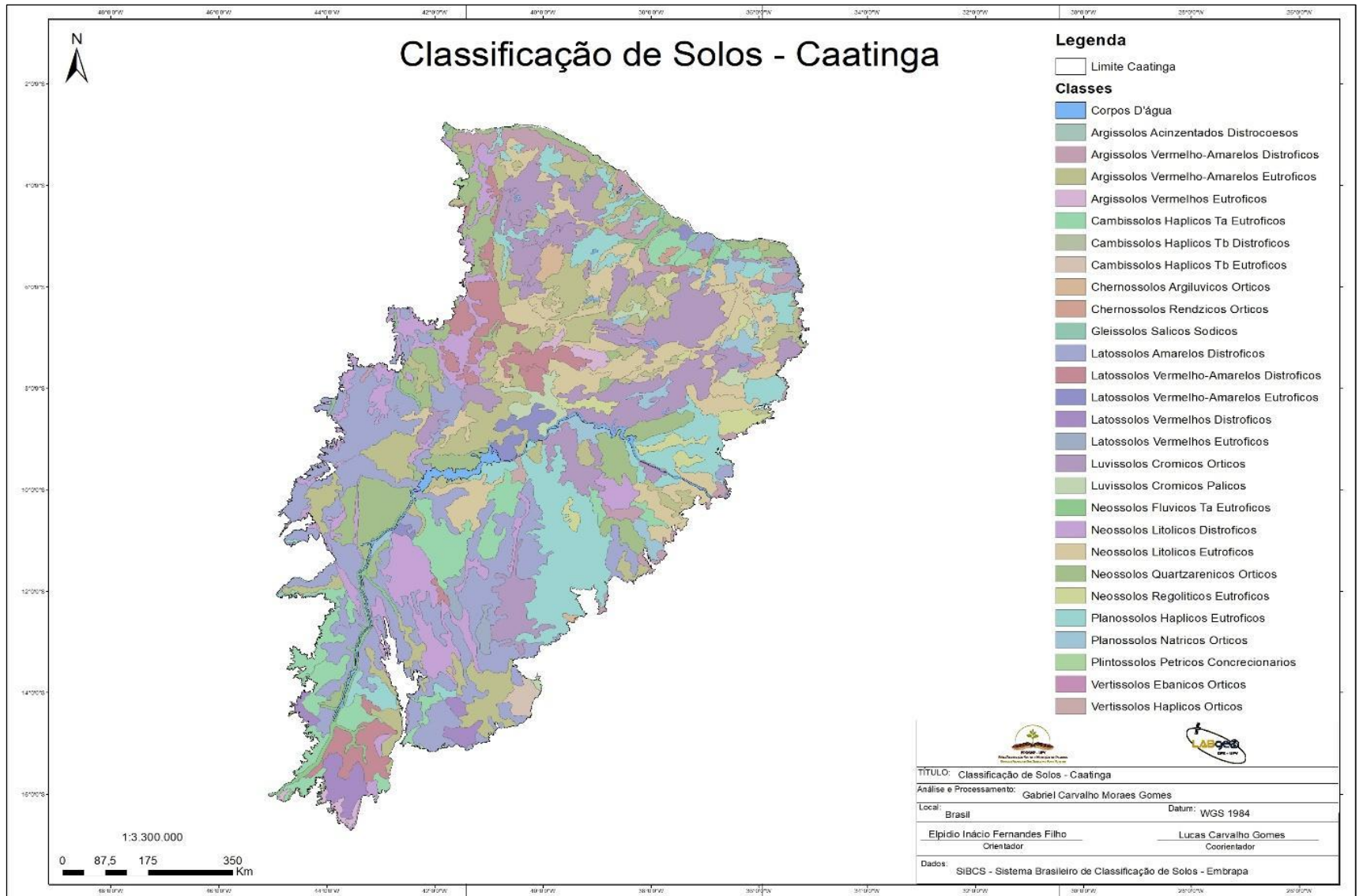


Figura 32: Classificação de Solos no Bioma Caatinga.

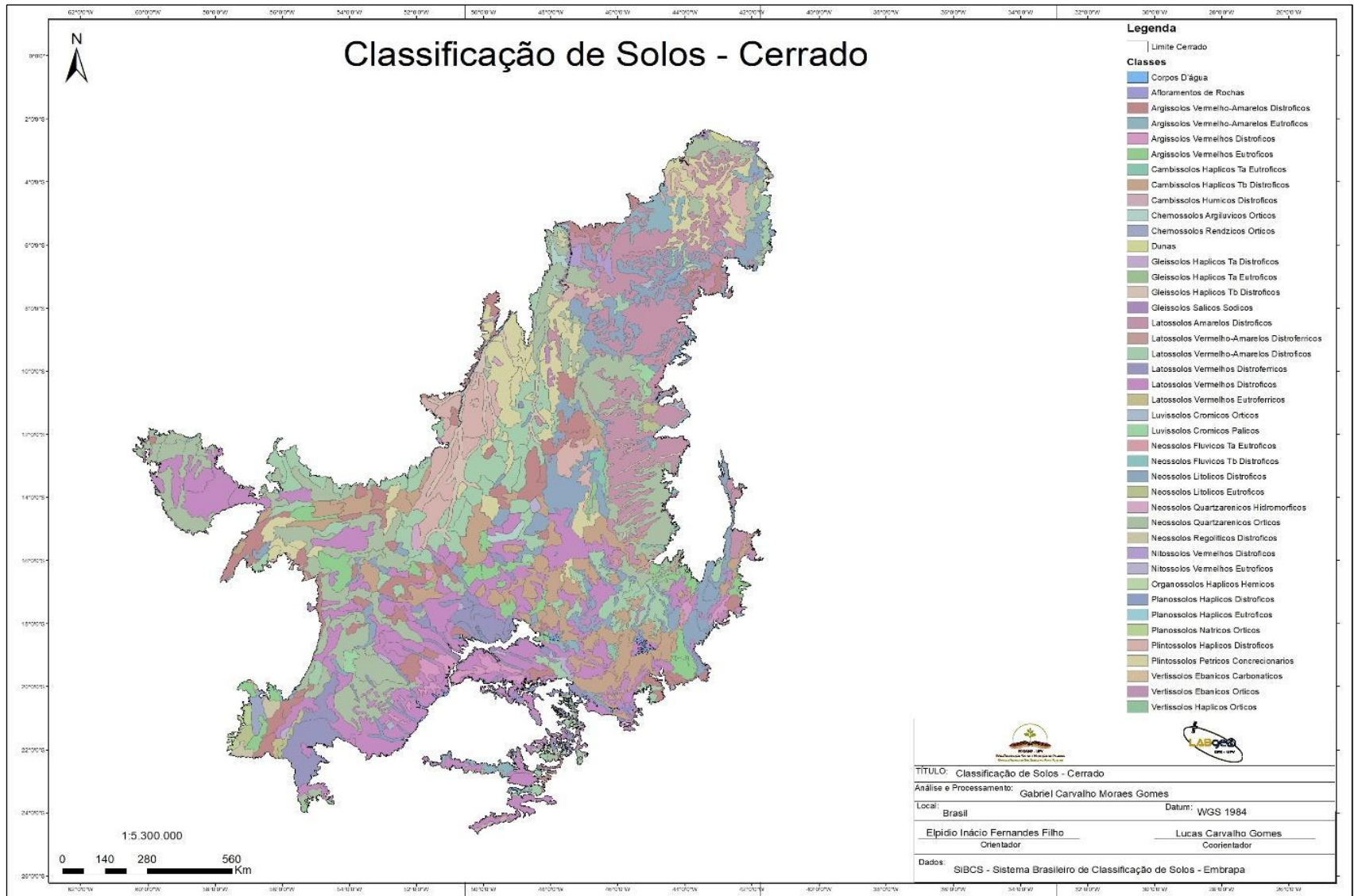


Figura 33: Classificação de Solos no Bioma Cerrado.

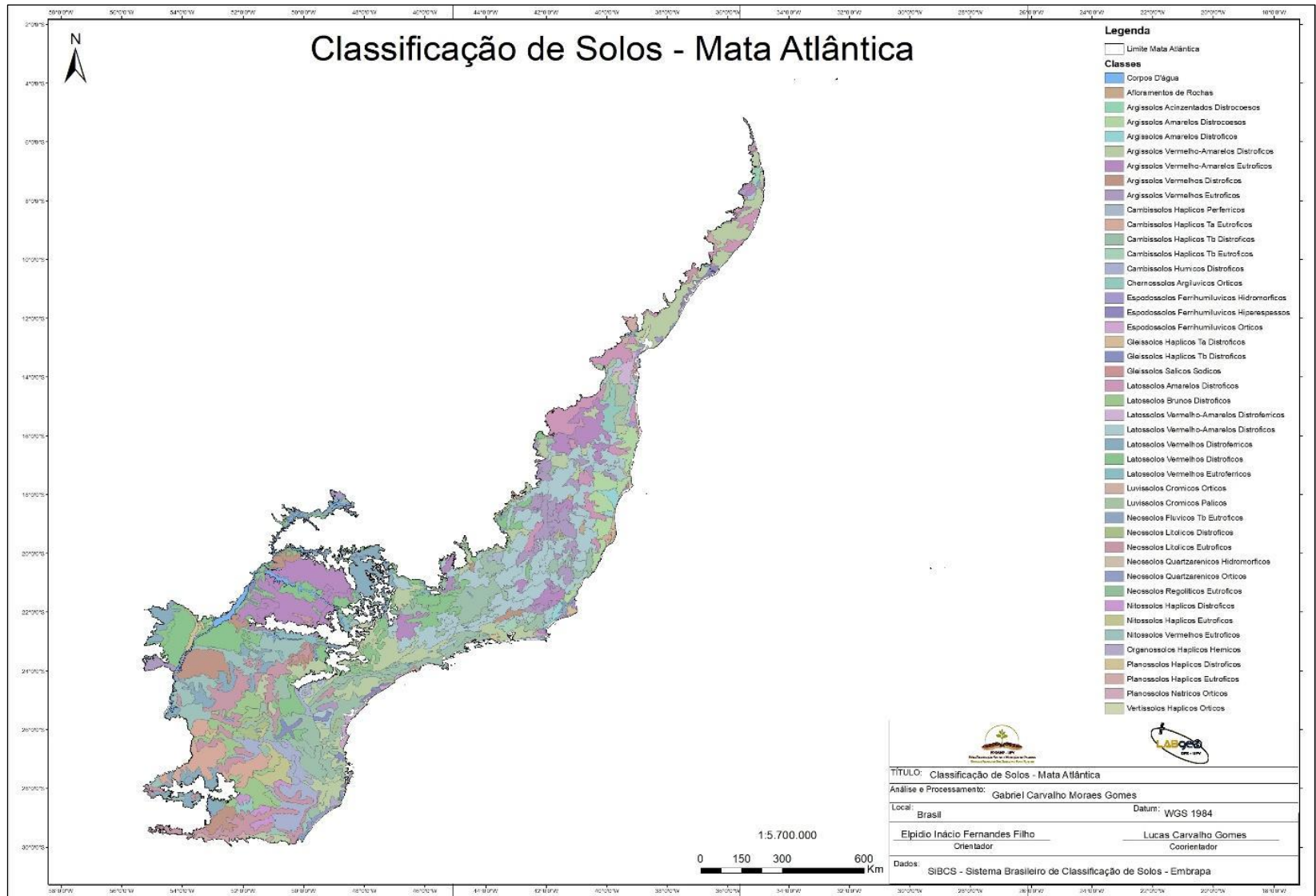


Figura 34: Classificação de Solos no Bioma Mata Atlântica.

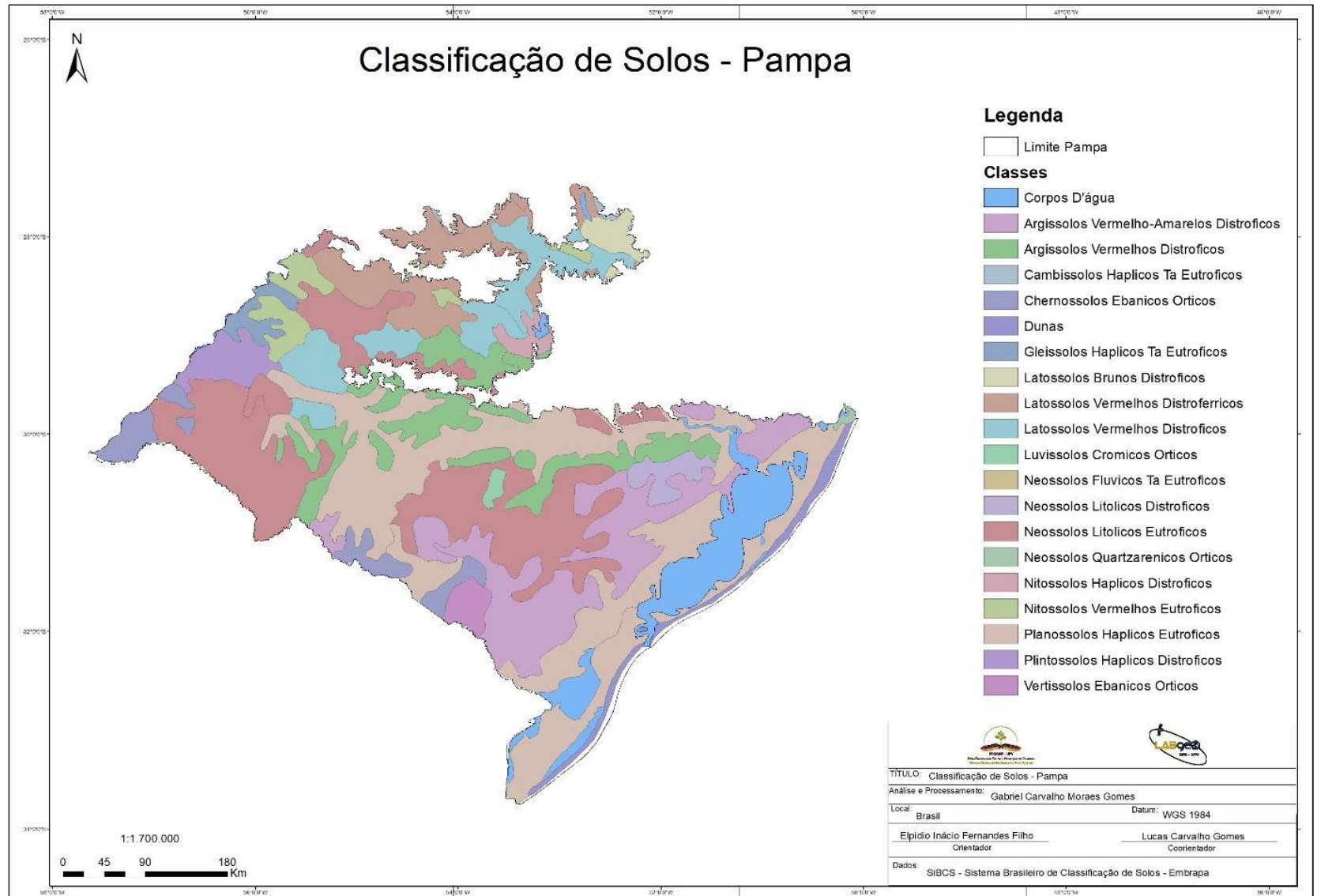


Figura 35: Classificação de Solos no Bioma Pampa.

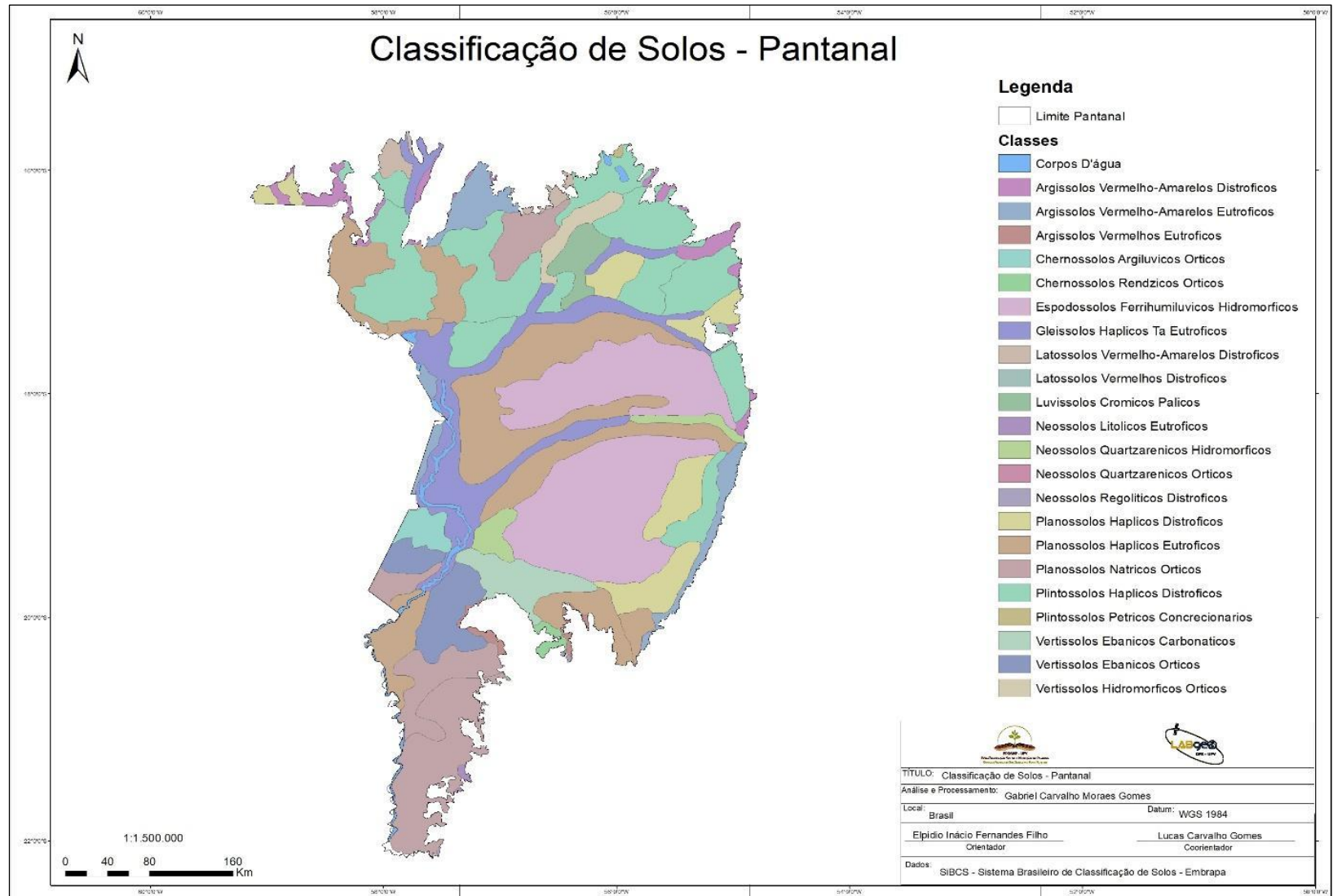


Figura 36: Classificação de Solos no Bioma Pantanal.

APÊNDICE B - Mapas de Vegetação Nativa do Brasil

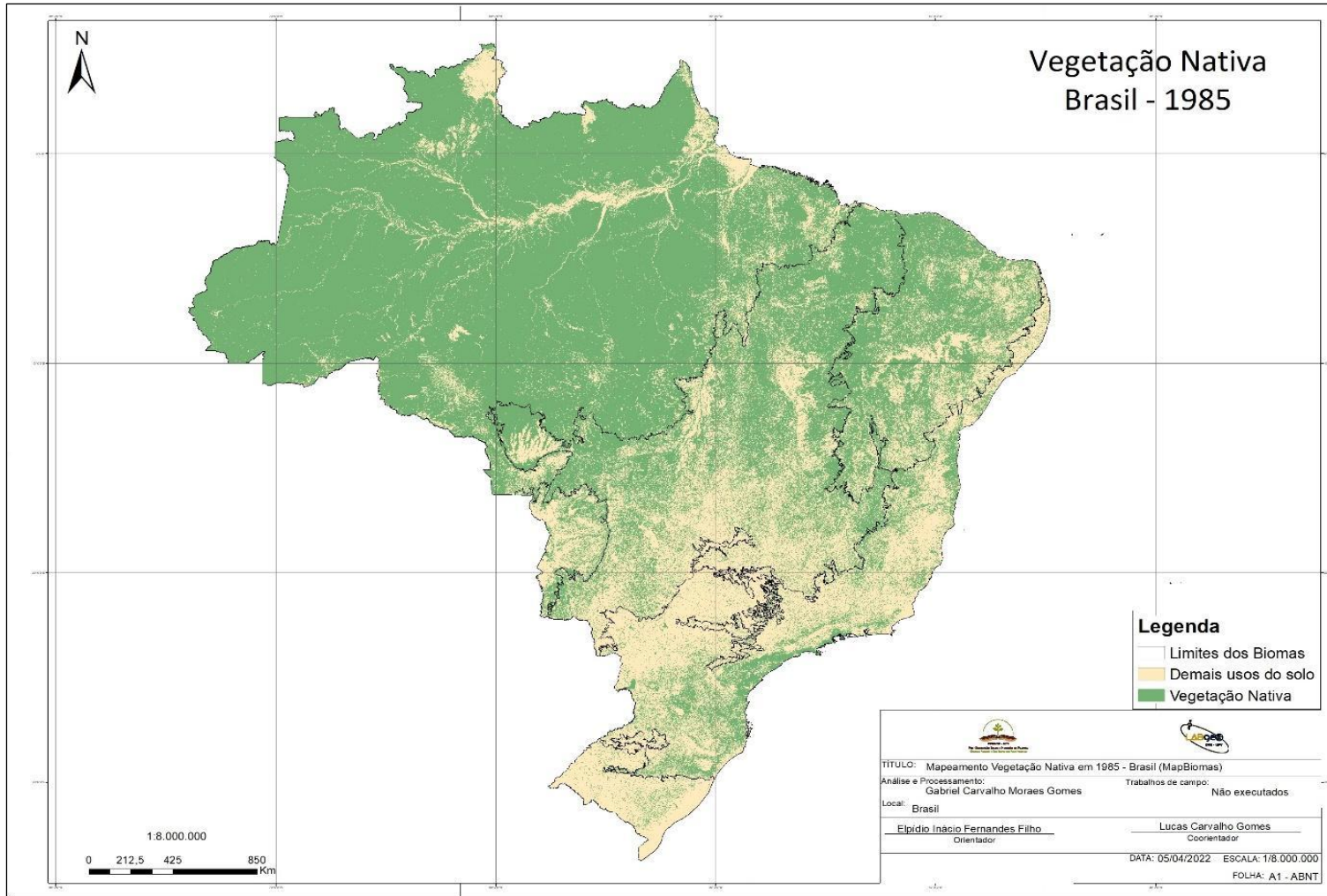


Figura 37: Vegetação Nativa no Brasil em 1985.

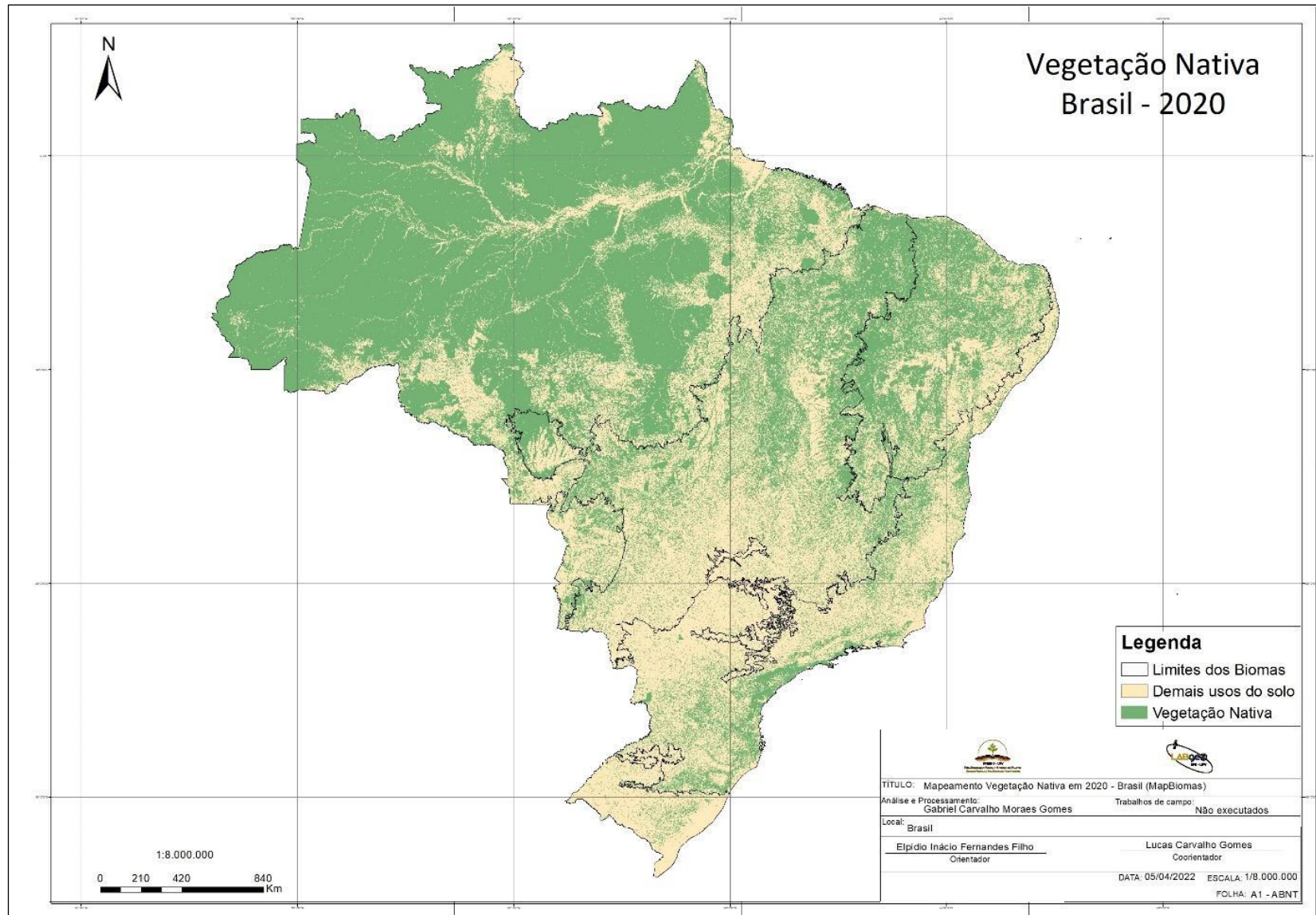


Figura 38: Vegetação Nativa no Brasil em 2020.