



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m12e/2025/12.22.14.49-NTC

QUALIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA DO BIOMA PANTANAL

Cláudio Aparecido de Almeida
Silvana Amaral
Erison Carlos dos Santos Monteiro
Luciana de Souza Soler
Lívia Caroline César Dias
Bruna Henrique Sacramento
Débora Tomiatti Giancola
Rodrigo Lacerda Brito Neto
Luis Eduardo Pinheiro Maurano
Cassiano Gustavo Messias

Nota técnica do Programa de
Monitoramento dos Biomas
Brasileiros (BiombrasBR)

URL do documento original:
<<http://urlib.net/8JMKD2USNRW34T/4EQRC8H>>

INPE
São José dos Campos
2026

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE)
Divisão de Biblioteca (DIBIB)
CEP 12.227-010
São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.:(012) 3208-6923/7348
E-mail: pubtc@inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):**Presidente:**

Dr. Thales Sehn Korting - Coordenação-Geral de Ciências da Terra (CGCT)

Membros:

Dr. Antonio Fernando Bertachini de Almeida Prado - Conselho de Pós-Graduação (CPG)

Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia, Tecnologia e Ciência Espaciais (CGCE)

Dr. Heyder Hey - Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP)

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon

Clayton Martins Pereira - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Ivone Martins - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m12e/2025/12.22.14.49-NTC

QUALIFICAÇÃO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA DO BIOMA PANTANAL

Cláudio Aparecido de Almeida
Silvana Amaral
Erison Carlos dos Santos Monteiro
Luciana de Souza Soler
Lívia Caroline César Dias
Bruna Henrique Sacramento
Débora Tomiatti Giancola
Rodrigo Lacerda Brito Neto
Luis Eduardo Pinheiro Maurano
Cassiano Gustavo Messias

Nota técnica do Programa de
Monitoramento dos Biomas
Brasileiros (BiombrasBR)

URL do documento original:
<<http://urlib.net/8JMKD2USNRW34T/4EQRC8H>>

INPE
São José dos Campos
2026



Esta obra foi licenciada sob uma [Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada](#).

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License](#).

RESUMO

A vegetação secundária (VS) corresponde a áreas que, após o desflorestamento ou degradação da vegetação primária, apresentam regeneração de sua cobertura florestal. Devido à importância desta vegetação e dos serviços ecossistêmicos prestados, informações sobre ocorrência e caracterização das áreas de vegetação secundária são centrais para políticas públicas de conservação, reflorestamento e manejo sustentável. O objetivo deste documento é apresentar as análises e os resultados do diagnóstico qualitativo da vegetação secundária do bioma Pantanal. A partir do mapeamento de vegetação secundária, realizado pelo Projeto “Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros: Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa”, da Funcate em parceria com o INPE, de 2018 a 2022, são apresentadas análises baseadas no cálculo de idade dos fragmentos de VS e em métricas da paisagem, tais como tamanho, estrutura e conectividade. Como resultados, são descritas: as métricas de ecologia da paisagem (área, área core, índice de dimensão fractal, distância euclidiana ao vizinho mais próximo e tipo de vegetação vizinha mais próxima); a composição dos polígonos quanto às categorias fundiárias do bioma Pantanal; e a idade da vegetação. Foram analisados 4.548 polígonos de vegetação secundária, com áreas variando de 2 a mais de 10.000 ha, totalizando 118.802,99 ha. Há predomínio de polígonos de VS com área entre 2 e 20 ha (81,33% dos fragmentos), embora as maiores áreas estejam em fragmentos acima de 100 ha. Quanto à área core, as diferentes distâncias de borda analisadas apresentaram respostas distintas sobre a estrutura da paisagem e distribuição dos fragmentos florestais nas classes de área central, com destaque à disparidade na proporção de fragmentos sem área core em distâncias de borda de 30 m (8 fragmentos) e 120 m (3.360 fragmentos). A maioria das áreas de VS têm como vizinho mais próximo polígonos de vegetação primária (89,95% dos fragmentos; 95,99% da área), em uma paisagem com boa conectividade. Quanto à idade, há mais fragmentos de 4 anos (2.926 fragmentos; 100.064,86 ha), tanto em número, quanto em área. Quanto às categorias fundiárias, a VS do bioma Pantanal predomina em Áreas sem Registro Fundiário (44,054%) e de Propriedade Privada (Dados SIGEF) (38,618%). Análises desta natureza são importantes como subsídio a tomadores de decisão e na confecção de políticas públicas, como exemplo na determinação de áreas prioritárias para a conservação e/ou recuperação ambiental. Os resultados apresentados são produto de uma parceria entre o INPE e o Ministério do Meio Ambiente (MMA) para suprir a demanda do Governo Federal para qualificação destas áreas em regeneração, tendo vistas ao Plano Nacional de Vegetação Nativa (PLANAVEG).

Palavras-chave: Vegetação em regeneração. Pantanal. Ecologia da Paisagem. Funcate.

QUALIFICATION OF SECONDARY VEGETATION IN THE PANTANAL BIOME

ABSTRACT

Secondary vegetation (SV) represents areas undergoing forest regeneration after deforestation or degradation of primary vegetation. Given the ecological importance of SV and the ecosystem services it provides, information on its occurrence and characterization is crucial for public policies aimed at conservation, reforestation, and sustainable management. This document presents the analyses and results of the qualitative diagnosis of secondary vegetation in the Pantanal biome. Based on SV mapping conducted by the "Environmental Monitoring of Brazilian Biomes: Caatinga, Atlantic Forest, Pantanal, and Pampa" Project, a partnership between Funcate and INPE, from 2018 to 2022, this study provides insights derived from the calculation of fragment age and landscape metrics, including size, structure, and connectivity. The results describe landscape ecology metrics (area, core area, fractal dimension index, Euclidean distance to the nearest neighbor, and type of nearest neighboring vegetation), the composition of polygons concerning the land tenure categories of the Pantanal biome, and vegetation age. A total of 4,548 secondary vegetation polygons were analyzed, with areas ranging from 2 to over 10,000 ha, summing to 118,802.99 ha. There is a predominance of SV polygons with areas between 2 and 20 ha (81.33% of fragments), although the largest areas are found in fragments over 100 ha. Regarding core area, different border distances revealed distinct responses concerning landscape structure and the distribution of forest fragments within core area classes, highlighting the disparity in the proportion of fragments without a core area at 30 m (8 fragments) and 120 m (3,360 fragments) border distances. Most SV areas have primary vegetation as their nearest neighbor (89.95% of fragments; 95.99% of area), indicating a well-connected landscape. In terms of age, the 4-year-old class stands out with a higher number of fragments (2,926 fragments; 100,064.86 ha), both in terms of count and area. Concerning land tenure categories, SV in the Pantanal biome predominates in areas without land registration (44.054%) and private properties (SIGEF Data) (38.618%). Analyses of this nature are important as a support for decision-makers and in the development of public policies, such as determining priority areas for environmental conservation and/or recovery. The presented results are a product of a partnership between INPE and the Ministry of Environment (MMA) to meet the Federal Government's demand for qualifying these regenerating areas, with a view to the National Native Vegetation Recovery Plan (PLANAVEG).

Keywords: Regenerating vegetation. Pantanal. Landscape ecology. Funcate.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Fluxograma metodológico da qualificação da vegetação secundária do bioma Pantanal.	7
Figura 3.1 – Limite do bioma Pantanal e os polígonos de vegetação secundária.	12
Figura 3.2 – Síntese dos dados de área dos polígonos de vegetação secundária por classes de tamanho quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B).	13
Figura 3.3 – Síntese da área dos polígonos de vegetação secundária por classes de tamanho de área - somatório de área percentual (A) e absoluto (B).	14
Figura 3.4 – Síntese dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B) - com distância de borda de 30 m.	16
Figura 3.5 – Síntese de área core dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B) - com distância de borda de 30 m.	17
Figura 3.6 – Síntese dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao número de fragmentos – percentual (A) e absoluto (B) – com distância de borda de 60 m.	18
Figura 3.7 – Síntese de área core dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao somatório de área – percentual (A) e absoluto (B) – com distância de borda de 60 m.	19
Figura 3.8 – Síntese dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B) - com distância de borda de 90 m.	20
Figura 3.9 – Síntese de área core dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B) - com distância de borda de 90 m.	21
Figura 3.10 – Síntese dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B) - com distância de borda de 120 m.	22
Figura 3.11 – Síntese de área core dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B) - com distância de borda de 120 m.	23
Figura 3.12 – Síntese do índice de dimensão fractal da vegetação secundária por classes, quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B).	25
Figura 3.13 – Síntese do índice de dimensão fractal da vegetação secundária por classes quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B).	26

Figura 3.14 – Síntese dos dados de distância ao vizinho mais próximo da vegetação secundária por classes de distância (m) quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B).....	27
Figura 3.15 – Síntese dos dados de distância ao vizinho mais próximo da vegetação secundária por classes de distância (m) quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B).	28
Figura 3.16 – Síntese da classe do vizinho mais próximo da vegetação secundária por classes de vegetação quanto ao número fragmentos - percentual (A) e absoluto (B) e; quanto ao somatório de área - percentual (C) e absoluto (D).	29
Figura 3.17 – Mapa de distribuição espacial da idade (anos) dos fragmentos de vegetação secundária no bioma Pantanal para 2022.	30
Figura 3.18 – Síntese da idade da vegetação secundária por classes de idade em anos quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B).....	31
Figura 3.19 – Síntese da idade da vegetação secundária por classes de idade em anos quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B).	32
Figura 3.20 – Síntese da caracterização fundiária dos polígonos de vegetação secundária quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B).	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVO	3
2	METODOLOGIA	4
2.1	MATERIAL	4
2.2	MÉTODOS.....	6
2.2.1	Pré-processamento dos dados	8
2.2.2	Análise de métricas de paisagem	8
2.2.3	Cálculo da idade da vegetação secundária	10
2.2.4	Caracterização fundiária dos fragmentos de vegetação secundária	10
3	RESULTADOS	11
3.1	PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS	11
3.2	ANÁLISE DE MÉTRICAS DE PAISAGEM	12
3.2.1	Área dos fragmentos de vegetação secundária	12
3.2.2	Área core dos fragmentos de vegetação secundária	15
3.2.3	Índice de Dimensão Fractal	24
3.2.4	Distância euclidiana ao vizinho mais próximo	26
3.2.4.1	Classe de vegetação vizinha.....	28
3.3	IDADE DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA.....	29
3.4	CARACTERIZAÇÃO FUNDIÁRIA DOS FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA	32
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
5	REFERÊNCIAS	35

1 INTRODUÇÃO

Vegetação secundária (VS) corresponde a áreas que, após o desflorestamento ou degradação da vegetação primária, encontram-se em processo de regeneração florestal. Essa vegetação em regeneração pode ser estratégica para restaurar grandes extensões de florestas tropicais a baixo custo e com altos benefícios ambientais (Rosenfield et al., 2022), como, potencialmente, atuar como sumidouro de carbono e reduzir o risco de extinção de espécies, especialmente quando integrada a um planejamento estratégico de priorização das áreas a serem recuperadas (Wolosin et al., 2022).

As regiões florestais tropicais apresentam uma relevância particular para regeneração, dada a sua biodiversidade e magnitude de serviços ecossistêmicos, bem como às grandes extensões de área desmatada e/ou degradada (Pillay et al, 2022). Em contextos de intensa fragmentação de habitats, a vegetação secundária representa uma oportunidade estratégica para a conservação e o restabelecimento da conectividade entre remanescentes florestais (Hall et al., 2022).

Estas áreas de vegetação secundária podem se estabelecer de forma espontânea, pela regeneração natural, ou resultar de projetos de restauração ecológica planejada (Chokkalingam; De Jong, 2001). Estes projetos não apenas aceleram o retorno da cobertura vegetal, mas também direcionam a composição florística e estrutural, potencializando o restabelecimento de processos ecológicos e a recuperação de serviços ambientais.

Diante da relevância da vegetação secundária, o Brasil assumiu compromissos nacionais e internacionais para sua conservação, incluindo as metas do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG 2025-2028). O PLANAVEG tem como meta o desafio de restaurar 12 milhões de hectares de vegetação nativa. O objetivo 2 do Quadro Mundial para a Biodiversidade, visa recuperar pelo menos 30% das áreas degradadas até 2030 (MMA, 2024; ONU, 2021).

A produção de dados espacialmente explícitos sobre a VS em todos os biomas brasileiros constitui uma base inicial para a formulação de políticas desta natureza. Para este trabalho, foram utilizados os dados produzidos pela Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologia Espaciais (FUNCATE) em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e financiamento do BNDES e Fundo Amazônia, através do projeto “Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros: Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa”, uma iniciativa fundamental para detecção e acompanhamento da expansão das áreas de VS no Brasil (Funcate, 2023). A partir das informações geradas é possível avaliar a dinâmica da sucessão ecológica, identificar ameaças e oportunidades para a conservação, e medir a efetividade de políticas públicas de restauração.

Nesse contexto, este documento descreve a análise referente à quantificação e qualificação da vegetação nativa secundária recente no bioma Pantanal. Para esta abordagem, VS corresponde às formações arbustivas - arbóreas decorrentes de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação original por ações antrópicas ou causas naturais (CONAMA, 1994). Correspondem, assim, às áreas de vegetação mapeadas resultantes do cruzamento com dados de desmatamento. O processo foi finalizado com uma análise visual e edição vetorial manual para refinar e validar os polígonos de vegetação secundária.

Com base nos mapeamentos e monitoramentos oficiais existentes, os dados de vegetação secundária foram utilizados para o cálculo e análise de atributos de ecologia da paisagem, tais como a distribuição espacial e a proximidade entre fragmentos. A qualificação da VS foi realizada por meio de análises temporais e espaciais dos atributos de cada fragmento como persistência, configuração, área total, índices de forma e distâncias entre fragmentos. Como produto, a qualificação das áreas de VS será disponibilizada como dado geográfico (em formato vetorial) e dados tabulares. Os vetores têm como atributos as informações respectivas de idade, área (ha), área central (ha), índice de dimensão fractal e proximidade a outros fragmentos de vegetação nativa e composição conforme recortes fundiários.

Este documento, além de descrever os procedimentos metodológicos, apresenta os resultados referentes ao bioma Pantanal. Ao fornecer informações detalhadas e qualificadas sobre a contribuição das áreas de VS nas paisagens, este trabalho provê bases objetivas para auxiliar a identificação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade e proposição de medidas de regeneração da cobertura nativa.

1.1 OBJETIVO

Esta nota técnica tem como objetivo apresentar a metodologia e os resultados das análises referentes ao diagnóstico qualitativo da vegetação secundária do bioma Pantanal, a partir da identificação da estimativa de idade dos fragmentos, do cômputo de métricas da paisagem relativas a tamanho, estrutura e conectividade, e da identificação das categorias fundiárias predominantes.

O desenvolvimento e a operacionalização desta atividade foram realizados no escopo do Projeto INPE – CNPq TerraClass Paisagem: “Paisagens de Vegetação Secundária”, do programa BiomasBR do INPE, em atenção à demanda do Ministério do Meio Ambiente (MMA) por dados de vegetação secundária. Os dados e informações produzidos contribuirão para uma melhor compreensão da dinâmica das áreas de vegetação secundária no Brasil, quanto à distribuição espacial, tempo de recorrência e conectividade, elementos relevantes aos serviços ecossistêmicos e áreas prioritárias para a biodiversidade.

2 METODOLOGIA

2.1 MATERIAL

O Projeto “Monitoramento Ambiental dos Biomas Brasileiros por Satélites: Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal” teve por objetivo realizar o monitoramento e o mapeamento do desmatamento destes quatro biomas brasileiros para gerar informação estratégica para a gestão territorial do país, complementando as informações da Amazônia e Cerrado fornecidas pelo INPE, para apoio ao MMA e IBAMA. A fim de subsidiar estudos sobre regeneração de áreas desmatadas, para auxiliar a preparação do FREL Nacional (nível de referência de emissões florestais) pelo Ministério do Meio Ambiente, foram produzidos também os mapas de vegetação secundária para os anos 2018, 2020 e 2022. (Funcate, 2023).

Segundo o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (Resolução Nº 33/1994): “Como vegetação secundária ou em regeneração, considera-se aquelas formações herbáceas, arbustivas ou arbóreas decorrentes de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação original por ações antrópicas ou causas naturais.” A partir desse conceito, a metodologia utilizada para o mapeamento da vegetação secundária nos biomas Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal, analisou a sucessão de vegetação nas áreas classificadas como desmatamento no dado de monitoramento do desmatamento nos biomas Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal. Foram mapeadas como vegetação secundária apenas áreas de vegetação de fitofisionomias florestais.

Assim, para a caracterização da vegetação secundária do bioma Pantanal aqui apresentada, foram utilizados os dados das áreas mapeadas na classe Vegetação Secundária, do referido projeto de mapeamento, referentes aos anos de 2018, 2020 e 2022, com resolução espacial de 30 metros, e disponibilizados em formato matricial (GeoTIFF).

O dado de categorias fundiárias utilizado na caracterização dos fragmentos de vegetação secundária (VS) é o que foi definido junto com o MMA, para análise

dos dados de monitoramento diário dos alertas de desmatamento do sistema Deter, conforme apresentado na Sala de Situação da plataforma TerraBrasilis (<https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/ams/>). O mapa, em formato raster (GeoTIFF), foi gerado a partir dos dados oficiais de cada categoria e sobrepostos de modo a eliminar os conflitos espaciais entre as diferentes classes, conforme a Tabela 2.1. Ou seja, nos casos em que podem ocorrer duas categorias, como, por exemplo, Área de Proteção Ambiental (APA) e Propriedade Privada, o mapa considerou apenas a categoria APA, de maior prioridade, de modo a não haver sobreposição de categorias. As áreas que não apresentaram correspondência em nenhuma das bases públicas disponíveis foram classificadas como “Área sem Registro Fundiário”.

Tabela 2.1 – Ordem de prioridade das categorias fundiárias e fonte dos dados para geração do mapa.

Categoria fundiária	Fonte	Hierarquia de sobreposição
Terra Indígena	FUNAI (2024)	1
Unidade de Conservação de Proteção Integral	ICMBio (2025)	2
Unidade de Conservação de Uso Sustentável (exceto APA)	ICMBio (2025)	3
Território Quilombola	INCRA (2025)	4
Assentamentos Rurais	INCRA (2025)	5
Área de Proteção Ambiental (APA)	ICMBio (2025)	6
Propriedade Privada (SIGEF)	INCRA (2025)	7
Floresta Pública Não Destinada	SFB (2024)	8
Áreas sem Registro Fundiário	-	9

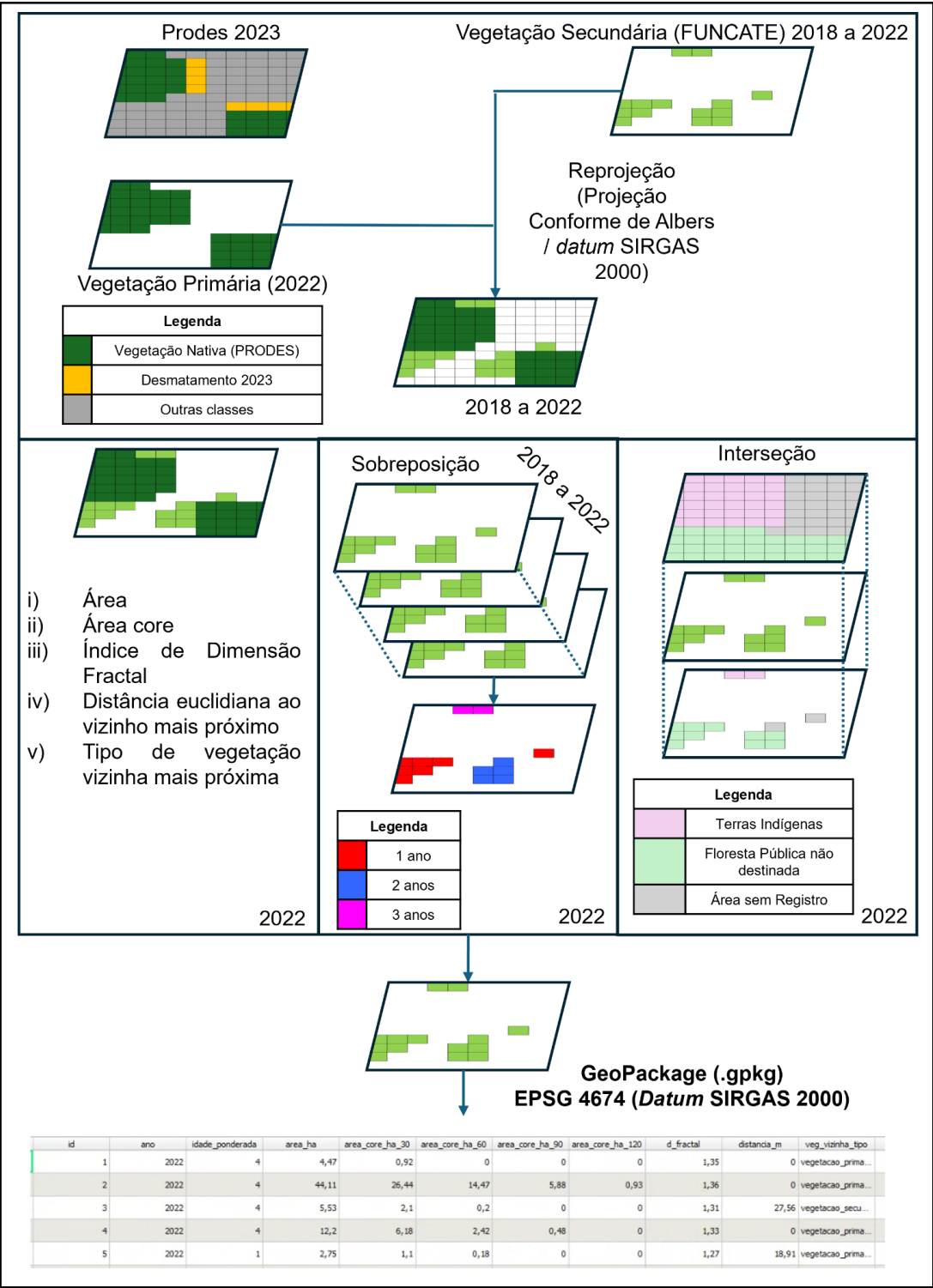
Para os processamentos, os dados foram reprojetados para o *datum* Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas no ano 2000 (SIRGAS 2000), sistema geodésico de referência para o Brasil (IBGE, 2017). A projeção cartográfica utilizada foi a Cônica Equivalente de Albers, conforme recomendação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística para análises em escala regional (IBGE, 2022). No entanto, para a disponibilização dos resultados, os dados foram convertidos para o sistema de coordenadas geográficas (*datum* SIRGAS 2000,

EPSG: 4764), por ser o formato mais amplamente adotado e acessível para compartilhamento e visualização.

2.2 MÉTODOS

As análises foram realizadas em quatro etapas metodológicas, conforme apresenta o fluxograma da Figura 2.1: pré-processamento dos dados; análise de métricas de paisagem; cálculo da idade da vegetação secundária e; caracterização fundiária da vegetação secundária. Os procedimentos são detalhados a seguir.

Figura 2.1 – Fluxograma metodológico da qualificação da vegetação secundária do bioma Pantanal.



2.2.1 Pré-processamento dos dados

O tratamento dos dados que precedeu as análises consistiu na reprojeção para o sistema *Albers Equal Area* (América do Sul), utilizando o *datum* SIRGAS 2000. Essa etapa foi realizada com o objetivo de garantir maior precisão nos cálculos de área (IBGE, 2022).

Apenas os polígonos de vegetação secundária com área igual ou superior a 2 hectares foram considerados nas análises para padronizar o processamento e pela consistência metodológica, facilitando comparações entre diferentes áreas e períodos.

Para a disponibilização dos resultados, os dados foram convertidos para o sistema de coordenadas geográficas (*datum* SIRGAS 2000, EPSG: 4674), por ser o formato mais amplamente adotado e acessível para compartilhamento e visualização.

2.2.2 Análise de métricas de paisagem

As métricas de ecologia da paisagem são medidas para quantificação de padrões espaciais e processos ecológicos. Foram avaliadas as métricas: área (em hectares), área central (em hectares), índice de dimensão fractal (adimensional) e distância euclidiana ao vizinho mais próximo (em metros), para polígonos de VS em 2022. As métricas foram empregadas em conformidade com o protocolo metodológico do acordo (TED) entre INPE e MMA para o mapeamento oficial da vegetação secundária. Esses indicadores foram escolhidos por sua capacidade de avaliar a dimensão, a geometria e a distribuição espacial dos fragmentos, informações base para se inferir sobre a qualidade do habitat, a conectividade e os processos de dispersão de espécies e fluxo gênico (Brasil et al., 2022; Mayhew et al., 2019).

Para a análise de área central, não há consenso na literatura científica quanto à distância que deve ser considerada para quantificar o efeito de borda (Palharini et al. 2020; van Melis et al. 2021; Mariano et al. 2024). Diante disso, e visando a comparabilidade com análises já conduzidas para os biomas Amazônia e Cerrado, foi adotada uma distância de borda de 120 metros, conforme indicado na literatura (Brasil et al., 2022; Silva Junior et al., 2020). Foram também gerados

os dados de área core, ou seja, a porção interior dos fragmentos menos influenciada por efeitos de borda, conforme seus respectivos quartis (Q1: 30 m; Q2: 60 m; Q3: 90 m), o que permite uma avaliação gradativa dos efeitos de borda sobre a estrutura dos fragmentos florestais, conforme estudo de Mendonça et al. (2015).

O Índice de Dimensão Fractal – DF é uma métrica de forma que demonstra a complexidade da forma dos fragmentos, variando entre 1 (formas mais regulares) e 2 (formas mais irregulares ou complexas), e é dado por:

$$DF_i = \frac{2 \cdot \log p_i}{\log a_i} \quad (1)$$

Onde DF_i é o Índice de Dimensão Fractal do fragmento de vegetação secundária i ; p_i é o perímetro da vegetação secundária i (m); a_i é a área do fragmento de vegetação secundária i (m²).

Para a métrica de distância euclidiana ao vizinho mais próximo, foi necessário determinar qual a tipologia da vegetação nativa mais próxima: vegetação primária ou secundária. Embora o foco do mapeamento seja a vegetação secundária, na análise de distância euclidiana ao vizinho mais próximo também foram considerados os polígonos de vegetação primária, definidos como “Vegetação Primária”, e obtidos do produto do Prodes de 2023 (INPE, 2025). Sob a perspectiva ecológica, a proximidade entre as diferentes categorias de vegetação influencia processos ecológicos como o fluxo gênico, migração de espécies e a conectividade de habitats. Considerar a vegetação primária inserida na paisagem permite realizar uma análise mais completa da dinâmica e dos padrões de regeneração, além de melhor refletir as interações ecológicas.

Para o cálculo das métricas, foram usadas as bibliotecas Python *numpy*, *pandas* e *geopandas* (Jordahl, 2017; Harris et al., 2020; McKinney, 2022).

2.2.3 Cálculo da idade da vegetação secundária

Por estar associada ao estágio de desenvolvimento do ecossistema, considerando sua dinâmica de sucessão ecológica, a idade da vegetação secundária é um fator importante para o monitoramento da recuperação florestal e para definição de suas estratégias de manejo.

O cálculo da idade da vegetação secundária do bioma Pantanal foi realizado por meio de operações de sobreposição espacial em ambiente Python, que preservaram as geometrias na camada base (mais recente, 2022) e adicionaram informações das camadas mais antigas (2020 e 2018). A metodologia consiste em retroceder as geometrias de vegetação secundária na série temporal, utilizando polígonos que mantêm suas geometrias originais e registrando-se os anos em que foram identificados. A partir dessas informações, foi possível determinar o ano mais antigo de cada fragmento. Finalmente, calcula-se a idade do fragmento subtraindo-se seu ano mais antigo do ano do primeiro registro, ou seja, 2022, no caso do Pantanal. Polígonos sem interseção com camadas mais antigas têm idade mínima definida como 1 ano. Esse processo permite estimar a idade da vegetação secundária com base em sua persistência nos mapas analisados. Após o cálculo da idade, foi aplicada a média ponderada pela área, para considerar a influência da área de cada porção na determinação da idade final dos polígonos de 2022.

2.2.4 Caracterização fundiária dos fragmentos de vegetação secundária

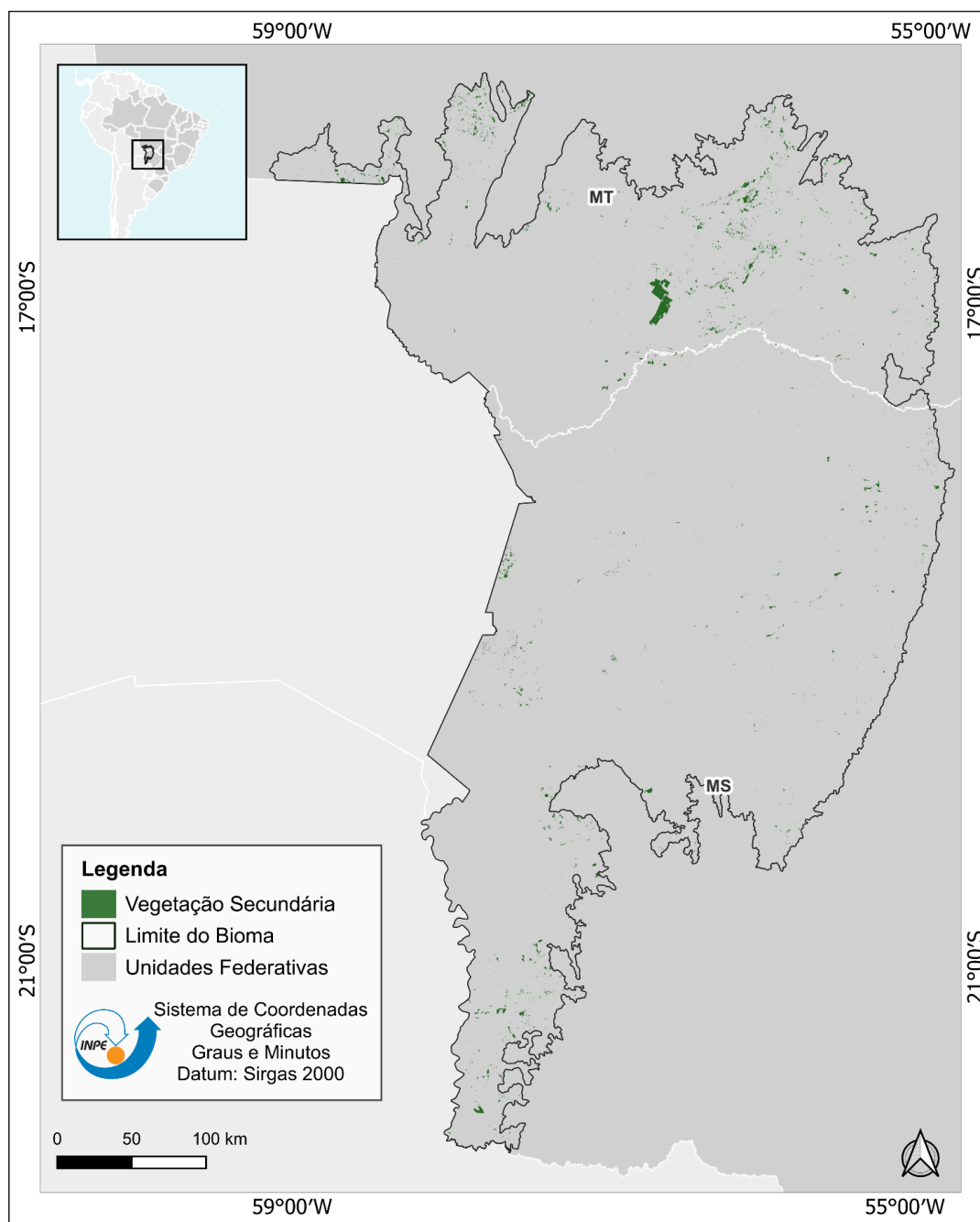
Analisar a vegetação secundária conforme categorias fundiárias no bioma Pantanal é importante para avaliar os impactos do uso da terra sobre essas áreas de regeneração e para orientar estratégias de recuperação e manejo sustentável. Desta forma, foi realizada uma sobreposição espacial dos polígonos de vegetação secundária de 2022 ao mapa de categorias fundiárias do bioma, então calculou-se as composições fundiárias, em hectares, de cada polígono de vegetação secundária.

3 RESULTADOS

3.1 PRÉ-PROCESSAMENTO DOS DADOS

A partir do produto de mapeamento da VS do bioma Pantanal de 2022, foram identificados 4.548 fragmentos de vegetação secundária (VS) com área igual ou superior a 2 hectares ao longo de todo o bioma. A distribuição dos polígonos de VS no bioma pode ser observada na Figura 3.1. Observa-se fragmentos dispersos por todo o Pantanal, existindo algum padrão de concentração na região norte do bioma, onde observa-se um grande fragmento de vegetação secundária próximo ao Parque Estadual Encontro das Águas que fica no sul do estado do Mato Grosso. Na região central e sul do bioma há concentração de polígonos menores e mais dispersos de vegetação em diversas idades.

Figura 3.1 – Limite do bioma Pantanal e os polígonos de vegetação secundária.



3.2 ANÁLISE DE MÉTRICAS DE PAISAGEM

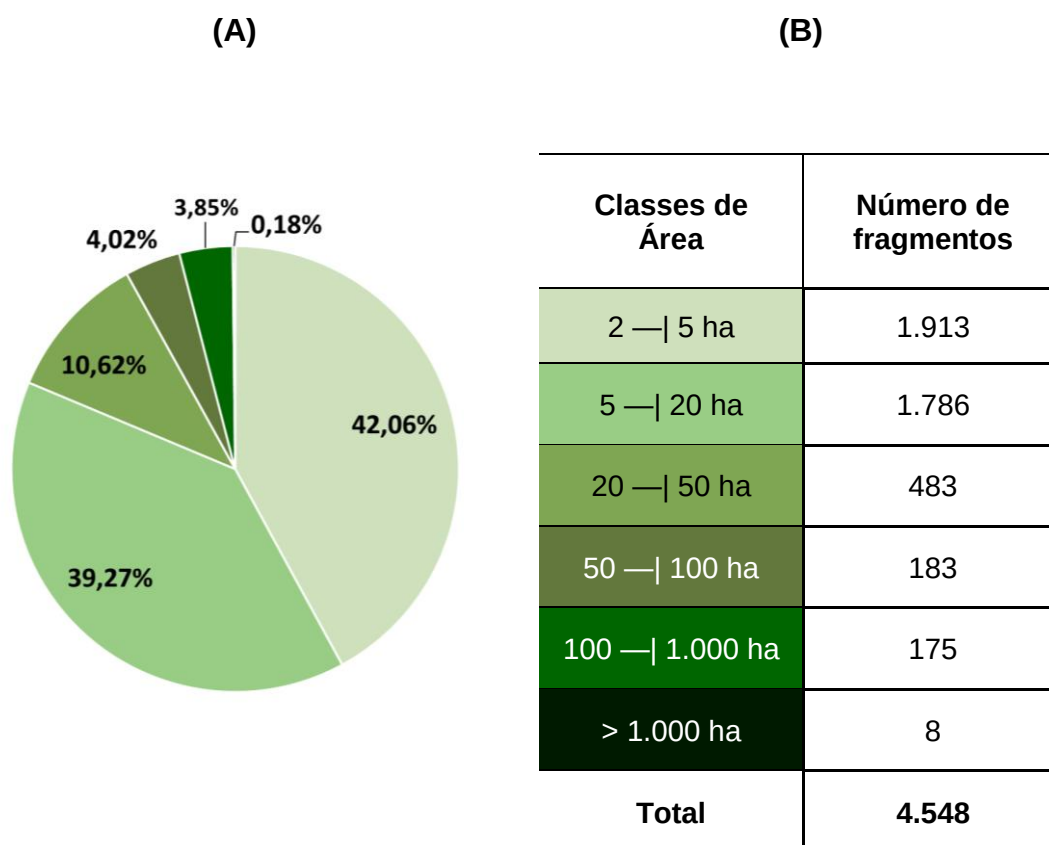
3.2.1 Área dos fragmentos de vegetação secundária

Os resultados quanto à métrica de área da região do Pantanal em 2022 estão sintetizados na Figura 3.2. Dos 4.548 fragmentos florestais de vegetação

secundária analisados, 1.913 (42,06%) encontram-se na classe de 2 — | 5 ha, a classe de tamanho com mais fragmentos de vegetação em regeneração. A soma dos polígonos contempla uma área total de 6.201,90 ha, o que corresponde a 5,22% do bioma.

Os demais 2.635 polígonos de fragmentos florestais de vegetação secundária do bioma Pantanal (57,94%) distribuem-se da seguinte forma: 1.786 na classe 5 — | 20 ha (39,27%), 483 de 20 — | 50 ha (10,62%), 183 com 50 — | 100 ha (4,02%), 175 tendo 100 — | 1.000 ha (3,85%) e 8 com área superior a 1.000 hectares (0,18%).

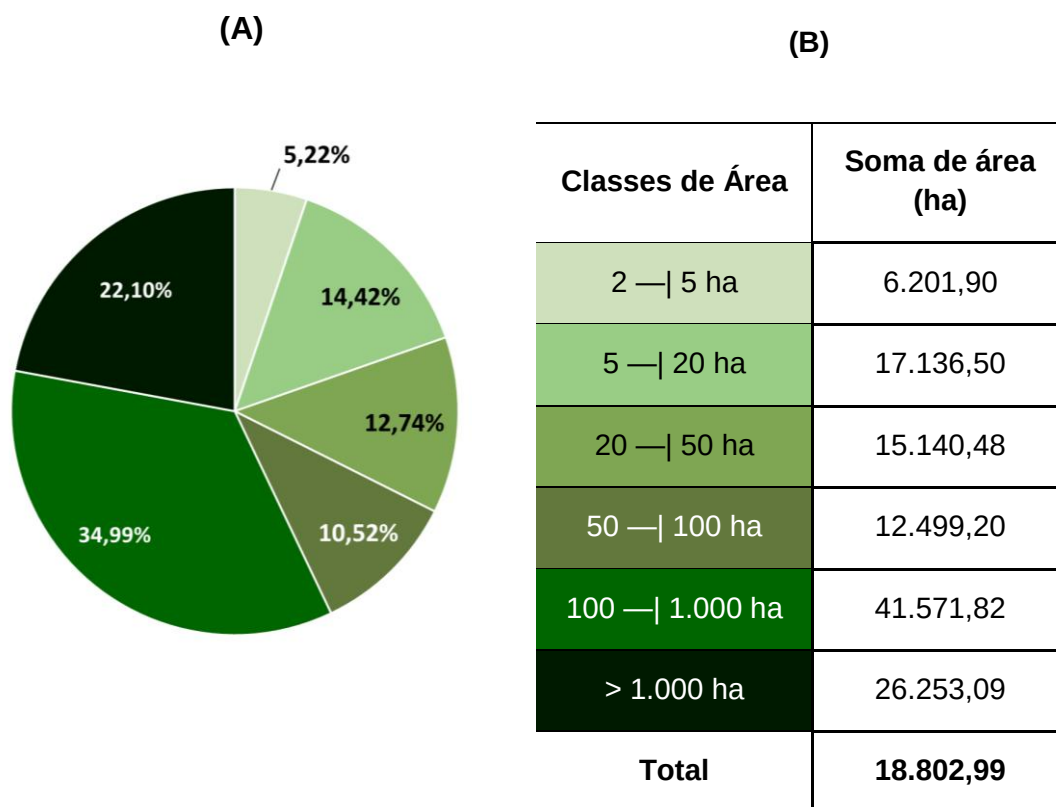
Figura 3.2 – Síntese dos dados de área dos polígonos de vegetação secundária por classes de tamanho quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B).



Na Figura 3.3 (A), o gráfico de pizza ilustra a distribuição proporcional das seis classes de área (ha) de fragmentos florestais em regeneração. É possível inferir que a classe de área de maior contribuição para a VS do Pantanal é a dos fragmentos de área 100 — | 1000 ha, que corresponde a 34,99% do somatório

de área de polígonos de vegetação secundária analisados – equivalentes a 41.571,82 hectares.

Figura 3.3 – Síntese da área dos polígonos de vegetação secundária por classes de tamanho de área - somatório de área percentual (A) e absoluto (B).



Ainda de acordo com a Figura 3.3 (A), as demais classes 2 — | 5 ha, 5 — | 20 ha, 20 — | 50 ha, 50 — | 100 ha, e acima de 1.000 ha representam 5,22%, 14,42%, 12,74%, 10,52% e 22,10% da soma da área de vegetação secundária no bioma, respectivamente.

Conforme mencionado, a classe de maior área total, de 100 — | 1000 ha, totaliza 41.571,82 ha de regeneração, enquanto a segunda classe com maior expressão (acima de 1.000 ha) possui 26.253,09 ha de área de vegetação secundária (Figura 3.3 (B)).

As estatísticas descritivas da área dos fragmentos de vegetação secundária no Pantanal (Tabela 3.1) revelam uma amplitude considerável de tamanhos, com a área mínima registrada de 2,00 ha e a área máxima atingindo 10.668,80 ha. A média de área dos fragmentos é de 26,12 ha, enquanto a mediana é de 6,17 ha. Essa discrepância entre média e mediana indica uma distribuição assimétrica,

com a presença de alguns fragmentos de grande porte que elevam significativamente o valor médio, sugerindo que a maior parte dos fragmentos é relativamente pequena, mas a maior parte da área total está concentrada em poucas grandes porções.

Tabela 3.1 – Estatísticas descritivas da área dos fragmentos de vegetação secundária no bioma Pantanal.

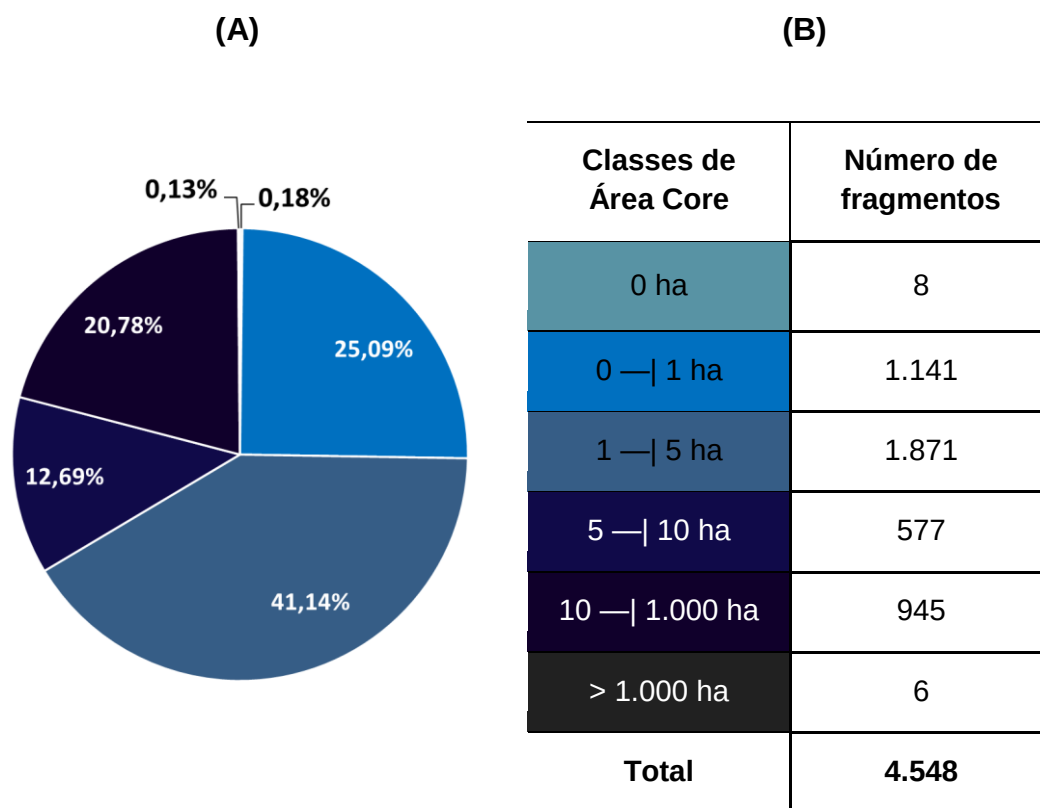
Estatística	Valor	Unidade
Tamanho mínimo	2,00	ha
1º Quartil (Q1)	3,39	ha
Mediana	6,17	ha
Média	26,12	ha
3º Quartil (Q3)	13,81	ha
Tamanho máximo	10.668,8	ha
Desvio Padrão	195,64	ha
Variância	38.275,2	ha²

A alta heterogeneidade nos tamanhos dos fragmentos é corroborada pelo desvio padrão de 195,64 ha e pela variância de 38.275,20 ha². O primeiro quartil (Q1) de 3,39 ha e o terceiro quartil (Q3) de 13,81 ha demonstram que 50% dos fragmentos possuem área entre esses valores, reforçando a predominância de fragmentos menores.

3.2.2 Área core dos fragmentos de vegetação secundária

Os resultados obtidos para a área central (core) dos fragmentos de vegetação secundária, considerando a distância de borda de 30 metros, estão apresentados na Figura 3.4. Com esta distância de borda, foram mapeados 8 fragmentos de VS com área central nula, que corresponderam a 0,18% do total.

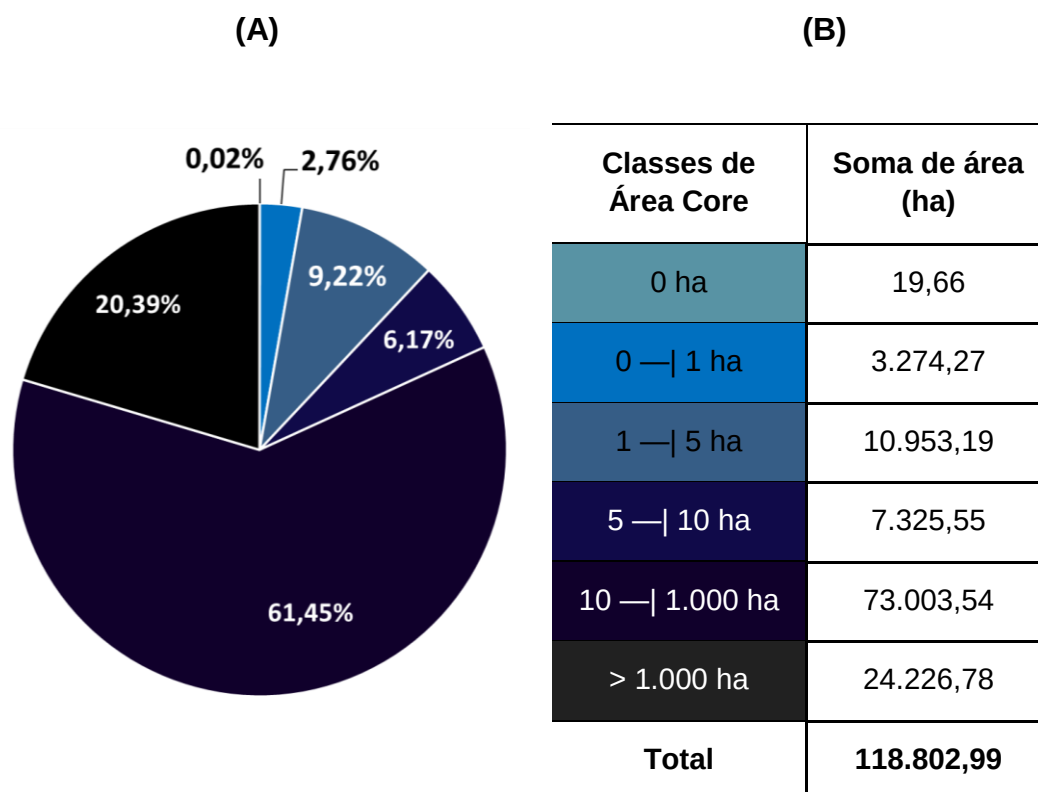
Figura 3.4 – Síntese dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B) - com distância de borda de 30 m.



Conforme detalhado na Figura 3.4, a classe com maior expressão quanto ao número de fragmentos de VS é 1 — 5 ha, que conta com 1.871 polígonos (41,14% do total). As demais classes de área central (0 — 1 ha, 5 — 10 ha, 10 — 1.000 ha e > 1.000 ha) compreenderam, respectivamente, 1.141 (25,09%), 577 (12,69%), 945 (20,78%) e 6 (0,13%), respectivamente.

A Figura 3.5 (A) apresenta a proporção relativa dessas seis classes de área core a partir de uma distância de borda de 30 metros, enquanto na Figura 3.5 (B) são detalhados seus valores absolutos de soma de área por classe.

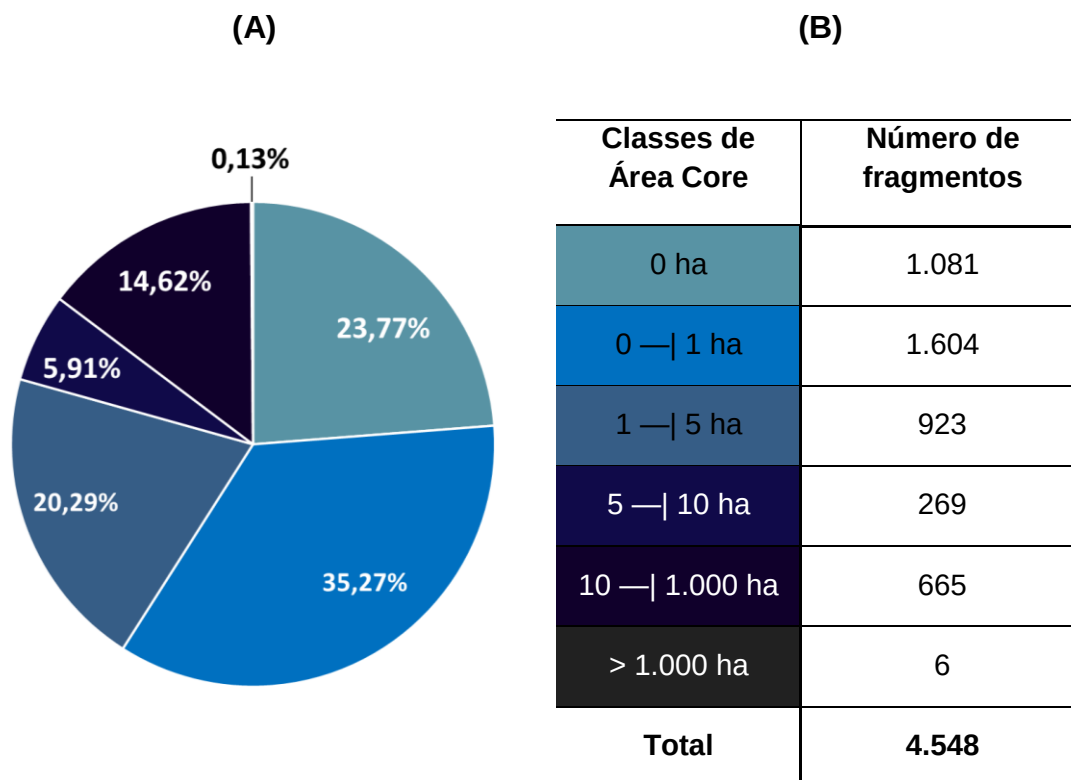
Figura 3.5 – Síntese de área core dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B) - com distância de borda de 30 m.



Os fragmentos sem área core (0 ha) somam 19,66 ha, o que representa 0,02% da área total regenerada no bioma Pantanal. A classe de maior relevância em termos de área mapeada de núcleo preservado foi 10 — | 1.000 ha, com um total de 73.003,54 ha, o que corresponde a 61,45% dos 118.802,99 ha mapeados. As outras quatro classes (0 — | 1 ha, 1 — | 5 ha, 5 — | 10 ha e > 1.000 ha) representam juntas 38,53% da área total regenerada, com valores de 3.274,27 ha (2,76%), 10.953,19 ha (9,22%), 7.325,55 ha (6,17%) e 24.226,78 ha (20,39%), respectivamente.

A Figura 3.6 apresenta os resultados da área central mapeada considerando-se 60 metros de distância de borda. Nesse cenário, foram identificados 1.081 polígonos com área core nula, o que corresponde a 23,77% do total avaliado.

Figura 3.6 – Síntese dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao número de fragmentos – percentual (A) e absoluto (B) – com distância de borda de 60 m.

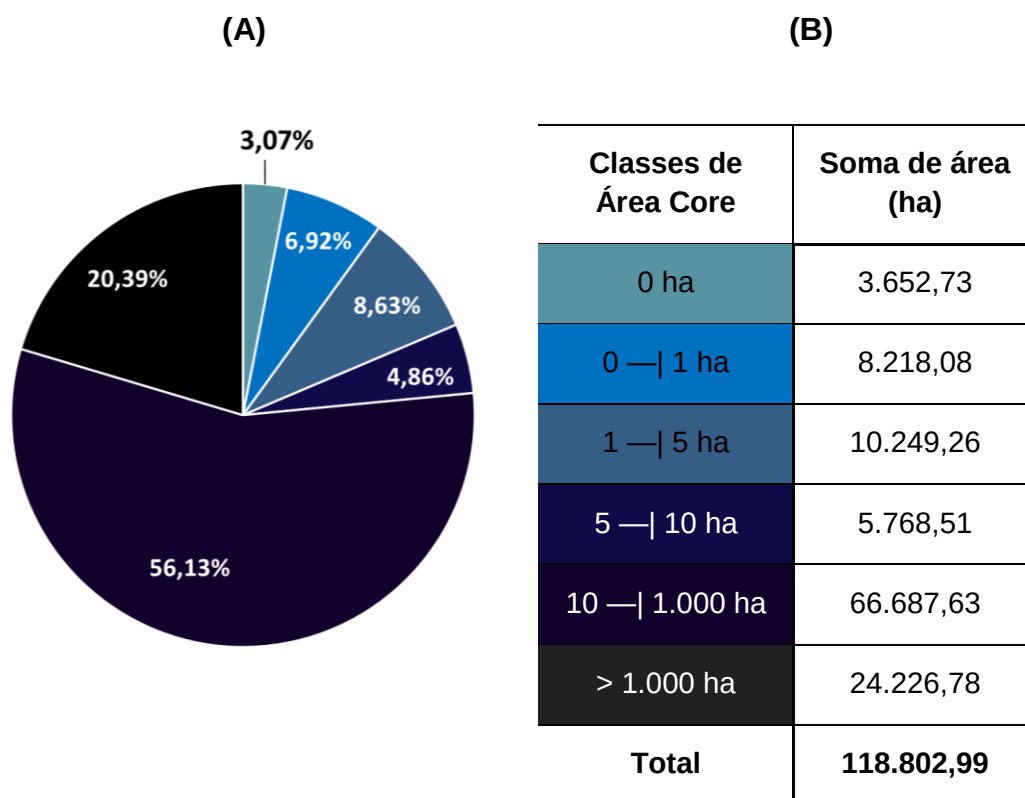


Ainda segundo a Figura 3.6, a classe de área core 0 — | 1 ha contempla 1.604 fragmentos de vegetação de regeneração, correspondendo a 35,27% do total. Essa categoria representa os menores núcleos preservados, compostos por áreas internas minimamente impactadas por fatores externos, como pressões antrópicas. As classes 1 — | 5 ha, 5 — | 10 ha, 10 — | 1.000 ha e > 1.000 ha representam, respectivamente, 923 (20,29%), 269 (5,91%), 665 (14,62%) e 6 fragmentos (0,13%).

As proporções de área central (com distância de borda de 60 m) entre as classes estão sintetizadas no gráfico da Figura 3.7 (A), enquanto a Figura 3.7 (B) detalha os valores totais de área por classe. Os fragmentos sem área core somam 3.652,73 ha, representando 3,07% da área total regenerada no Pantanal. A classe de 10 — | 1.000 ha concentrou a maior soma de área, com 66.687,63 ha (56,13%). As demais classes, ou seja, 0 — | 1 ha, 1 — | 5 ha, 5 — | 10 ha e > 1.000 ha, corresponderam a 8.218,08 ha (6,92%), 10.249,26 ha (8,63%),

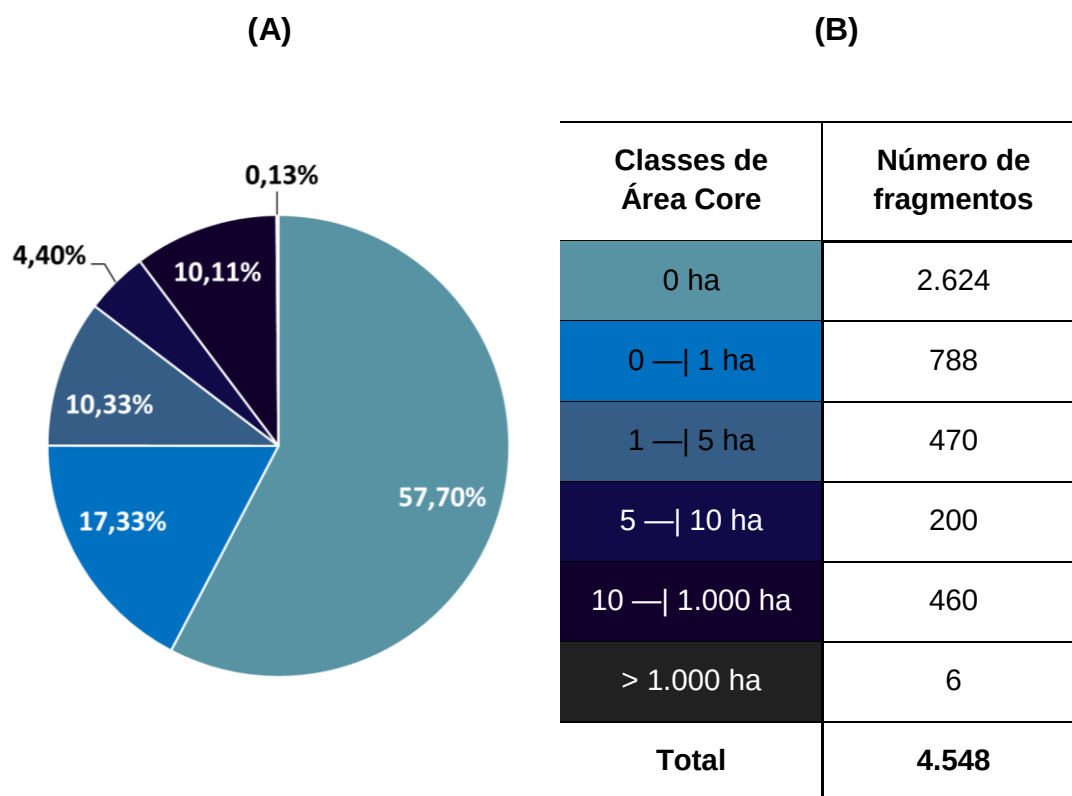
5.768,51 ha (4,86%) e 24.226,78 ha (20,39%), totalizando 40,79% da área de vegetação em regeneração.

Figura 3.7 – Síntese de área core dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao somatório de área – percentual (A) e absoluto (B) – com distância de borda de 60 m.



Ao aplicar uma distância de borda de 90 metros para o mapeamento da área core da VS do bioma Pantanal, os resultados indicaram 2.624 fragmentos de vegetação secundária sem áreas de núcleo. Esses fragmentos, que representam 57,70% do total analisado, foram classificados com área core igual a zero, conforme ilustrado na Figura 3.8.

Figura 3.8 – Síntese dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B) - com distância de borda de 90 m.

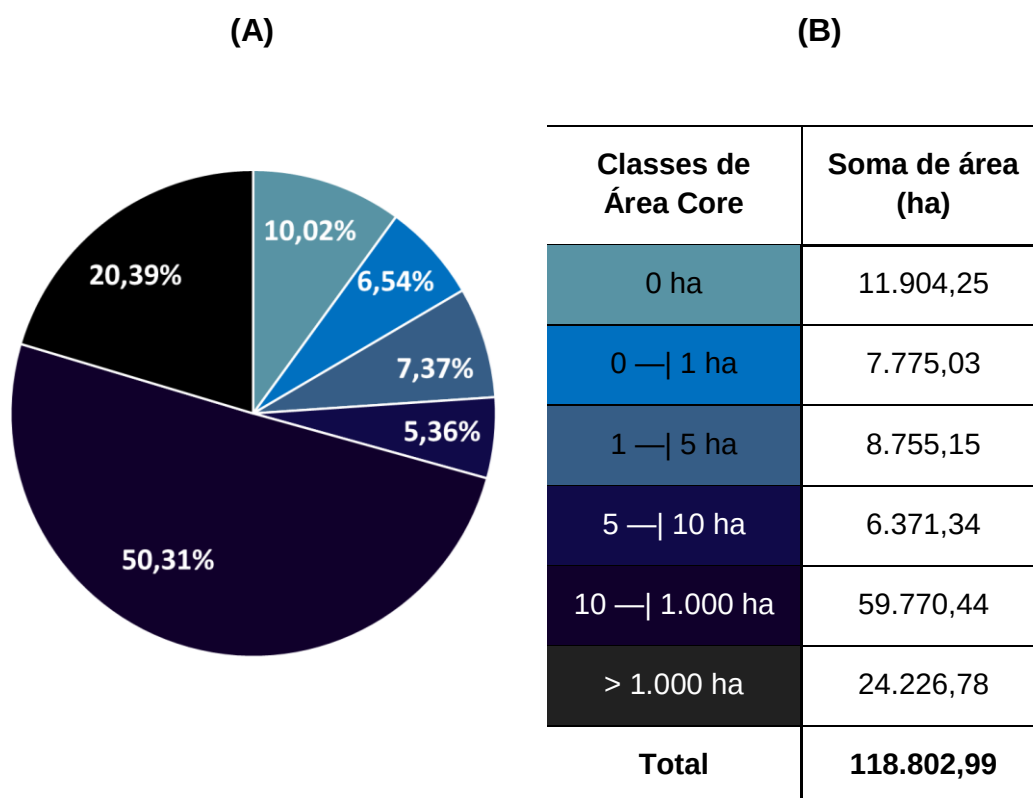


De acordo com a distribuição apresentada na Figura 3.8, são 788 fragmentos de VS do bioma Pantanal, ou seja, 17,33%, que possuem área core 0 —| 1 ha. Os demais 24,98% dos polígonos de vegetação em regeneração no bioma são representados conforme as classes de área core: 10,33% de 1 —| 5 ha (470), 4,40% de 5 —| 10 ha (200), 10,11% de 10 —| 1.000 ha (460) e 0,13% > 1.000 ha (6).

A composição da área total ocupada pelas diferentes classes de área core (distância de borda de 90 m) pode ser visualizada na Figura 3.9. Os fragmentos de área nuclear zero somam 11.904,25 ha, o que corresponde ao terceiro maior percentual de área de vegetação secundária mapeada no Pantanal (10,02%). A classe com a maior participação em área, é a de 10 —| 1.000 ha, que responde por 59.770,44 ha (50,31%).

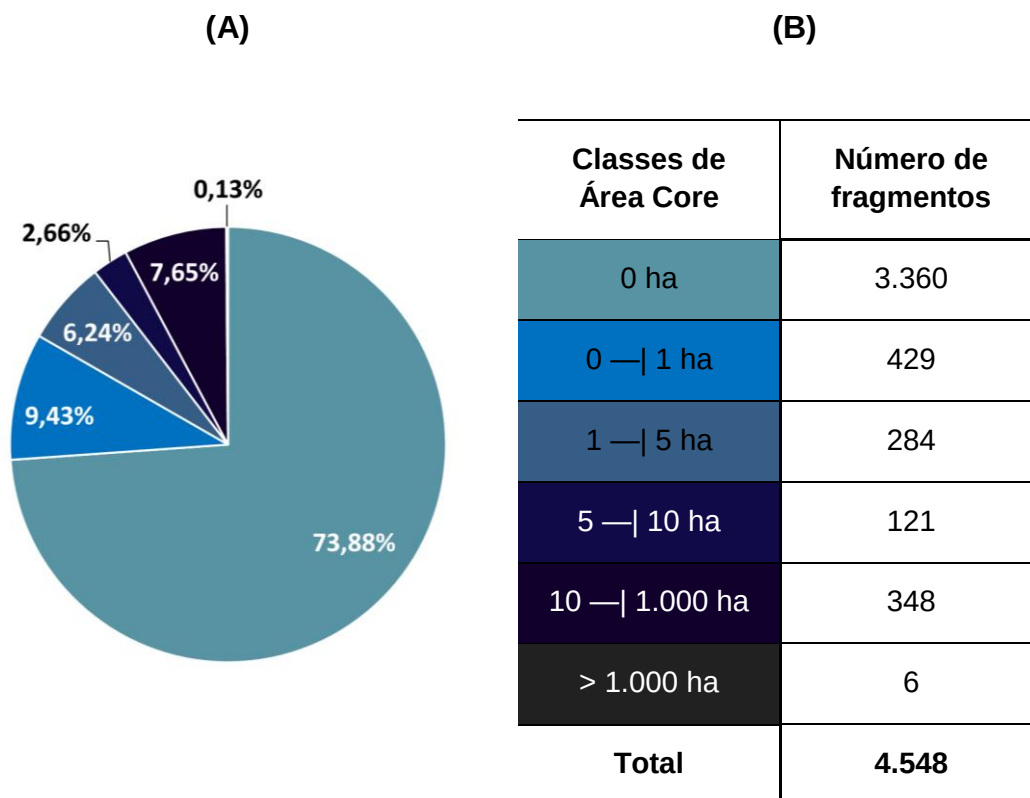
As demais classes (0 — | 1 ha, 1 — | 5 ha, 5 — | 10 ha e > 1.000 ha) somam, respectivamente, 7.775,03 ha (6,54%), 8.755,15 ha (7,37%), 6.371,34 ha (4,40%) e 24.226,78 ha (30,39%).

Figura 3.9 – Síntese de área core dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B) - com distância de borda de 90 m.



Os resultados das análises de área core com distância de borda de 120 m estão compilados na Figura 3.10. Do total dos 4.548 fragmentos de vegetação secundária, 3.360, ou seja, 73,88%, apresentaram área core nula. A vegetação com essa característica possui total influência das bordas. Como apresentado na Figura 3.10 (B), a classe de 0 — | 1 ha totalizou 429 dos fragmentos em regeneração, portanto, 9,43%. As demais classes (1 — | 5 ha, 5 — | 10 ha, 10 — | 1.000 ha e > 1.000 ha) apresentaram número de fragmentos de 284 (6,24%), 121 (2,66%), 348 (7,65%) e 6 (0,13%), respectivamente.

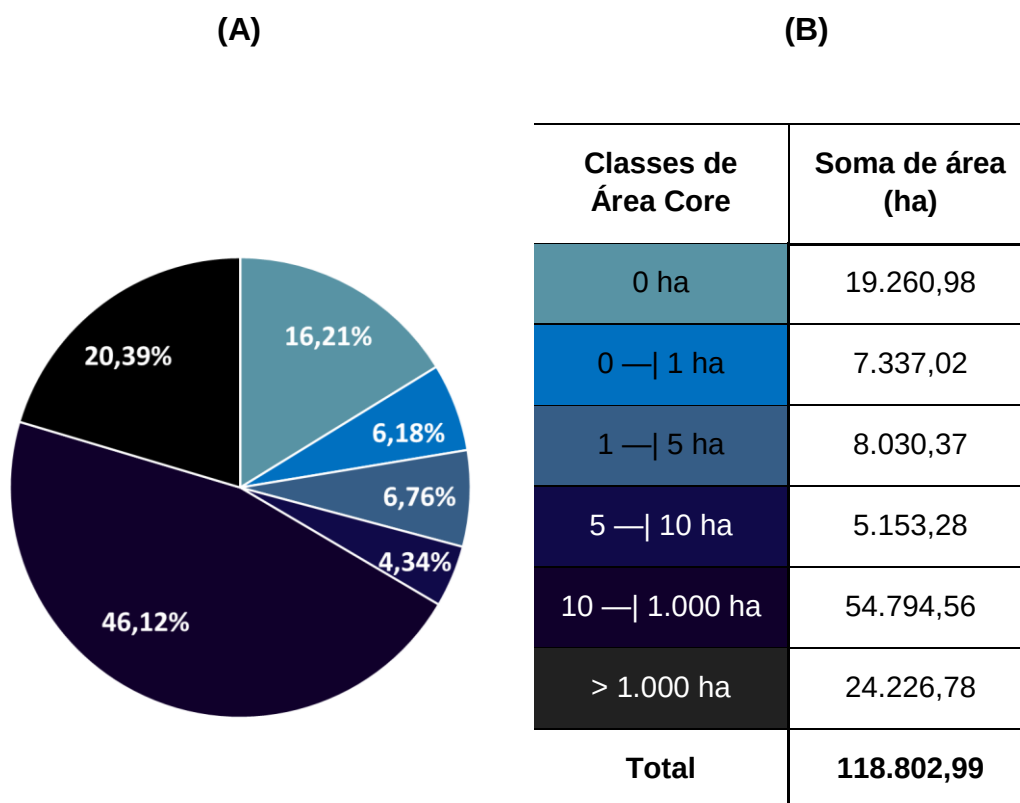
Figura 3.10 – Síntese dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B) - com distância de borda de 120 m.



A composição da área total ocupada pelas diferentes classes de área core, considerando distância de borda de 120 m, pode ser visualizada na Figura 3.11. Os fragmentos classificados como tendo área core nula, ou seja, 0 ha, abrangem 19.260,98 ha da vegetação secundária analisada no bioma Pantanal, correspondendo a 16,21% da área total de regeneração do bioma, a classe de área central com terceira maior representação sobre o total de área dos fragmentos de vegetação secundária.

As maiores representações no total de área de vegetação secundária encontram-se na classe de área core entre 10 —| 1000 ha e maiores que 1.000 ha, que apresentaram soma de área de 54.794,56 (46,12%) e 24.226,78 (20,39%), estas classes de área core ocupam 66,21% do total de área dos fragmentos de vegetação secundária.

Figura 3.11 – Síntese de área core dos polígonos de vegetação secundária por classes de área central quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B) - com distância de borda de 120 m.



Com relação às demais três classes de área central, juntas elas representam 17,27% da somatória de área de vegetação em regeneração no bioma. As classes 0 —| 1 ha, 1 —| 5 ha, 5 —| 10 ha, representam 7.337,02 ha (6,18%), 8.030,37 ha (6,76%) e 5.153,28 ha (4,34%), respectivamente.

A Tabela 3.2 apresenta os dados de área core para todas as distâncias avaliadas. Houve aumento do número de fragmentos com área core nula conforme o aumento da distância de borda: 8 (30 m), 1.081 (60 m), 2.624 (90 m) e 3.360 (120 m). O mesmo ocorreu com o somatório de área dos fragmentos com área core nula, conforme se aumentou as distâncias: 19,66 ha,

3.652,73 ha, 11.904,25 ha e 19.260,98 ha, respectivamente, para as distâncias de 30, 60, 90 e 120 m.

Tabela 3.2 – Síntese da área core dos polígonos de vegetação secundária com distâncias de borda de 30, 60, 90 e 120 m quanto ao número de fragmentos e ao somatório de área.

Classes de Área Core	Distância 30m		Distância 60m		Distância 90m		Distância 120m	
	Número de fragmentos	Soma de área (ha)	Número de fragmentos	Soma de área (ha)	Número de fragmentos	Soma de área (ha)	Número de fragmentos	Soma de área (ha)
0 ha	8	19,66	1.081	3.652,73	2.624	11.904,25	3.360	19.260,98
0 — 1 ha	1.141	3.274,27	1.604	8.218,08	788	7.775,03	429	7.337,02
1 — 5 ha	1.871	10.953,19	923	10.249,26	470	8.755,15	284	8.030,37
5 — 10 ha	577	7.325,55	269	5.768,51	200	6.371,34	121	5.153,28
10 — 1.000 ha	945	73.003,54	665	66.687,63	460	59.770,44	348	54.794,56
> 1.000 ha	6	24.226,78	6	24.226,78	6	24.226,78	6	24.226,78
Total	4.548	118.802,99	4.548	118.802,99	4.548	118.802,99	4.548	118.802,99

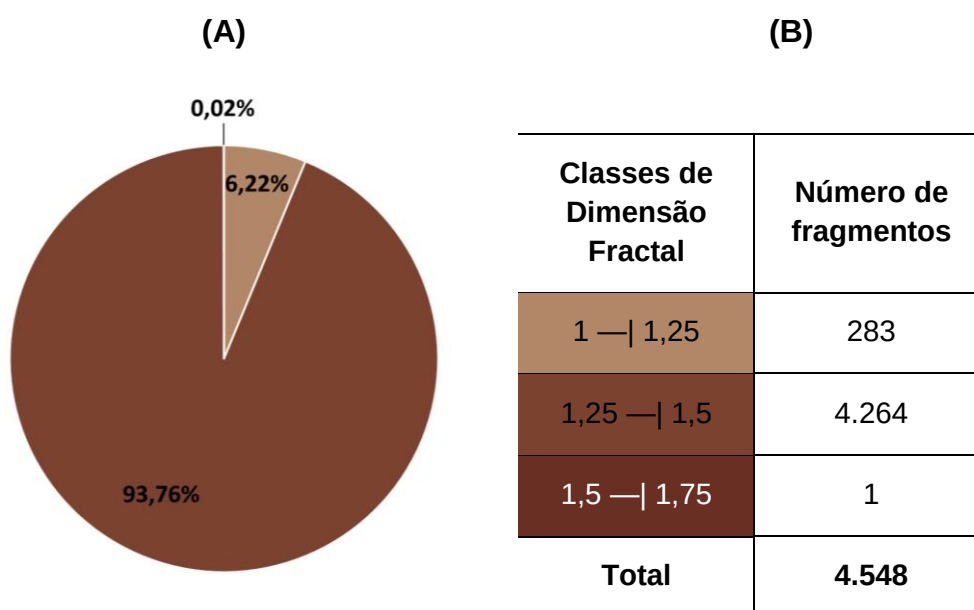
3.2.3 Índice de Dimensão Fractal

Os resultados quanto à métrica de índice de dimensão fractal estão apresentados na Figura 3.12. O gráfico da Figura 3.12 (A), com a distribuição percentual do número de fragmentos de vegetação secundária conforme as classes desta

métrica de forma, demonstra que quase a totalidade das feições em regeneração do bioma encontram-se na classe 1,25 — | 1,5, representando 93,76% da região, ou, ainda, 4.264 fragmentos florestais.

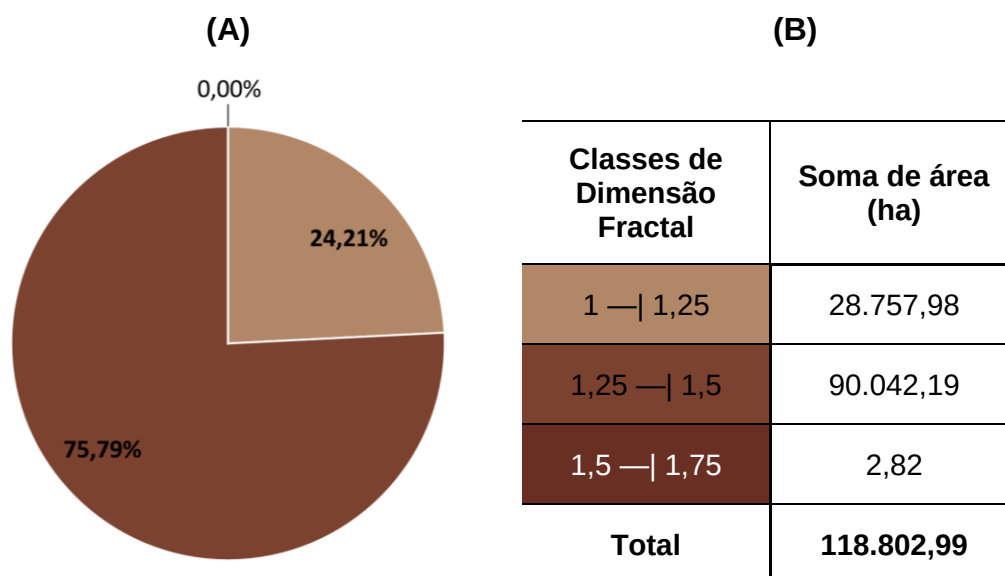
A segunda classe com maior número de fragmentos florestais foi 1 — | 1,25: 283 fragmentos, que representam 6,22% sobre o total de polígonos (Figura 3.12). E a terceira classe analisada, 1,5 — | 1,75, computou um fragmento que representou 0,02% do total.

Figura 3.12 – Síntese do índice de dimensão fractal da vegetação secundária por classes, quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B).



A Figura 3.13 sintetiza a distribuição da área por classes da métrica de dimensão fractal. A classe 1,25 — | 1,5 concentra 75,79% da vegetação secundária (90.042,19 ha). A classe 1 — | 1,25 totalizou 28.757,98 ha (24,21%), e um fragmento de 2,82 ha (0,002%) foi observado na classe 1,5 — | 1,75.

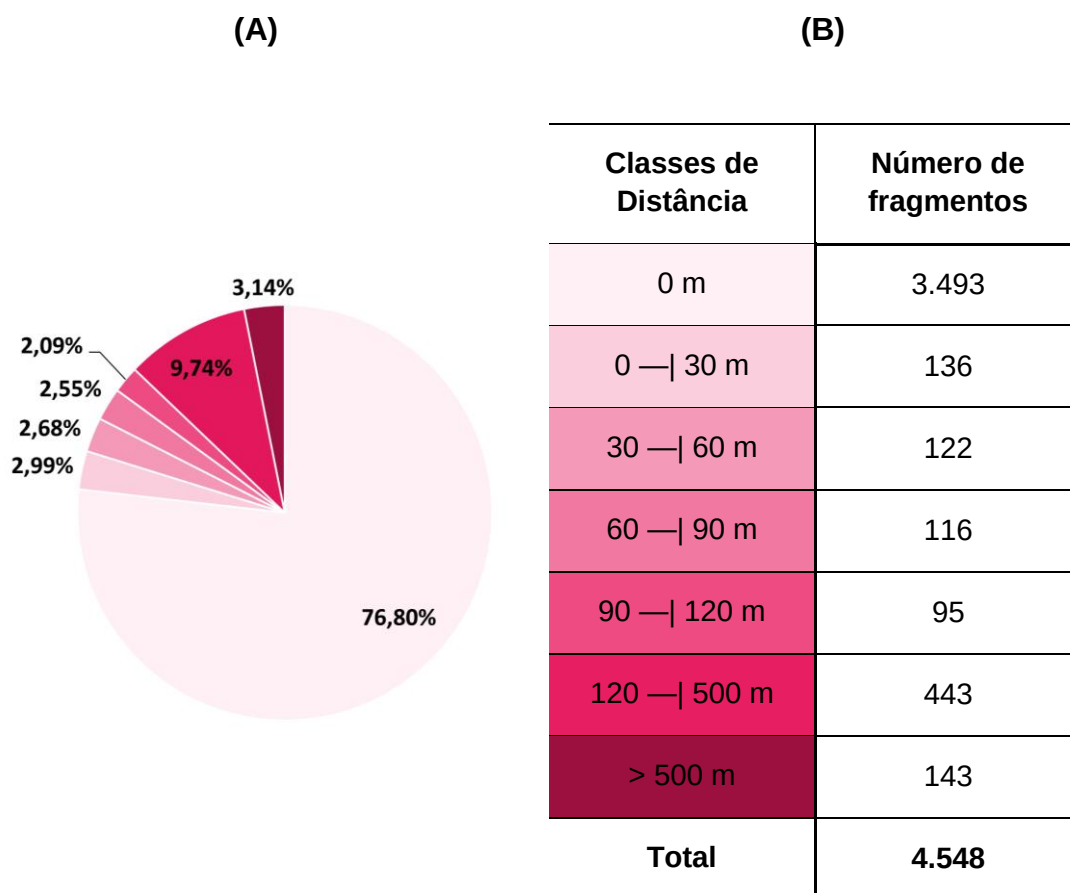
Figura 3.13 – Síntese do índice de dimensão fractal da vegetação secundária por classes quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B).



3.2.4 Distância euclidiana ao vizinho mais próximo

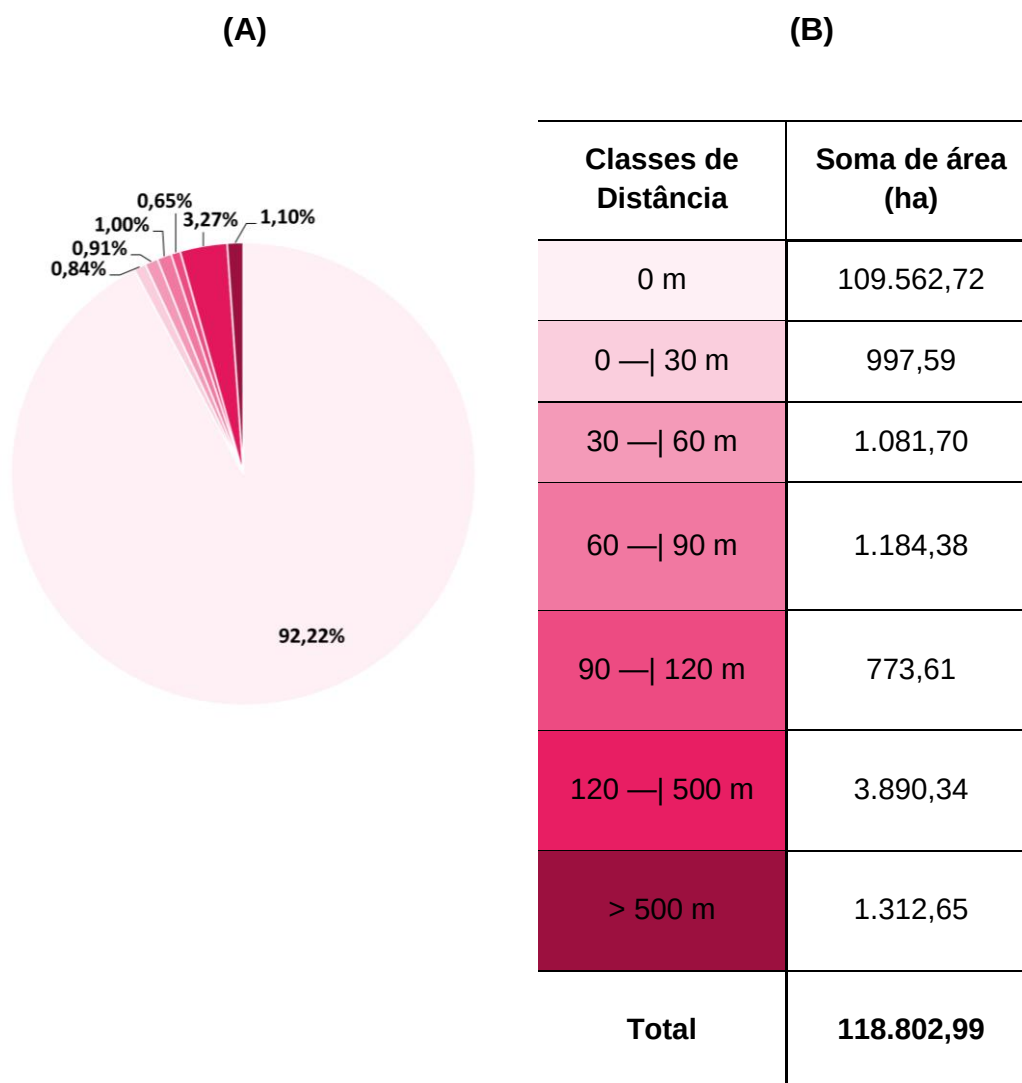
Os resultados da métrica de distância euclidiana ao vizinho mais próximo estão apresentados na Figura 3.14. Do total de fragmentos florestais de VS, 76,80% (3.493) estão adjacentes à vegetação florestal, ou seja, possuem distância igual a zero metros. A segunda classe de distância com maior concentração de fragmentos de floresta é a de distância entre 120 — | 500 metros, com 9,74% (443) do total. A classe com menor número de fragmentos florestais representa 2,09% (95) do total, composta por vegetação vizinha mais próxima entre 90 — | 120 metros.

Figura 3.14 – Síntese dos dados de distância ao vizinho mais próximo da vegetação secundária por classes de distância (m) quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B).



Analisando a métrica de proximidade em relação a área de polígonos de VS (Figura 3.15), é possível inferir que a classe de distância ao vizinho mais próximo de 0 metros representa a maior porção na análise, com 92,22% da área total (109.562,72 ha). A classe com a segunda maior área de remanescentes de VS é a 120 —| 500 metros, com 3,27% (3.890,34 ha), e de menor área, a de fragmentos florestais com vizinhos distantes entre 90 — | 120 metros, correspondendo a apenas 0,65% (773,61 ha) da área total.

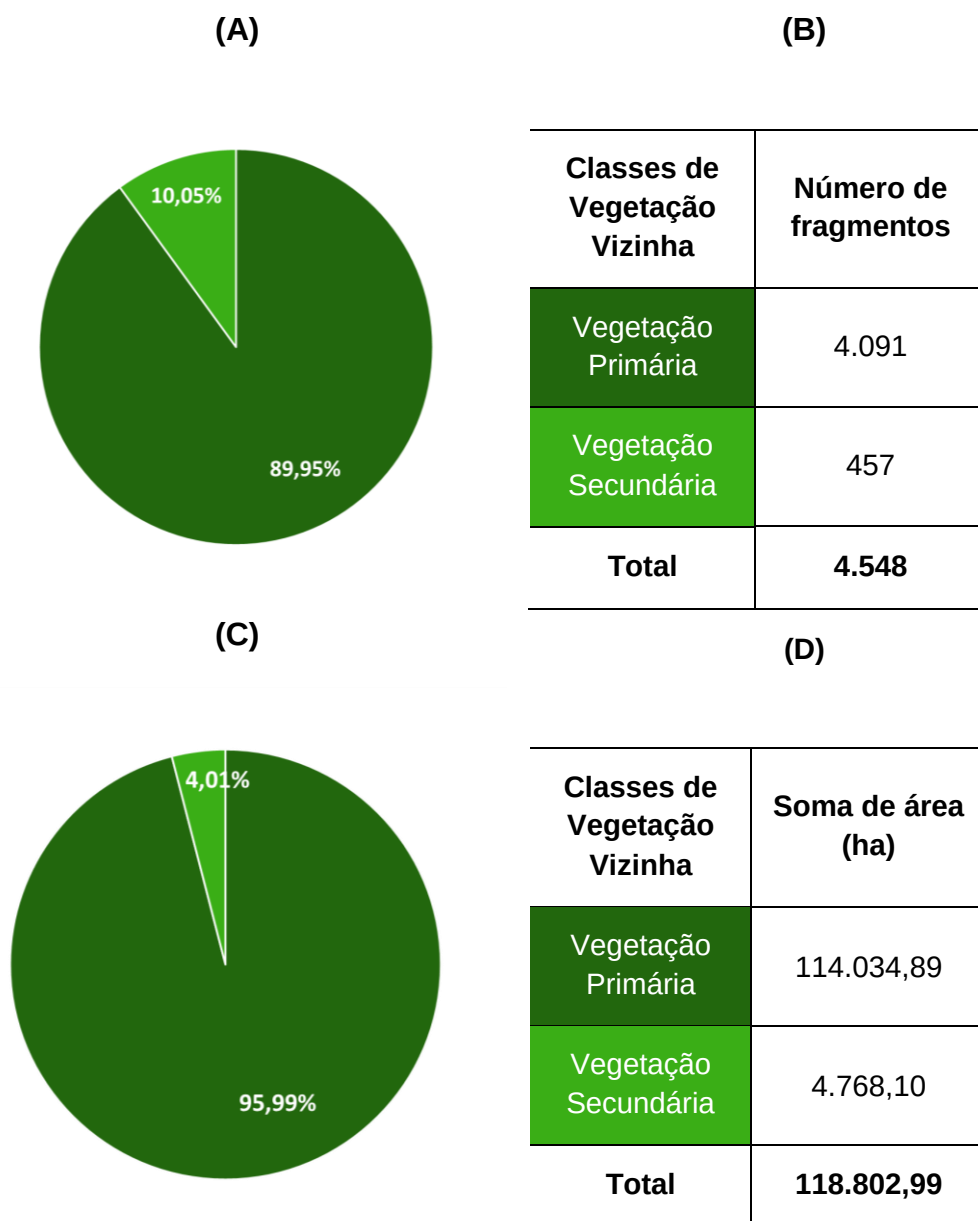
Figura 3.15 – Síntese dos dados de distância ao vizinho mais próximo da vegetação secundária por classes de distância (m) quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B).



3.2.4.1 Classe de vegetação vizinha

A classe de vegetação mais próxima aos polígonos de VS de maior predominância foi a Vegetação Florestal Primária (VP), correspondendo a 89,95% (4.091) do total de fragmentos em regeneração, cuja representação gráfica dos resultados se encontra na Figura 3.16. Seguindo o padrão observado, os fragmentos de VS com vizinho mais próximo classificado como VP compreende 95,99% (114.034,89 ha) da área total.

Figura 3.16 – Síntese da classe do vizinho mais próximo da vegetação secundária por classes de vegetação quanto ao número fragmentos - percentual (A) e absoluto (B) e; quanto ao somatório de área - percentual (C) e absoluto (D).

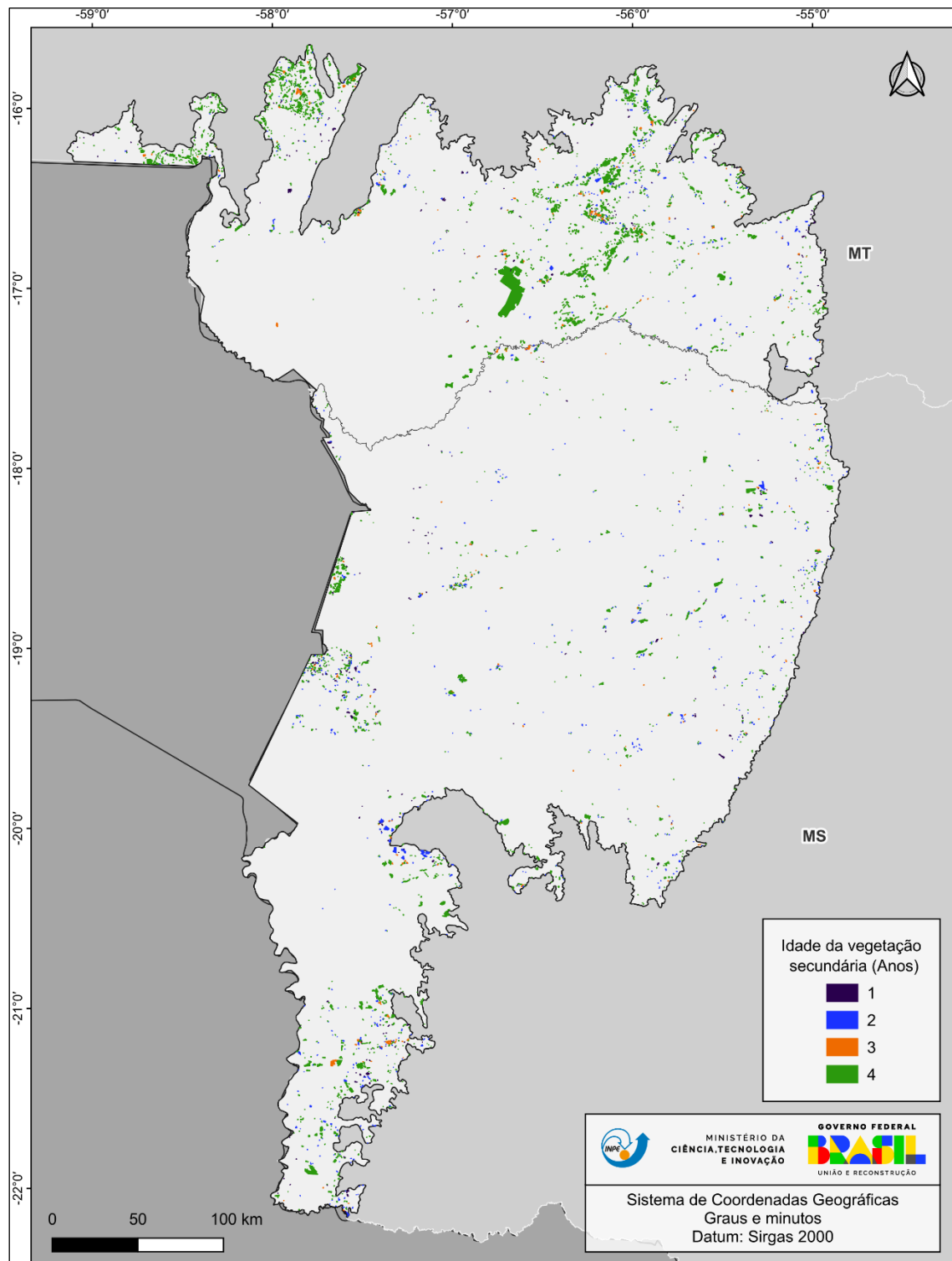


3.3 IDADE DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA

A distribuição da idade dos fragmentos de vegetação secundária no bioma Pantanal demonstra padrões espaciais relacionados à dinâmica da regeneração florestal. O mapa da Figura 3.17 permite observar a presença de fragmentos de 1 a 4 anos ao longo do bioma. Nota-se a presença de fragmentos de idade mais avançada (4 anos) ao longo de todo o limite do bioma, com fragmentos grandes

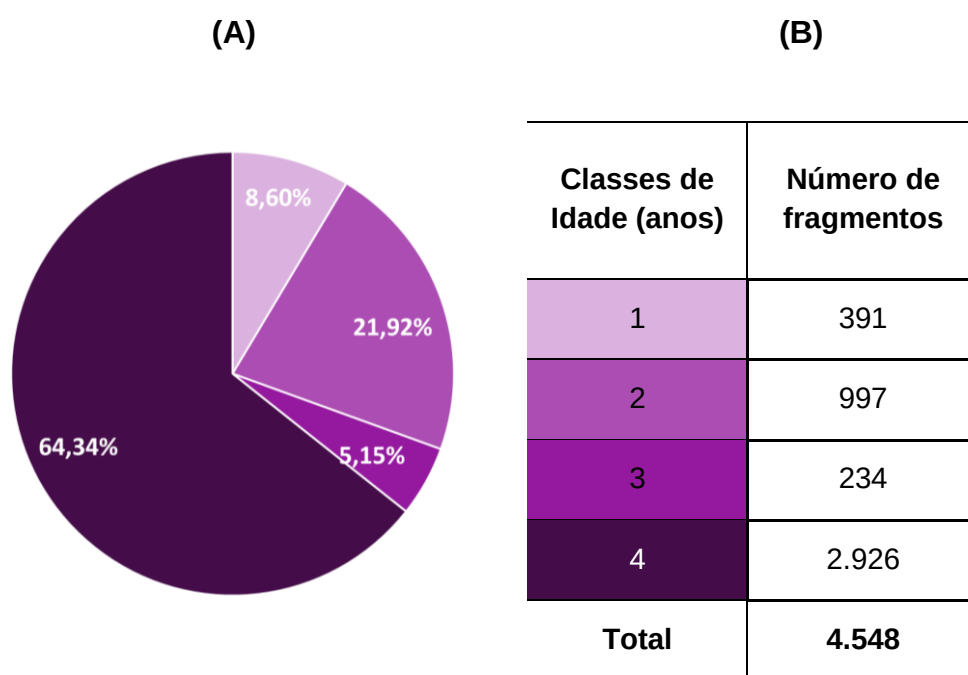
e mais agregados aparecendo na região norte, que fica ao sul do estado de Mato Grosso.

Figura 3.17 – Mapa de distribuição espacial da idade (anos) dos fragmentos de vegetação secundária no bioma Pantanal para 2022.



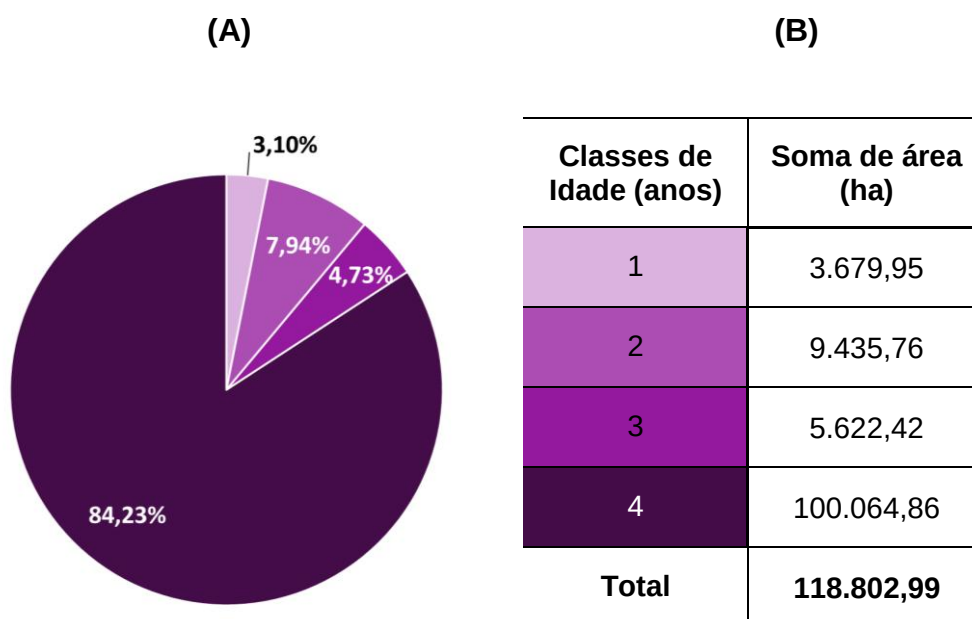
Os resultados e análises do cálculo da idade da VS estão representados na Figura 3.18. A classe da idade com maior predominância de fragmentos em regeneração florestal foi a de 4 anos com 64,34% (2.926) do total de polígonos, enquanto a classe com menor representação foi a de 3 anos, com 5,15% (234) do total.

Figura 3.18 – Síntese da idade da vegetação secundária por classes de idade em anos quanto ao número de fragmentos - percentual (A) e absoluto (B).



A Figura 3.19 detalha a distribuição de área (em hectares) da VS por classe de idade. O mesmo padrão é observado de predominância, com a área de polígonos com 4 anos representando 84,23% (100.064,86 ha) do total. Porém, territorialmente, a classe com menor área foi a de 1 ano, com 3,10%, ou 3679,95 ha.

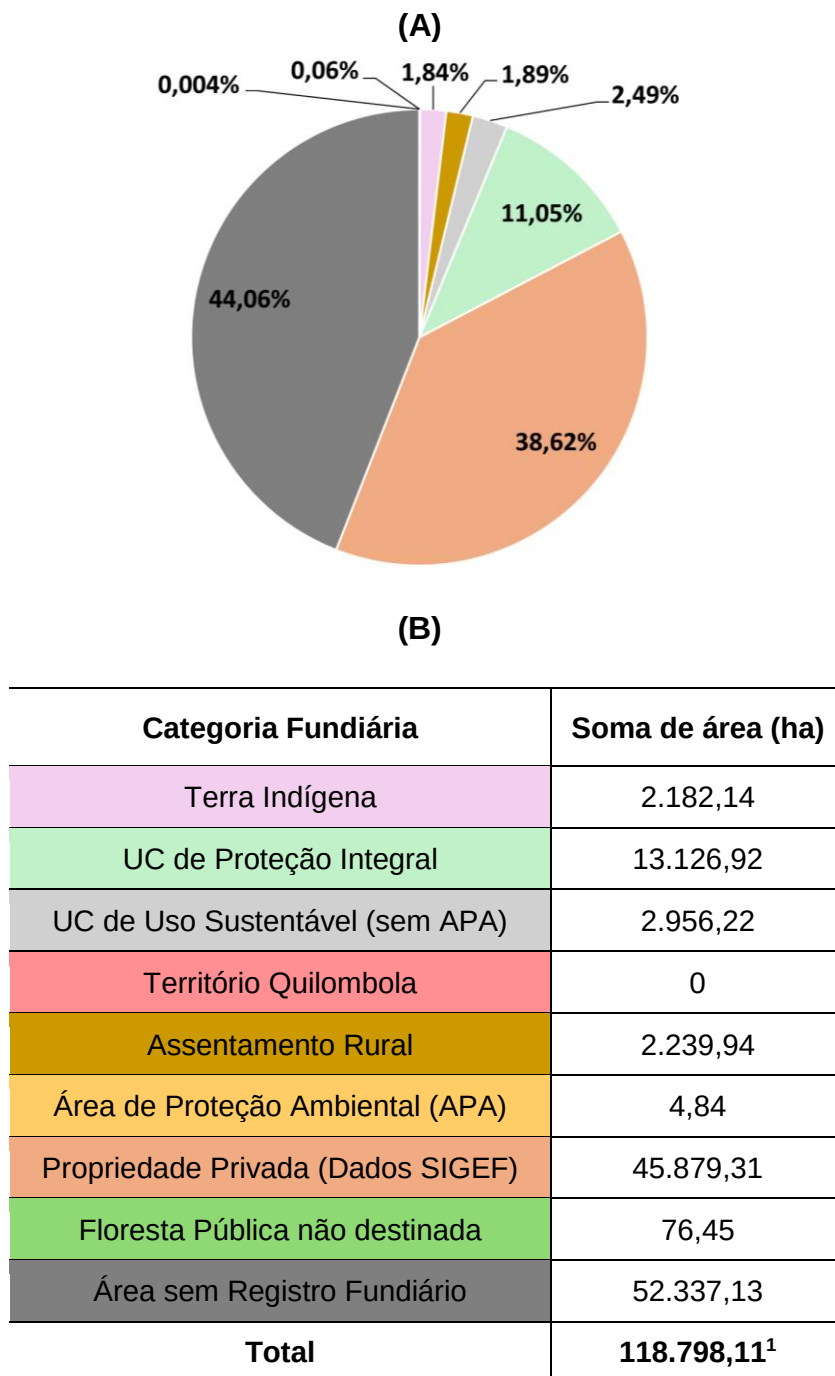
Figura 3.19 – Síntese da idade da vegetação secundária por classes de idade em anos quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B).



3.4 CARACTERIZAÇÃO FUNDIÁRIA DOS FRAGMENTOS DE VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA

A Figura 3.20 apresenta os resultados das análises quanto às categorias fundiárias presentes na região do bioma Pantanal. Áreas sem Registro Fundiário foi a classe mais frequentemente associada à vegetação secundária, correspondendo a 44,06% dos dados ou 52.337,13 ha da área de vegetação secundária no bioma. Destaca-se também a classe Propriedade Privada (Dados SIGEF), que ocupa 38,62% (45.879,31 ha) das áreas de vegetação em regeneração do Pantanal. A classe “Área de Proteção Ambiental (APA)”, por sua vez, caracteriza-se como a classe de menor ocorrência nos polígonos: ocupa 4,84 ha da VS do bioma, ou o equivalente a 0,004%. Não foi detectada área de “Território Quilombola” sobreposta à área de VS no Pantanal.

Figura 3.20 – Síntese da caracterização fundiária dos polígonos de vegetação secundária quanto ao somatório de área - percentual (A) e absoluto (B).



¹ Foi identificada uma diferença de 4,88 hectares entre a soma da área dos polígonos de vegetação secundária mencionada nos tópicos 2.2.2 e 3.2 (118.802,99 ha) e a soma das áreas das categorias fundiárias (118.798,11 ha). Essa variação está associada a arredondamentos e ao processamento dos dados espaciais. Para manter a consistência metodológica, foi considerado como referência oficial o valor 118.802,99 ha como a área de todos os polígonos de vegetação secundária do bioma Pantanal.

Destaca-se também o percentual de polígonos de vegetação secundária inseridos em UC de Proteção Integral (11,05% – 13.126,92 ha). As regiões de categoria Terra Indígena representam 1,84% de sobreposição da VS, ou 2.182,14 ha. As demais classes (Floresta Pública não destinada, Assentamento Rural e UC de Uso Sustentável (sem APA)) correspondem respectivamente a 0,06%, 1,89% e 2,49% de sobreposição com a VS.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo, realizado a partir da parceria do INPE com o SBio/MMA, apresenta os resultados e explora as metodologias definidas no diagnóstico de qualificação da vegetação florestal secundária (VS) no bioma Pantanal de 2022. A análise realizada contemplou polígonos de VS mapeados pelo projeto da Funcate. Foram geradas métricas de ecologia da paisagem de área (ha), área core (m), índice de dimensão fractal, distância euclidiana ao vizinho mais próximo (m) e tipo de vegetação vizinha mais próxima. Além disso, a idade da vegetação secundária em 2022 foi calculada, e a composição dos polígonos quanto às categorias fundiárias para todo o bioma foi determinada.

No Pantanal, a distribuição da área dos fragmentos de vegetação secundária (VS) revela que a maior proporção de fragmentos (42,06%) se concentra na classe de 2 a 5 hectares, embora esta represente apenas 5,22% da área total. Em contraste, as classes de maior área, como entre 100 a 1000 ha (34,99% da área total) e maiores que 1000 ha (22,10% da área total), detêm a maior parte da biomassa e da área de regeneração. A análise da área core indicou que o aumento da distância de borda resulta em maior número de fragmentos com área core nula: 8 (30 m), 1.081 (60 m), 2.624 (90 m) e 3.360 (120 m).

Quanto ao Índice de Dimensão Fractal, a classe 1,25 — | 1,5 foi a mais frequente, tanto em número de fragmentos (93,76%) quanto em área total (75,79%). A vegetação primária constitui majoritariamente a vizinhança mais próxima da VS (89,95% dos fragmentos e 95,99% da área), frequentemente com distância nula (76,80% dos fragmentos e 92,22% da área), indicando contiguidade entre os

remanescentes. A classe de 4 anos se destaca por um número maior de fragmentos (2.926; 64,34%), e maior área (100.064,86 ha; 84,23%).

A análise de categorias fundiárias, baseada nos dados do SIGEF, permitiu calcular a área (ha) de vegetação secundária persistente nas diferentes categorias. No bioma Pantanal, a ocorrência de VS mostrou-se concentrada nas categorias: Área sem Registro Fundiário (44,054%) e Propriedade Privada (Dados SIGEF) (38,618%).

Este é um dos produtos de uma série de dados espacialmente explícitos que qualifica os polígonos de VS no território brasileiro. Da mesma forma, como feito para o bioma Pantanal, serão gerados dados para todos os biomas brasileiros, que serão descritos, publicados e disponibilizados para toda a sociedade.

Constitui-se assim, uma base inicial para a formulação de políticas públicas, programas de regularização ambiental e identificação de áreas prioritárias para regeneração. Os dados deverão embasar os esforços para cumprir os compromissos nacionais e internacionais assumidos pelo Brasil, como as metas do Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa (PLANAVEG 2025-2028) para restauração de vegetação nativa e recuperação de áreas degradadas.

Os dados gerados neste estudo estão armazenados em formato vetorial, arquivo do tipo “*geopackage*”, para compartilhamento com órgãos responsáveis por ações de planejamento e fiscalização no Pantanal. Os dados deverão também estar disponibilizados para acesso livre, na próxima versão da plataforma TerraBrasilis.

5 REFERÊNCIAS

BRASIL, I. D. S. et al. Contributions of Forest Regeneration After Intense Fragmentation in the Amazon through Morphological Spatial Pattern Analysis. **Forest Science**, v. 68, n. 5-6, p. 508-520, 2022.

CHOKKALINGAM, Unna; DE JONG, Wil. Secondary forest: a working definition and typology. **The International Forestry Review**, p. 19-26, 2001.

FUNDAÇÃO DE CIÊNCIA, APLICAÇÕES E TECNOLOGIA ESPACIAIS (FUNCATE). Relatório de referência metodológica: Mapeamento da Vegetação Secundária nos biomas Mata Atlântica, Caatinga, Pampa e Pantanal. São José dos Campos, SP: FUNCATE, 2023.

FUNDAÇÃO NACIONAL DOS POVOS INDÍGENAS (FUNAI). **Terras Indígenas: Dados Geoespaciais e Mapas**. 2024. Brasília: 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>>.

HALL, J. S. et al. Deforestation scenarios show the importance of secondary forest for meeting Panama's carbon goals. **Landscape Ecology**, v. 37, n. 3, p. 673-694, 2022.

HARRIS, C. R. et al. Array programming with NumPy. **Nature**, v. 585, n. 7825, p. 357-362, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Especificações e Normas para Levantamentos Geodésicos associados ao Sistema Geodésico Brasileiro**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 62 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Malha Municipal Digital e Áreas Territoriais**: Nota metodológica n. 01: Informações técnicas e legais para a utilização dos dados publicados. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBIO). **Dados geoespaciais de referência da Cartografia Nacional e dados temáticos produzidos no ICMBio**. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/dados_geoespaciais/mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-unidades-de-conservacao-federais>.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). **Acervo Fundiário**. 2025. Disponível em: <<https://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/login.php>>.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Bioma Pantanal – Prodes (Desmatamento): Prodes completo em formato matricial - GeoTIFF (2008/2023)**. 2025. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/downloads/>. Acesso em : 01 jul. 2025.

JORDAHL, K. **GeoPandas documentation**. 38 p. 2017. Disponível em: <<https://app.readthedocs.org/projects/geopandas-doc/downloads/pdf/latest/>>. Acesso em: 13 maio 2025.

MCKINNEY, W. **pandas**: powerful Python data analysis toolkit 3743 p. 2022. Disponível em: <<https://pandas.pydata.org/pandas-docs/version/1.4.4/pandas.pdf>>. Acesso em: 13 maio 2025.

MENDONÇA, A. H. et al. Edge effects in savanna fragments: a case study in the cerrado. **Plant Ecology & Diversity**, v. 8, n. 4, p. 493-503, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa - PLANAVEG 2025-2028**. Brasília: MMA, 2024.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Convenção sobre Diversidade Biológica. Global Biodiversity Framework**: Post-2020. Montreal: CBD, 2021.

PILLAY, R. et al. Tropical forests are home to over half of the world's vertebrate species. **Front. Ecol. Environ.**, v. 20, p. 10–15, 2022.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO (SFB). **Cadastro Nacional de Florestas Públicas: Atualização 2024**. 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/florestal/pt-br/assuntos/cadastro-nacional-de-florestas-publicas/cadastro-nacional-de-florestas-publicas-atualizacao-2024>>.

SITUATION ROOM/TERRABRASILIS. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, 2025. Disponível em: <<http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/ams/>>. Acesso em: 15 fev. de 2025.

STRASSBURG, B. B. N. et al. Global priority areas for ecosystem restoration. **Nature**, v. 586, n. 7831, p. 724-729, 2020.

WOLOSIN, M. et al. **Exponential Roadmap for Natural Climate Solutions**. 2022.

ROSENFELD, M. F. et al. Ecological integrity of tropical secondary forests: concepts and indicators. **Biological Reviews**, v. 98, n. 2, p. 662-676, 2022.