

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE TRÊS LAGOAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Maria do Carmo Rodrigues Barbosa

**ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS REMANESCENTES DE CERRADO
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO POMBO, TRÊS LAGOAS - MS**

Três Lagoas-MS

2024

**“ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS REMANESCENTES DE CERRADO
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO POMBO, TRÊS LAGOAS - MS ”**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia do Campus de Três
Lagoas da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
para a obtenção do título de Mestre em Geografia.
Orientador: Prof. Dr. Mauro Henrique Soares da Silva.

Coorientador: Prof. Dr. Climbiê Ferreira Hall

Maria do Carmo Rodrigues Barbosa

**ANÁLISE DA QUALIDADE AMBIENTAL DOS REMANESCENTES DE CERRADO
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO POMBO, TRÊS LAGOAS - MS**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. (a) Dr. (a) Mauro Henrique Soares da Silva
UFMS (Presidente)

Prof. (a) Dr. (a) Aguinaldo Silva
UFMS (Titular)

Prof. (a), Dr. (a) César Cardoso Ferreira
UFMS (Titular)

Prof. (a), Dr. (a) Adalto Moreira Braz
Pesquisador Independente (Suplente)

Prof. (a) Dr. (a) Frederico dos Santos Gradella
UFMS (Suplente Interno)

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de [mestre / doutor] em mestre em geografia.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. (a) Dr. (a) Sedeval Nardoque

Três Lagoas-MS
2024

Este trabalho é dedicado a todos aqueles que de alguma forma contribuíram.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFMS, Campus de Três Lagoas, pela oportunidade de realizar este trabalho.

Minha gratidão também vai ao Laboratório de Biogeografia e Climatologia Geográfica (LABICGEO) e ao Laboratório de Monitoramento Ambiental e Recursos Hídricos (LAMARH) da UFMS, assim como a todos os seus membros, pelo apoio essencial na tabulação e refinamento dos dados.

Ao Prof. Dr. Mauro Henrique Soares, sou profundamente grata pela paciência, orientação e constante incentivo ao longo deste projeto.

Ao Dr. Hermiliano Felipe Decco, pelo auxílio valioso na tabulação de dados, elaboração dos mapas e suporte bibliográfico, além das discussões enriquecedoras que tanto contribuíram para meu crescimento.

A Dr^a. Milene Freitas Figueiredo, meu reconhecimento por ser um exemplo de determinação e persistência, e por sempre comemorar minhas conquistas.

Ao Prof. Dr. Erivelton, que sempre se mostrou atento e disposto a ajudar nos momentos em que precisei de socorro.

Agradeço a todos os professores e mestres, pelo conhecimento transmitido e pelo apoio durante esta jornada. Estar na pós-graduação é uma experiência que valorizo profundamente.

À minha família, em especial ao meu esposo Eduardo e aos meus filhos Iasmim e João Pedro, agradeço pelo carinho, compreensão nas minhas ausências e pelo orgulho que sempre demonstram.

À minha mãe, sou grata por sua paciência e por cuidar dos meus filhos nos momentos em que precisei me ausentar.

Agradeço também à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campus de Três Lagoas, por proporcionar as condições necessárias ao desenvolvimento desta pesquisa.

Este trabalho contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), por meio do Código de Financiamento 001.

“O domínio do visível, aquilo que a vista abarca. Não é formada apenas por volumes, mas também de cores, movimentos, odores, sons (...). A dimensão da paisagem é a dimensão da percepção, o que chega aos sentidos. ”

Milton Santos *Metamorfose do Espaço Habitado*. São Paulo: Hucitec, 1996, p.61-62).

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi investigar a fragmentação do bioma Cerrado na Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo, considerando os impactos das mudanças no uso e ocupação do solo. O Cerrado brasileiro tem sofrido vários impactos ambientais nas últimas décadas devido à exploração inadequada do solo e práticas predatórias, resultando na redução contínua das áreas de vegetação nativa. Essas áreas remanescentes têm se fragmentado em porções desconectadas, muitas vezes com tamanhos ecologicamente irrelevantes e baixa qualidade ambiental. A pesquisa focou na análise da qualidade ambiental dos remanescentes de Cerrado na Bacia do Rio do Pombo, situada no contexto da Bacia do Rio Paraná, no município de Três Lagoas- MS. A unidade de estudo foi a bacia hidrográfica, utilizando uma abordagem teórica e metodológica baseada em geotecnologias. Foram coletados dados primários e aplicados indicadores de qualidade ambiental, tais como tamanho do remanescente, índice de circularidade, distância do vizinho mais próximo, proximidade a cursos d'água e rodovias, declividade, hipsometria e índice NDVI, além da caracterização morfométrica e a criação de mapas temáticos da área. A Bacia do Rio Pombo abrange uma área de 2.074,94 km², com variação de altitude entre 278 e 529 metros. A análise dos 53 remanescentes de Cerrado identificou que 41 deles apresentaram baixa qualidade ambiental, enquanto apenas um fragmento, o de número 7, localizado próximo ao Rio do Pombo, foi classificado como de muito alta qualidade ambiental. As diferenças na qualidade dos remanescentes estão ligadas a fatores específicos, como sua localização e proximidade com corpos hídricos e rodovias. Os resultados apontam para a degradação significativa das áreas de Cerrado na bacia, especialmente em relação às nascentes, que sofrem com a perda de cobertura vegetal e qualidade ambiental. Isso compromete a integridade ecológica da região e reforça a necessidade de uma gestão mais eficiente e focada na conservação dos remanescentes. A conectividade entre as áreas remanescentes, no entanto, não deve ser o principal critério para a conservação, mas sim a preservação de fragmentos de alta qualidade ambiental, essenciais para manter a funcionalidade dos ecossistemas locais.

Palavras-chave: Fragmentação do Cerrado, Qualidade ambiental, Indicadores ambientais, Remanescentes de Cerrado

ABSTRACT

The objective of the present work was to investigate the fragmentation of the Cerrado biome in the Rio do Pombo Hydrographic Basin, considering the impacts of changes in land use and occupation. The Brazilian Cerrado has suffered several environmental impacts in recent decades due to inadequate soil exploitation and predatory practices, resulting in the continuous reduction of native vegetation areas. These remaining areas have been fragmented into disconnected portions, often with ecologically irrelevant sizes and low environmental quality. The research focused on analyzing the environmental quality of the Cerrado remnants in the Rio do Pombo Basin, located in the context of the Paraná River Basin, in the municipality of Três Lagoas-MS. The study unit was the river basin, using a theoretical and methodological approach based on geotechnology. Primary data were collected and indicators of environmental quality were applied, such as size of the remnant, circularity index, distance from the nearest neighbor, proximity to watercourses and highways, slope, hypsometry and NDVI index, in addition to morphometric characterization and creation of thematic maps of the area. The Pombo River Basin covers an area of 2,074.94 km², with altitude variation between 278 and 529 meters. The analysis of the 53 Cerrado remnants identified that 41 of them had low environmental quality, while only one fragment, number 7, located close to the Rio do Pombo, was classified as having very high environmental quality. Differences in the quality of the remnants are linked to specific factors, such as their location and proximity to water bodies and highways. The results point to the significant degradation of Cerrado areas in the basin, especially in relation to springs, which suffer from the loss of vegetation cover and environmental quality. This compromises the ecological integrity of the region and reinforces the need for more efficient management focused on the conservation of the remnants. Connectivity between the remaining areas, however, should not be the main criterion for conservation, but rather the preservation of fragments of high environmental quality, essential for maintaining the functionality of local ecosystems.

Keywords: Fragmentation of the Cerrado, Environmental quality, Environmental indicators, Cerrado remnants

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de localização da área de estudo	13
Figura 02- Mapa da localização do Cerrado Brasileiro	18
Figura 3- Localização do Cerrado em relação as 12 grandes regiões hidrográficas brasileiras instituídas pelo CNRH	22
Figura 4- Localização da Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo	37
Figura 5- Ilustração do método de ordenação dos canais de (STRAHLER, 1957)	46
Figura 6 - Representação Z – Score	53
Figura 7-Hipsometria da bacia hidrográfica do rio do Pombo	58
Figura 8 - Cachoeira do Pombo	59
Figura 9- Mapa Geológico	69
Figura 10- Formação rochosa vale do rio Peixe	63
Figura 11- Mapa pedológico da BHRP	67
Figura 12- Mapa de declividade da BHRP	69
Figura 13- Cachoeira do Pombo	70
Figura 14- Hierarquia Fluvial da BHRP	72
Figura 15: Representatividade da classe de solo latossolos na Bacia do Pombo	76
Figura 16- Uso e ocupação 2022	78
Figura 17- Uso e ocupação 2006	80
Figura 18- Divisão da classe silvicultura com fragmento florestal, na BR- 262	81
Figura 19- Mapeamento dos fragmentos	82
Figura 20- Mapa de fragmentos selecionadas	84
Figura 21- Análise de densidade ou de kernel	85
Figura 22- Posição em relação a classe declividade	90
Figura 23- Mapa de hipsometria dos fragmentos de Cerrado	92
Figura 24- Testemunho geológico “Serrinha”	93
Figura 25- Média NDVI- Outono/ Inverno de 2022	105
Figura 26- Média NDVI – Primavera/ Verão 2022	107
Figura 27- Proximidade à Cursos d’água	110
Figura 28- Proximidade com as principais Rodovias (PROXVIAS)	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Contribuição hidrológica do cerrado para a rede hidrográfica Brasileira	21
Quadro 2- Definições de Bacia Hidrográfica	25
Quadro 3- Interpretação ambiental da bacia	40
Quadro 4 - Interpretação ambiental do formato da bacia	41
Quadro 5 - Interpretação morfométrica da bacia	43
Quadro 6 - Classes de interpretação para os valores da densidade da drenagem	44
Quadro 7- Classificação da declividade segundo a Embrapa (1979)	44
Quadro 8 - Índices de qualidade ambiental em fragmentos de cerrado	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Interpretação de densidade	48
Tabela 2- Características morfométricas da Bacia Hidrográfica do rio do Pombo	57
Tabela 3- Comparação do Uso e ocupação (2006 e 2022)	79
Tabela 4- Área em ha dos fragmentos	87
Tabela 5- Análise vizinho mais próximo	89
Tabela 6- Formas (circularidade) dos fragmentos	108
Tabela 7- Síntese das métricas	118

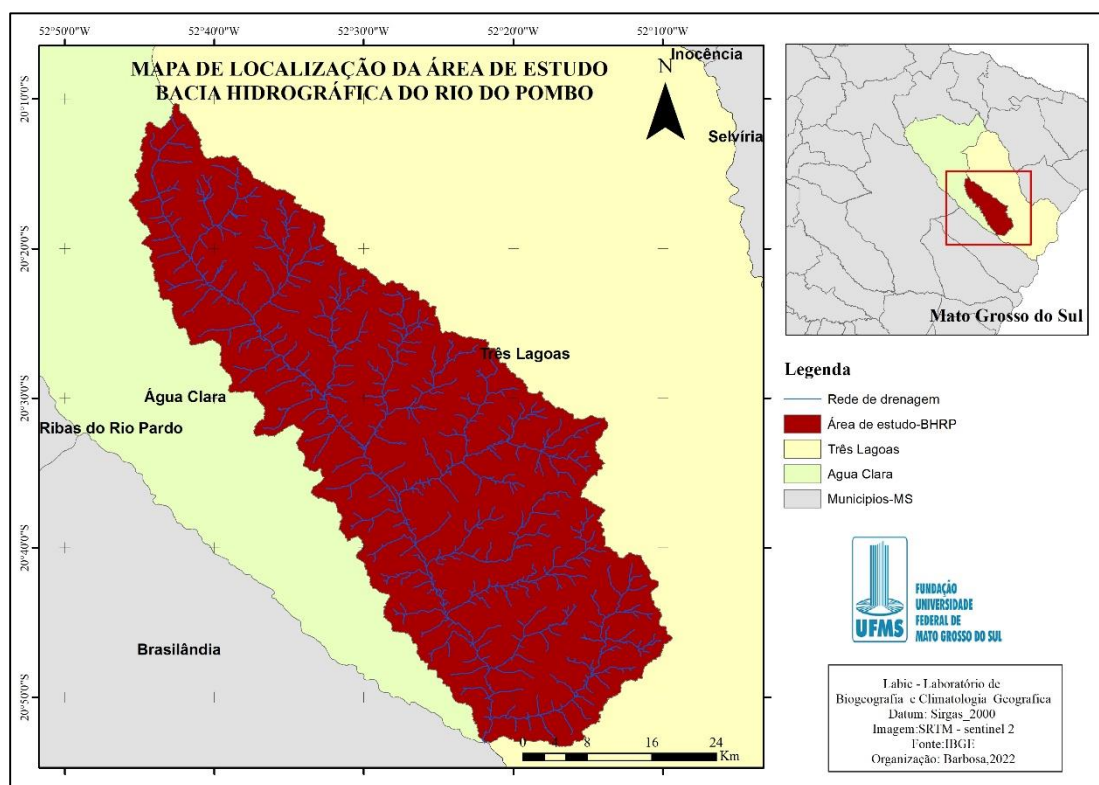
Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral	16
2.2 Objetivos Específicos	16
3. REVISÃO LITERARIA	17
3.1 O Cerrado brasileiro: características, importância e degradação	17
3.1.1 Contribuição hídrica no Cerrado Brasileiro	20
3.2- A Bacia Hidrográfica como unidades de planejamento ambiental	23
3.3 O impacto da silvicultura nas bacias hidrográficas da região leste do Mato Grosso do Sul	29
4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	35
4.1 Caracterização da área de estudo	35
4.2 Morfometria	39
4.3 Mapeamento de Fragmentos do Cerrado na bacia hidrográfica do rio do Pombo	46
4.4 Qualidade ambiental dos fragmentos de Cerrados que compõem a paisagem da bacia hidrográfica do rio do Pombo.	48
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	56
5.1 Morfometria	53
5.2 Uso e ocupação	75
5.3 A distribuição espacial dos fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo	81
5.4 Avaliação da qualidade ambiental dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio do Pombo	89
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122

1. INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo é de grande importância, tanto ambiental quanto socioeconômica, especialmente no que diz respeito à proteção de recursos hídricos e à biodiversidade. A bacia realiza funções ecológicas essenciais, como o controle do ciclo da água, a recarga de aquíferos e a prevenção da erosão. Contudo, a intensificação das atividades agrícolas e pecuárias, além do desmatamento, têm prejudicado a saúde ambiental da área. Portanto, o exame da qualidade ambiental e do uso do solo é fundamental para reconhecer os efeitos dessas mudanças e guiar uma gestão sustentável da região. É imprescindível preservar os remanescentes do Cerrado e adotar práticas de manejo apropriadas para assegurar a manutenção dos serviços ecossistêmicos e a sustentabilidade dos recursos naturais, que são cruciais para o equilíbrio econômico e ambiental da bacia (Figura 01).

Figura 01: Mapa de localização da área de estudo



Org.: Á AUTORA (2022)

Diversos estudos têm sido realizados para analisar a qualidade ambiental dos remanescentes de Cerrado, especialmente em áreas afetadas por desmatamento e expansão agrícola. Esses trabalhos buscam entender os impactos ambientais resultantes das atividades humanas e desenvolver ferramentas para a conservação

desses remanescentes, que desempenham um papel fundamental na manutenção da biodiversidade, no equilíbrio hídrico e no controle da erosão do solo.

Um exemplo de estudo foi conduzido na sub-bacia do Rio Atibaia, onde se utilizou o Método de Análise Hierárquica de Processos (AHP) para avaliar a qualidade dos remanescentes florestais com base em diversos indicadores, como área total, índice de bordas e proximidade a áreas urbanas (SOUZA, 2018).

Outro estudo avaliou a qualidade ambiental em seis bacias hidrográficas no município de Campinas, destacando a fragmentação e as pressões antrópicas nas áreas de remanescentes florestais. As métricas de paisagem, como o tamanho dos fragmentos e o uso do solo no entorno, foram eficazes para identificar os desafios de conservação, principalmente nas áreas com alta fragmentação e declividade, que estão mais sujeitas à erosão e perda de biodiversidade (CÂMARA, 2011).

As repercussões ambientais resultantes da exploração descontrolada do meio ambiente, com ênfase no bioma Cerrado e na bacia hidrográfica do Rio do Pombo, são preocupantes. A crescente atuação humana, motivada tanto pela necessidade de sobrevivência quanto pela busca de lucros, tem causado impactos ambientais significativos, como desmatamento, fragmentação de paisagens, redução da biodiversidade e crises hídricas, o que também prejudica a qualidade do meio ambiente e a saúde das pessoas.

A exploração desse ecossistema ganhou força nos anos 1950, durante os governos militares, e cresceu ainda mais na década de 1970 com a ampliação da fronteira agrícola. A partir desse momento, os solos outrora tidos como inadequados para a agricultura devido à acidez passaram a ser amplamente utilizados e explorados, sobretudo pelo setor agropecuário (SANTOS et al, 2012).

Em 1970 a silvicultura começou a ser implantada no município de Três Lagoas, devido ao interesse do governo militar em criar uma região produtora de eucalipto e pinus para abastecer indústrias e siderúrgicas do Sudeste, realizando investimento em projetos de florestamento e reflorestamento, pelo Polocentro (Programa de Desenvolvimento dos Cerrados), nas regiões entre Três Lagoas e Campo Grande, vigente de 1975 -1981. ASEVEDO (2012) apud ABREU (2001, p.171 e 268).

Nesse panorama, torna-se essencial investigar as características ambientais do Cerrado e das bacias hidrográficas que o integram. Um exemplo é a Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo, que faz parte da Bacia do Rio Verde e que já enfrentou problemas

devido ao desmatamento e à transformação da vegetação nativa em monocultivo. Estudar a ocupação do solo e a conservação das áreas remanescentes de Cerrado nesta bacia é vital para compreender as mudanças que ocorreram e propor alternativas sustentáveis.

Nesse cenário, a utilização de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) apresenta-se como uma ferramenta valiosa para a gestão e monitoramento ambiental. O SIG possibilita a combinação de dados sociais, econômicos e ambientais, simplificando a análise de grandes volumes de informações georreferenciadas. Isso permite avaliar os efeitos da ocupação humana e identificar áreas que necessitam de proteção e degradação, fornecendo subsídios para a tomada de decisões e a elaboração de políticas de conservação (CÂMARA, 2002), (FLORENZANO, 2011).

Ademais, a utilização de sensores remotos permite a obtenção de imagens da superfície do planeta, que são fundamentais para a interpretação e compreensão dos fenômenos ambientais. Essas informações contribuem para o mapeamento de regiões degradadas e a identificação de padrões de ocupação e uso do solo, facilitando uma análise minuciosa dos efeitos sobre o meio ambiente (FREITAS et al, 2013; pg.444).

Com base nessas premissas, contudo o objetivo desta pesquisa é analisar a qualidade ambiental dos remanescentes de Cerrado na Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo, além de identificar as principais características da bacia, analisar a presença e espacialização dos remanescentes e avaliar o estado de preservação dos remanescentes de cerrado dentro da área da bacia hidrográfica do Rio do Pombo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar a qualidade ambiental dos remanescentes de Cerrado na Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo

2.2 Objetivos Específicos

2.2.1. Analisar as principais características da Bacia hidrográfica do Rio do Pombo

2.2.2. Cartografar a presença e espacialização de áreas remanescentes de Cerrado na Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo

2.2.3. Avaliar as condições ambientais dos remanescentes de Cerrado na bacia hidrográfica do Rio do Pombo.

3. REVISÃO LITERARIA

3.1 O Cerrado brasileiro: características, importância e degradação

O Cerrado Brasileiro apresenta características climáticas distintas, com uma estação seca de inverno, que vai de junho a setembro, marcada por baixas chuvas, e uma estação úmida de verão, concentrada entre dezembro e março. Essa dinâmica climática é observada por NASCIMENTO E NOVAIS (2020), que destacam o predomínio do clima tropical (tipologia Aw) e a presença de características subtropicais (tipologia Cwa) nas regiões sudoeste e sudeste do bioma.

Durante o inverno seco, a umidade do ar atinge níveis críticos, variando entre 9% e 11%, semelhantes aos encontrados em regiões desérticas. Em contrapartida, no verão, a umidade pode alcançar entre 60% e 90%, acentuando a sazonalidade. Essa oscilação na umidade é comparável à encontrada na caatinga, com índices que podem ser iguais ou ainda mais baixos (DA SILVA, 2008).

Embora o Cerrado seja frequentemente classificado como uma savana úmida, ele é considerado uma vegetação "sui generis" devido às suas características estruturais e florísticas únicas, que incluem matas de galeria ao longo dos cursos d'água. Ao contrário das savanas, que possuem uma vegetação aberta e campestre, a formação do Cerrado tende a ser mais densa e fechada, conforme observado por TROPPEMANN (2008) E SCARIOT et al. (2005). Essa distinção ressalta a importância de reconhecer a singularidade do Cerrado em relação a outros biomas.

O Cerrado é um dos biomas mais ameaçados e mais ricos em biodiversidade do mundo junto com a Mata Atlântica, e estimando que possua em torno de 6 mil espécies de árvores e 800 espécies de aves, 40% das plantas lenhosas e 50% de abelhas sejam endêmicas (ICMBIO, 2023).

NASCIMENTO e NOVAIS (2020), referem-se que:

[...] a distribuição concentrada das chuvas em toda a região tem influência direta sobre a vegetação, uma vez que, ao longo do tempo geológico, a marcha estacional das precipitações foi responsável pela lixiviação dos solos, deixando-os pobres em minerais essenciais

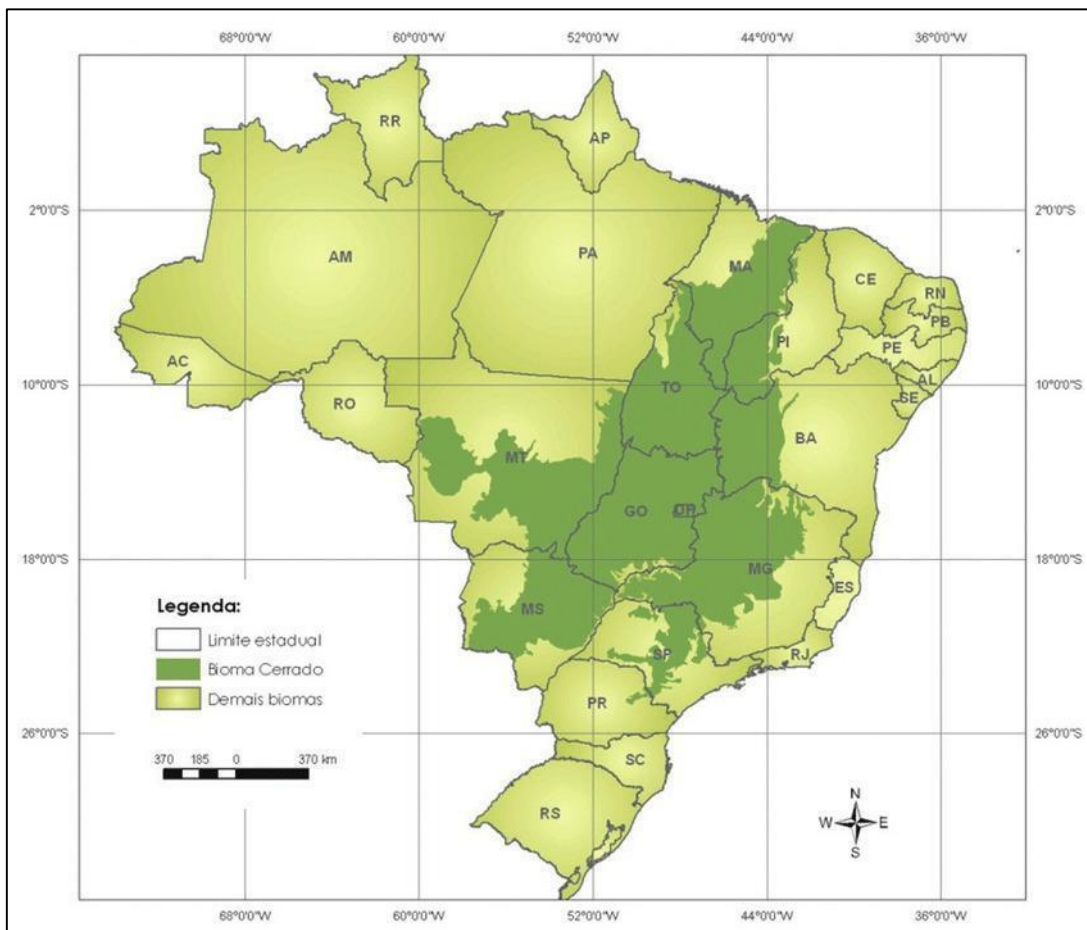
AB'SABER (1983, p. 42) conceitua o bioma como sendo o domínio morfoclimático dos Cerrados, composto por "chapadões recobertos por cerrados e penetrados por florestas de galerias" (...), que "constituiu-se em um espaço físico,

ecológico e biótico, de primeira ordem de grandeza”, com solos pobres, porém em condições topográficas e climáticas favoráveis.

No Cerrado há predomínio de latossolos, tanto em áreas sedimentares quanto em terrenos cristalinos, ocorrendo ainda solos concrecionários em grandes extensões (AB' SABER, 1983; LOPES, 1984).

O bioma Cerrado (Figura 02), ocupa grande parte de Minas Gerais, Tocantins, Goiás, Distrito Federal, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Bahia, além de uma pequena porção do Paraná e áreas disjuntas do Pará, Amapá, Roraima e Rondônia (EITEN, 1994; ADÁMOLI, 1981; ALLEM & VALLS, 1987).

Figura 02- Mapa da localização do Cerrado Brasileiro



Fonte: Ministério do Meio Ambiente e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2005)

Dessa forma, esse bioma situado no coração do Brasil, é segundo a Embrapa (2019) o segundo maior bioma da América do Sul depois da Floresta Amazônica, abrangendo uma área superior a 200 milhões de hectares e representando mais de 20% do território brasileiro. A área original do bioma vem diminuindo por conta da

crescente demanda por áreas destinadas à agricultura (cultivo de cana, soja, pastagens, eucalipto, dentre outros) (TROPAMAIR, 2008).

A importância do bioma cerrado está na sua localização em altitudes elevadas, e sendo localizado no planalto central, tem papel fundamental da distribuição dos recursos hídricos brasileiro e do continente sul-americano, pois é onde tem origem de várias nascentes, sendo apelidado como guarda-chuva, suas águas vertem para oito das regiões hidrográficas, dentre as doze (LIMA, 2011).

Isso enfatiza a relevância do uso racional dos recursos naturais em áreas que, em geral, apresentam baixa capacidade de suporte (fragilidade), estando mais sujeitas a problemas de erosão, poluição (poluição) ou super exploração dos recursos hídricos (SCARIT, 2005).

O desmatamento nessa região está ocorrendo em ritmo acelerado, com 85.074 km² desmatados entre os anos de 2002 e 2008, correspondendo a 4,17% da área total, e uma taxa média anual de desmatamento de 14.200 km², equivalente a 0,69% por ano, (IBAMA, 2009).

Em 2023, o Cerrado se destacou como o bioma mais afetado, com uma perda de 1.110.326 hectares de vegetação nativa, correspondendo a uma área equivalente a dois Distritos Federais e representando um aumento de 67,7% em comparação a 2022 segundo o Relatório Anual do Desmatamento no Brasil (RAD, 2023).

Ainda sobre o relatório, este mostra que a o desmatamento do Cerrado concentrou-se principalmente na região conhecida como Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia), impulsionado pela expansão das atividades agropecuárias, incluindo o cultivo de soja e outros produtos agrícolas. Já no estado de Mato Grosso do Sul, o percentual de desmatamento em 2023 foi de 47,6%, resultando em 82.695 hectares desmatados (RAD, 2023).

Portanto, em tempos passados, o bioma Cerrado dominava vastas extensões territoriais, porém hoje encontra-se fragmentado devido aos impactos gerados pela ação humana, como o desmatamento para introdução de novas atividades agrícolas. Essas ações resultam em graves consequências, como a perda da diversidade biológica, a contaminação e a exaustão dos recursos naturais. Como desfecho desse uso desenfreado, somos confrontados com a extinção de inúmeras espécies (PRIMACK 2003 apud MORAES 2011).

A rica biodiversidade do Cerrado brasileiro está passando por uma transformação drástica. Este bioma, que é considerado o mais ameaçado do país e possui a savana com a maior diversidade biológica do planeta, enfrenta uma destruição severa devido a diversos fatores, como a expansão da agropecuária, a construção e operação de hidrelétricas, a caça e captura de animais, a urbanização, a mineração, a poluição e a exploração exagerada de espécies vegetais.

Além disso, as queimadas, que fazem parte da dinâmica ecológica do Cerrado há milênios, têm um impacto significativo. Com a chegada da ocupação humana, essas práticas foram utilizadas como uma ferramenta para caça e manejo do solo, sendo empregadas para desmatamento, criação de pastagens e cultivo agrícola. No entanto, muitas vezes essas queimadas fogem ao controle, alterando sua ocorrência natural no bioma e prejudicando a biodiversidade a curto e longo prazo.

As monoculturas de eucalipto e pinus apresentam um risco significativo para a vida no Cerrado. Essa situação é resultado de uma política iniciada na década de 60, que promoveu o “reflorestamento” em larga escala e favoreceu várias regiões dentro desse bioma, especialmente no norte de Minas Gerais. Essas espécies são muito utilizadas na siderurgia, na produção de papel e celulose, assim como na fabricação de móveis, devido à sua alta produtividade. Para atingir essa eficiência, elas necessitam de um grande consumo de água e nutrientes, o que pode prejudicar o lençol freático, esgotar nascentes e ameaçar seriamente a biodiversidade. Ademais, os efeitos socioambientais dessas monoculturas são preocupantes, uma vez que muitas áreas destinadas ao "reflorestamento" foram criadas sem considerar as especificidades ambientais e as comunidades locais, incluindo populações tradicionais e indígenas.

3.1.1 Contribuição hídrica do Cerrado Brasileiro

O bioma do Cerrado no Brasil tem sido alvo de diversas pesquisas devido à sua importância no fornecimento de água (conforme mostrado no quadro 01). É relevante ressaltar que a maior reserva de água do mundo está localizada em território brasileiro, representando cerca de 19% de toda a água disponível no planeta, o que equivale a 42.600 km³/ano, ou seja, aproximadamente 8.130 km³/ano provêm do solo brasileiro. No entanto, assim como muitos outros países, o Brasil enfrenta desafios relacionados à gestão da água, havendo regiões com escassez e conflitos pelo seu uso. (ALMEIDA et al, 2008).

AB’SABER (1983) “Apenas para reforçar as informações supracitadas, as águas brasileiras drenam para oito grandes bacias hidrográficas, e destas, seis têm nascentes na região do Cerrado. São elas: a bacia Amazônica (rios Xingu, Madeira e Trombetas), a bacia do Tocantins (rios Araguaia e Tocantins), a bacia Atlântico Norte/Nordeste (rios Parnaíba e Itapecuru), a bacia do São Francisco (rios São Francisco, Pará, Paraopeba, das Velhas, Jequitaiá, Paracatu, Urucuia, Carinhanha, Corrente e Grande), a bacia Atlântico Leste (rios Pardo e Jequitinhonha) e a bacia dos rios Paraná/Paraguai (rios Paranaíba, Grande, Sucuriú, Verde, Pardo, Cuiabá, São Lourenço, Taquari, Aquidauana, entre outros)”.

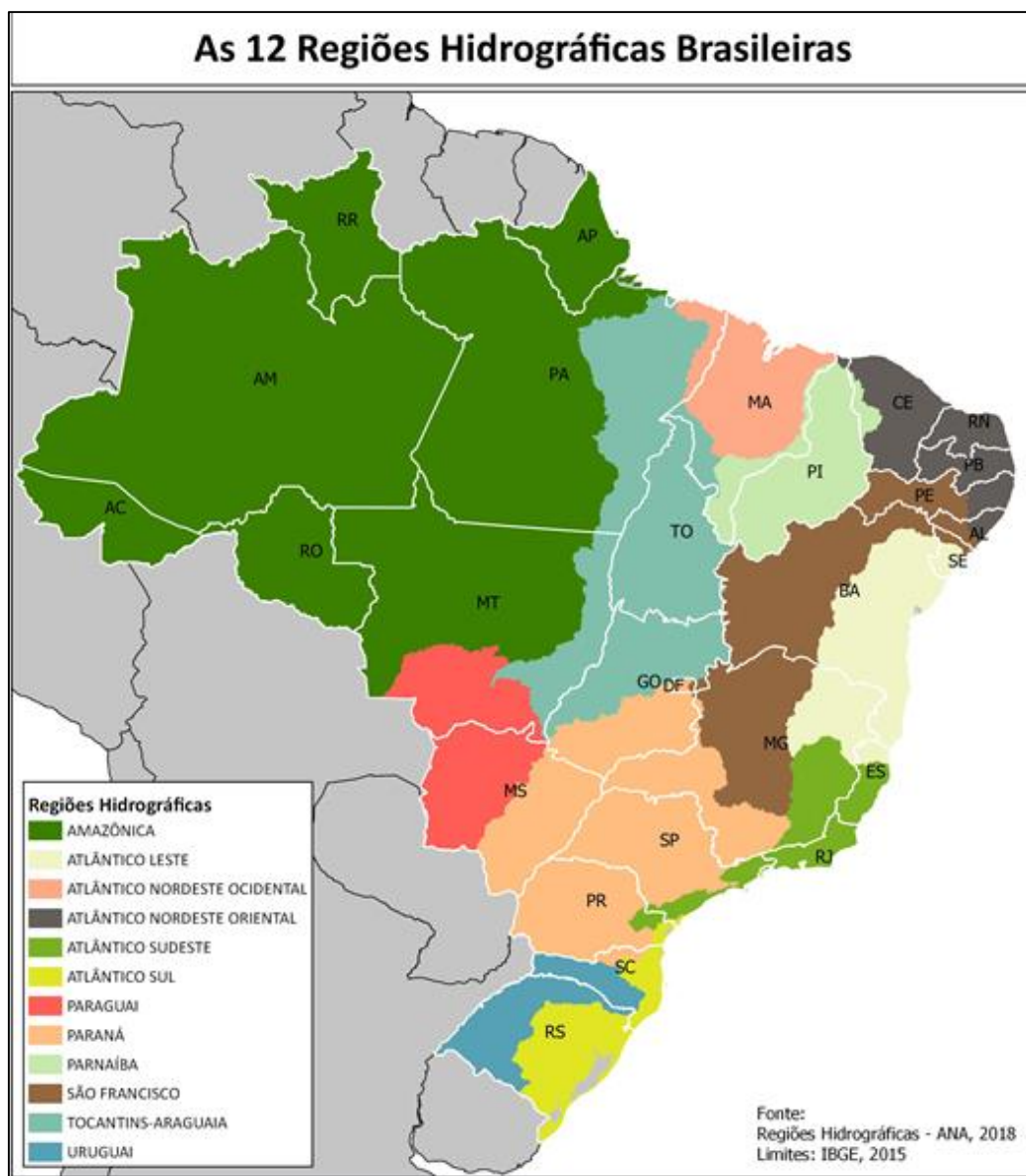
Quadro 1- Contribuição hidrológica do cerrado para a rede hidrográfica Brasileira

Regiões	Porcentagem
Amazônica e Atlântico Norte Ocidental	3,8% e 8,6%
Atlântico Leste	21%
Paraná	50%
Tocantins-Araguaia	60%
São Francisco	94%,
Parnaíba	105%
Paraguai	135%

Fonte: LIMA (2011)

No ano de 2003, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, por meio de sua Resolução nº. 32, fez uma nova divisão da hidrográfica nacional alterando, a divisão que foi feita em 2002 (a classificação fora instituída pelo extinto Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica – DNAEE), sendo assim o território brasileiro, passou de 8 grandes bacias hidrográficas, para 12 grandes regiões hidrográficas (Figura 03). Algumas alterações foram feitas em relação à divisão anterior, como as bacias do Atlântico Norte-Nordeste, do Atlântico Leste e do Paraná-Paraguai que foram subdivididas. As bacias do São Francisco e do Uruguai, por exemplo, não sofreram modificações, as Bacias Amazônica e do Tocantins-Araguaia, as modificações foram pequenas, sendo assim a subdivisão de três grandes bacias, bacias, houve o aumento na região hidrográfica brasileira.

Figura 3- Localização do Cerrado em relação as 12 grandes regiões hidrográficas brasileiras instituídas pelo CNRH



Fonte: REGIÕES HIDROGRÁFICAS-ANA, 2018

Segundo LIMA (2011), “em termos de produção hídrica superficial em nível global, da vazão gerada nessas regiões, implica numa forte dependência hidrológica dessas áreas em relação a esse bioma. ”

SIQUEIRA E RADIC (2021) salientam que:

“À eventual redução de disponibilidade hídrica, em decorrência da devastação das zonas de recarga no Cerrado, poderá ser relacionada com a ineficiência do sistema de proteção adotado no Brasil. [...]” (SIQUEIRA E RADIC,2021)

A supressão da vegetação dificulta o processo de drenagem e a absorção da água da chuva, o que compromete bacias hidrográficas com nascentes nos lençóis freáticos e inclusive as transfronteiriças (SIQUEIRA E RADIC, 2021).

No aspecto botânico, o qual possui grande importância para a questão hídrica, umas das adaptações evolutivas destacadas, está relacionada as raízes das árvores e plantas do cerrado, que devido a sazonalidade apresentam xeromorfismo, raízes ramificadas e profundas, fazendo com que a planta se proteja da seca, o que fez surgir o termo “floresta de cabeça para baixo”, com essa evolução as raízes viraram uma malha subterrânea, que ultrapassam o tamanho de suas copas, colaborando assim com a absorção de água no solo e a manutenção dos lençóis freáticos e nascentes em períodos de seca.

Ao Longo de toda a extensão do Bioma Cerrado, limita-se com outros biomas, sendo influenciado pelas suas características hidrológicas. Ao Norte o Cerrado limita-se com a Floresta Amazônica; a nordeste, com a Caatinga; a oeste, com o Pantanal; a leste, com a Mata Atlântica; e ao sul, com os campos de clima semelhante ao temperado, quanto maior a proximidade com o Bioma Amazônico, maior será a ocorrência de chuvas. O volume de chuvas precipitado no semiárido, área que se limita com o Cerrado, diminui consideravelmente, sendo assim o cerrado não considerado homogêneo em relação a sua hidrologia, afetando assim o volume total precipitado, e impossibilitando de usar os índices hidrológico, devido a sua extensão (ALMEIDA et al, 2008).

Há uma negligência em relação a proteção do bioma Cerrado voltado a conservação, em relação a legislação estadual, enquanto outros biomas são considerados patrimônio nacional, o bioma Cerrado é deixado de fora, no entanto já são observados alguns avanços nos sistemas de leis brasileiras para a proteção do Cerrado. Um exemplo é o Projeto de Lei nº1.459,2019, altera a Lei nº12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, redefinindo o percentual da reserva legal em propriedades rurais no bioma cerrado que anteriormente na lei era 20% passando a ser 35%.

3.2 A Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento ambiental

A água é um recurso natural de infinita grandeza e essencial para a sobrevivência do planeta, essencial a manutenção da biodiversidade e à vida humana,

bem de domínio público e com a ampliação dos usos diversos da água doce, está se tornando escassa. TUNDISI (2006), ressalta que apesar de ser essencial à vida humana e à economia de todas as regiões do planeta, há permanentes ameaças ao ciclo hidrológico e a quantidade e qualidade de água.

Tais ameaças vêm da ação antrópica, e o aceleramento no crescimento demográfico, do desenvolvimento tecnológico e de produção, que incrementam o processo de urbanização, levando ao extremo uso e ocupação da natureza, aumentando a demanda e o uso excessivo, incluindo águas superficiais e subterrâneas, reservas essas, importantíssimas para presente e as futuras gerações, atingindo limites alarmantes de degradação na qualidade da água.

Na visão de TUNDISI (2003) E LELIS *et al* (2015) afirmam que:

A água é um recurso natural extremamente importante para a sobrevivência dos seres vivos. Todavia, além disso, ela também se configura como um bem com enorme valor político, econômico e social. Atualmente, vários países já sofrem com a escassez de água potável. Nesse contexto, a água cada vez mais se consolida como um recurso estratégico do ponto de vista geopolítico no cenário internacional (TUNDISI, 2003); (LELIS *et al*, 2015, p.280).

Segundo TUNDISI (2006) os desafios relacionados à água estão atualmente focados no desenvolvimento de sistemas adequados de gestão e na busca constante por inovações tecnológicas, além da implementação de medidas estruturais e não-estruturais para uma gestão integrada e preditiva.

“Esses usos múltiplos da água produzem impactos complexos e com efeitos diretos e indiretos na economia, na saúde humana, no abastecimento público e na qualidade de vida das populações humanas e na biodiversidade, comprometendo também a qualidade dos “serviços” aquáticos superficiais e subterrâneos” TUNDISI (2006).

Com o manejo inadequada das bacias hidrográficas, bem como, dos e recursos naturais, têm como consequências o aumentado da degradação ambiental afetando principalmente as redes de drenagem. Sendo assim TUNDISI e MATSUMURA, 2020, salientam que “entender a água como substância, entender seu papel ecológico econômico e social no Planeta Terra é extremamente relevante e de grande importância atual e futura. ”

A preocupação com a qualidade ambiental e a quantidade dos recursos naturais tem aumentado ao longo dos anos (BOTELHO E SILVA, 2007). Assim MEDEIROS (2016), afirma que as pesquisas em bacias hidrográficas são extremamente complexas,

dentro de seus limites existem inúmeros elementos que se interagem. Entretanto um desses elementos possui fundamental importância na análise de ambientais naturais, que são os tipos de uso, ocupação e manejo da Terra, sendo que a grande maioria desses usos são feitas de forma antrópica sem um manejo adequado, causando consideráveis danos a natureza.

Com tamanha demanda a bacia hidrográfica: ganhou mais importância como unidade de análise e de planejamento. Portanto o termo “bacia hidrográfica” é tema de diversas pesquisas ambientais, comum à várias ciências e afins, o que reverbera em abordagens variadas em suas considerações em relação a esse recorte espacial. Contudo as várias definições (Quadro 2), apresentam abordagens diferenciadas e fatores que vão do físico ao ecológico.

Quadro 2- Definições de Bacia Hidrográfica

Autor	Conceito
VISSMAN, HARBAUGH E KNAPP (1972)	A bacia hidrográfica é uma área definida topograficamente, drenada por um curso de água ou um sistema conectado de cursos d'água, dispondo de uma simples saída para que toda a vazão efluente seja descarregada
CHRISTOFOLE TTI (1980)	É um sistema dinâmico suscetível a hierarquização, é delimitado naturalmente pelos divisores de água e produto de inúmeras inter-relações processuais de energia, matéria e informações, ou seja, a bacia de drenagem pode ser compreendida como uma área de drenagem por um rio ou por um sistema fluvial.
TUCCI (1997)	Bacia Hidrográfica é um conjunto de superfícies vertentes, ou seja, uma rede de drenagem formada por seus cursos de água que concentram num único leito no seu exultório ou seja a bacia hidrográfica é uma área de captação natural de água precipitada que faz dirigir o escoamento para um único ponto de saída.”
ANDREOZZI (2005, P. 44):	Como um sistema bem caracterizado, identificado pela entrada de matéria e energia (através da precipitação atmosférica), pela circulação interna deste material (o escoamento superficial, por exemplo) e por sua saída (que num curso fluvial corresponde a sua foz). Este sistema, individualizado para sua facilitação de análise, pode ser considerado um subsistema, quando inserido em outro sistema, sendo influenciado e influenciando através dos fluxos que se estabelecem.
RODRIGUES, PISSARRA E CAMPOS (2008, PÁG. 311)	as características físicas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, o escoamento superficial e subsuperficial.”
NASCIMENTO E VILLAÇA (2008)	São unidades espaciais de fácil reconhecimento assim como de fácil caracterização, considerando que não há nenhuma área da superfície terrestre que não esteja inserida em uma bacia hidrográfica, sendo possível avaliar as ações humanas que atuam modificando o equilíbrio existente.
SILVA & VALERIANO (2010)	é uma área onde todas as precipitações que ocorrem nela são coletadas e transportadas para um rio ou lago, abrangendo a interação de fatores físicos, químicos e biológicos
BOELEN ET AL. (2016)	A bacia hidrográfica é vista como um território dinâmico, onde disputas pelo uso da água se entrelaçam com a preservação ambiental e a

	sustentabilidade
TUNDISI, J. G., & MATSUMURA-TUNDISI, T. (2017):	A bacia hidrográfica é um espaço geográfico onde todas as águas que escoam ou se acumulam são drenadas para um único corpo d'água, constituindo um sistema interconectado que reflete a interação entre os componentes bióticos e abióticos
PEREIRA et al (2018)	Bacias hidrográficas são áreas que representam um sistema de drenagem onde as águas que caem como precipitação escoam para um único ponto, permitindo a análise das interações entre uso do solo e recursos hídricos.
ALMEIDA E MALTA (2020)	Abordam a bacia hidrográfica como uma unidade de planejamento e gestão integrada, que engloba tanto a preservação ambiental quanto o desenvolvimento socioeconômico. Esse enfoque busca equilibrar as necessidades humanas com a sustentabilidade dos ecossistemas hídricos.

Org.: Á AUTORA (2023)

No intuito da conscientização da sociedade e importância da água, muitas pesquisas e trabalhos, foram impulsionadas ligados à área ambiental, com técnicas e práticas de manejo, especificamente relacionados a qualidade da água.

O detalhamento da dinâmica ambiental é um elemento fundamental nos processos físicos, hidrológicos e geomorfológicos de uma bacia, permitindo a compreensão dos fenômenos temporo espacial, sendo assim as ações antrópicas nas bacias hidrográficas na construção da paisagem, tornam -se agentes ativos (NASCIMENTO E VILLAÇA, 2008).

MELLO (1999) salienta que:

“Uma bacia de drenagem é identificada pelos seus divisores internos (freáticos) e externos (topográficos) e pelo fluxo das águas (superficiais e subsuperficiais). Este encontra-se intrinsecamente ligado à hierarquia e à densidade dos canais que, em conjunto com a forma da bacia, vão contribuir para delinear a dinâmica em seu interior”

A variabilidade das bacias hidrográficas depende de alguns fatores geográficos e geomorfológicos (geologia, relevo, clima e solo), assim, compreender esses fatores é fundamental ao planejamento e à gestão, pois estão interligados e exercem influência e tende a determinar o padrão da drenagem. A rede de drenagem passa a integrar e funcionar como agente modelador da bacia como os demais elementos (CHRISTOFOLLETTI, 1980).

O conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento é fundamental na administração dos recursos hídricos, especialmente no Brasil, conforme estipulado pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei 9.433/1997). Essa abordagem proporciona diretrizes para o planejamento e a gestão integrada das águas em uma

delimitação geográfica natural, referindo-se à bacia hidrográfica, que inclui toda a área drenada por um rio e seus tributários. (BRASIL, 1997)

A Política Nacional de Recursos Hídricos define a bacia hidrográfica como a unidade territorial para o planejamento e gestão das águas. Isso implica que a administração dos recursos hídricos deve ocorrer de acordo com os limites naturais da bacia, ao invés de se basear nas divisões administrativas (como municípios ou estados), uma vez que o ciclo hidrológico e os efeitos sobre a água não se restringem a essas fronteiras.

Princípios da PNRH:

- A água é um bem público e um recurso limitado, com valor econômico.
- A gestão deve ser descentralizada, participativa e baseada na bacia hidrográfica.
- O uso múltiplo das águas deve ser promovido.

A gestão integrada deve considerar a qualidade e a quantidade das águas, bem como os aspectos ecológicos.

A bacia hidrográfica possibilita uma administração integrada dos recursos hídricos, abrangendo todos os fatores que influenciam esses recursos, como as utilizações urbanas, agrícolas, industriais e relacionadas ao saneamento. O princípio da gestão descentralizada sugere que a tomada de decisões deve envolver diferentes esferas do governo, a sociedade civil, os usuários de água e outros interessados. No Brasil, essa descentralização é implementada através dos Comitês de Bacias Hidrográficas, que têm a função de discutir e aprovar os planos de gestão da bacia.

Os Planos de Bacia Hidrográfica são ferramentas de planejamento definidas pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Eles realizam um diagnóstico das condições atuais da bacia e propõem estratégias para melhorar a quantidade e a qualidade das águas, promover o uso sustentável dos recursos e a proteção ambiental da área. Normalmente, esses planos abrangem:

- Levantamento de demandas hídricas (abastecimento urbano, irrigação, energia, etc.).
- Identificação dos principais problemas, como poluição e escassez de água.
- Definição de metas de curto, médio e longo prazo.
- Propostas de obras, intervenções e ações para melhorar a gestão da

bacia.

Além da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), vários estados do Brasil possuem legislações próprias que complementam a política nacional. Muitas dessas normas adotam a bacia hidrográfica como a unidade de gestão e incentivam a criação de agências e comitês regionais de bacia.

A abordagem por bacia hidrográfica possibilita a identificação e a gestão de conflitos entre os diferentes usuários. O termo "usos conflitantes" refere-se a situações em que diversos usuários disputam os mesmos recursos hídricos. Com uma análise abrangente da bacia, é viável priorizar diferentes usos e promover acordos que levem em consideração o impacto de um setor sobre os outros, como a agricultura, a indústria e o abastecimento de água para residências.

A utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento é, igualmente, um conceito essencial nos estudos relacionados à hidrologia. Diferentes modelos computacionais são empregados para simular o comportamento das águas em uma bacia, levando em conta elementos como precipitação, evapotranspiração, infiltração e escoamento. Estes estudos ajudam a prever enchentes, analisar a disponibilidade hídrica em diferentes cenários climáticos e planejar o uso racional dos recursos.

A administração de bacias hidrográficas favorece a proteção ambiental e estimula a sustentabilidade, pois possibilita um planejamento que leva em consideração as características ecológicas da área, incluindo a preservação das matas ciliares, a proteção das nascentes e a reabilitação de áreas degradadas. A perspectiva sistêmica da bacia também considera os efeitos da urbanização e da agricultura sobre os cursos d'água, promovendo iniciativas para a mitigação e adaptação.

Outro ponto importante da gestão por bacia é a utilização de instrumentos econômicos, como a taxa pelo uso da água, conforme estabelecido na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH). Os recursos obtidos são destinados ao próprio Comitê da Bacia, que os reinveste em projetos voltados à conservação e à melhoria da qualidade da água. Isso promove um uso mais consciente dos recursos hídricos e cria um fundo para financiar ações de gestão. A bacia hidrográfica, como unidade de planejamento, é um conceito fundamental na gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos.

3.3 O impacto da silvicultura nas bacias hidrográficas da região leste do Mato Grosso do Sul

Muitos são os impactos na natureza, mas “não há uma resposta única ou simples que responda se a cultura do eucalipto é impactante, degradante, negativa para a biodiversidade” (CARNUS et al., 2006, p. 73), irá depender de onde são plantados ou seja depende do contexto ecológico, as áreas escolhidas e o manejo adequado. Importante ressaltar e avaliar as áreas a serem utilizadas para a silvicultura, e qual será o melhor uso para áreas onde eram utilizadas como pastagens.

Sendo assim, cabe explicar que o processo de expansão da silvicultura, vem ocorrendo em diversos momentos na história e desenvolvimento econômico do Brasil.

De acordo com MOLEDO et al (2016), nos diz que:

Do ponto de vista da necessidade crescente da demanda por madeira de eucalipto, como matéria prima, da indústria de celulose, de papel e da indústria moveleira, cujo aumento está diretamente ligado à procura de produtos sustentáveis, bem como associado ao crescimento econômico, vigente nos últimos anos no país, é de suma importância entender a relação entre os impactos ambientais gerados pelas atividades de silvicultura do eucalipto e as condições geoambientais das localidades onde as plantações estão inseridas.

O Brasil tem um grande potencial com base na silvicultura para o desenvolvimento de atividade agroindústrias, porém as empresas desse ramo procuram lugares com posicionamento geográfico e boa infraestrutura logística, recursos hídricos e geração de energia, para poder se instalar, com isso favorecem o setor e a geração de economia de escala e competitividade do setor (ABRAF, 2012).

Ao longo dos anos, tem havido uma modificação no processo de uso e ocupação do solo, a vegetação característica do Cerrado, com suas árvores tortuosas e terras inférteis, tem sido gradualmente substituída pelo cultivo de soja, algodão, milho e silvicultura. A expansão das fronteiras agrícolas e o processo de industrialização, aliados à interligação rodoviária entre os estados, têm alterado o meio ambiente e as paisagens do Brasil.

A fragilidade dos ambientes naturais face as intervenções humanas são maiores ou menores em função de suas características genéticas. A princípio, salvo algumas regiões do planeta, os ambientes naturais mostram-se ou mostravam-se em estado de equilíbrio dinâmico até o momento em que as sociedades humanas passaram progressivamente a intervir

cada vez mais intensamente na exploração dos recursos naturais (ROSS, 1994, p. 01).

A monocultura do eucalipto, não tem como ser comparada a biodiversidade nativa e nem pode oferecer produtos e benefícios, assim como uma floresta nativa, podendo acarretar grandes danos a natureza, ou seja, a substituição da cobertura vegetal nativa, por uma cultura única sendo nativa ou exótica (DAVIDSON, 1985).

Na região leste do estado de Mato Grosso do Sul, o aumento da silvicultura se deu através da intensificação do agronegócio, e forte industrialização vividos, nas décadas 60-70, mudanças significativas na paisagem com a construção de rodovias para a ligação do centro-oeste com o sudeste industrializada, o interesse do governo militar era criar uma região produtora de eucalipto e pinus.

Com o intuito de abastecer indústrias e siderúrgicas do Sudeste como ideia central tornar o centro-oeste um produtor de matéria prima, para as indústrias na região sul, além de torná-lo um consumidor de produtos industrializados, efetivando investimento em projetos de florestamento e reflorestamento, pelo Polocentro (Programa de Desenvolvimento dos Cerrados), nas regiões entre Três Lagoas e Campo Grande, vigente de 1975 -1981 (KUDLAVICZ,2011; ASEVEDO, 2012 apud ABREU, 2001, p.171 e 268).

Alguns meses após a posse do presidente Geisel, em 1974, foi criado o I Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND), com objetivo geral de impulsionar o desenvolvimento brasileiro, na ocupação do centro-oeste e região amazônica, com intuito da priorização da capacidade energética e da produção de insumos básicos e bens de capital (máquinas, fábricas, ferramentas etc.), diferentemente do modelo anterior, que visava os bens de consumo duráveis (FONSECA, 2008).

O II PND, foi criado através da Lei nº6.151 de 4 de dezembro de 1974, para a substituição das importações, com o intuito de ajustar a economia com a escassez de petróleo. Questões essas que implicaria no setor de bens e capital e de eletrônica pesada, assim como no campo de insumos básicos com intuito da modificação das importações. Sendo assim abrir novas portas para as exportações, a agropecuária é chamada a contribuir com o PIB, com os bons resultados obtidos, mostrando um grande potencial brasileiro de ser um grande produtor de alimentos mundial e matéria prima agrícola. Com as estratégias montada o governo se disponibiliza na liberação de créditos para a implementação de empresas rurais para a propagação da indústria,

estimulando a modernização da agropecuária. (BRASIL, MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO,1975)

Nesse período o governo deu atenção aos chamados “maciços florestais”, que seriam os polos produtores de madeira e carvão, para as indústrias siderúrgicas e as de celulose e papel.

No ano de 1975, através do decreto de nº75.320 de janeiro de 1975, o governo cria a Sudeco, Programa de desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro), para dar concretude ao II PND, programa ao qual selecionava áreas específicas, Bodoquena (Hoje MS), Xavantina, Parecis e Campo Grande - Três Lagoas (MS), assistência desses projetos ficaram a encargo de duas empresas a EMBRATER (Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural) e a ACARMAT (Associação Rural de Mato Grosso).

De acordo com KUDLAVICZ (2011), nas áreas que engloba Campo Grande a Três Lagoas, no projeto Polocentro, representam parte da microrregião de Três Lagoas (Três Lagoas, Água Clara, Ribas do Rio Pardo e Santa Rita do Pardo).

A partir deste contexto, porém com mais culminância em meados da década de 1990, o município de Três Lagoas, localizado no estado de Mato Grosso do Sul, começou a passar por modificações rurais e urbanas com a implantação do agronegócio com o cultivo do eucalipto, um conjunto territorial voltado à produção de celulose-papel, grandes processos de transformação tanto urbana, quanto rural.

Segundo VALVERDE (2020):

[...]o município está inserido num eixo de desenvolvimento (eixo de transporte intermodal), a saber: aéreo – Aeroporto Municipal “Plínio Alarcon”, com capacidade para aeronaves de pequeno, médio e grande porte, o qual foi inaugurado em 2013 (TRÊS LAGOAS, 2019b); ferroviário – Estrada de ferro que liga Corumbá e Ponta Porã (MS) até o Porto de Santos (SP); hidroviário – Hidrovia Paraná-Tietê; e rodoviário – BR-158 (rodovia longitudinal que atravessa o país de norte a sul) e BR-262 (rodovia transversal que interliga os Estados de ES, SP, MG e MS), garantindo o acesso às regiões Norte, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, como também países da América do Sul.

Em 1990 Três Lagoas recebe a indústria a fábrica de biscoitos Mabel, sendo inaugurada em 1998, segundo RIBEIRO-SILVA (2013) foi considerada a primeira indústria, a intensificação do processo de industrialização de Três Lagoas se

intensificou a partir dos anos 2000, conseqüentemente outras indústrias se instalaram no município.

Com a chegada das grandes papelarias o setor econômico de Três Lagoas passa por um novo ciclo econômico, a FIBRIA (atual SUZANO), foi a primeira papelaria a se instalar no município, mas o sonho tão almejado da construção da fábrica deu início em meados de 1988, com a empresa CHANFLORA Três Lagoas Agroflorestal subsidiária Champion Papel e Celulose, logo em seguida sendo adquirida pela Internation Paper do Brasil Ltda, dá início ao plantio de eucalipto na região, para a futura produção de celulose e papel (KUDLAVICZ, 2011; PERPETUA, 2012; VALVERDE, 2020).

No ano de 2006 a Votorantim Celulose e Papel (VCP) concluindo a troca de ativos (transferindo sua fábrica instalada em Luiz Antônio-SP) no valor de U\$ 1,15 bilhões de dólares, juntamente com a base florestal de 57 há, com a IP, e em troca ficou com a planta da fábrica de celulose e papel que está em construção em Três Lagoas-MS, além das plantações de eucalipto e terras (EXAME,2010) concluindo a troca de ativos entre as duas empresa somente em 2007, apoiadas pelos governos Municipais e Estaduais, além de incentivos fiscais, dando início a operação da fábrica março de 2009.Seis meses do início da operação da fábrica, com incentivos do BNDES, a VCP compra a ARACRUZ, fazendo sua fusão dando início a FIBRIA, anunciando em 2009 a linha de produção de celulose curta e branqueada.

Em meados de 2009 a ELDORADO BRASIL, anuncia a fase de licenciamento ambiental da construção de sua nova fábrica, mas já com a base florestal consolidada, no ano seguinte no mês junho lança a pedra fundamental, e iniciando a terraplanagem da fábrica.

No ano de 2011 a FIBRIA anuncia a segunda linha de produção o Horizonte 2, sendo o projeto Horizonte 1, com o início do funcionamento fabril, com sua base consolidada em Três Lagoas/nordeste, incluindo a cogeração e a expansão da terraplanagem da fábrica e a unidade de produção de corretivo de acidez do solo, o anuncio do projeto foi anunciado em 2015, sendo concluído 2 anos após em 2017, estimando a capacidade de produção para 3,05 milhões de toneladas por ano.(FIBRIA,2011;IMASUL, 2015^a; VALVERDE, 2020).

Em 2012 ocorre a inauguração da fábrica da ELDORADO BRASIL, com investimento de 6,2 bilhões de reais e com uma promessa de ser a maior fábrica de

papel e celulose do Brasil, alcançando em 2013 a qualidade de produção e exportação e em outubro do ano vigência, o recorde de produção de 1 milhão de toneladas de celulose, desde então atua nos mercados de importação e exportação, interno e externo, atendendo 45 países, América do Norte, América Latina, Europa, África, Ásia e Oceania (ELDORADO BRASIL, 2020^a; ELDORADO BRASIL, 2019b).

A ELDORADO BRASIL lança a pedra fundamental em 2015, para a expansão de sua fábrica com a segunda linha de produção denominado “Vanguarda 2,0”, com investimento de 8 bilhões e com intensão de gerar mais de 20 mil postos de trabalho diretos e indireto, com a capacidade para gerar 2 milhões de toneladas de celulose e papel, somando as duas linhas a capacidade para 4 milhões de toneladas em sua produção. (CORREIO DO ESTADO, 2015; VALVERDE, 2020)

Mato Grosso do Sul, é banhado por duas grandes bacias Hidrográficas, a do Alto Rio Paraguai e a do Rio Paraná, sendo que o território do Município de Três Lagoas está instalado na margem direita desta última bacia hidrográfica, ou seja, com sua história de ocupação baseada no contexto do avanço da Silvicultura a partir de meados dos anos 1990. Ressalta-se, portanto, que a área objeto de estudo deste trabalho, faz parte da rede hidrográfica do Rio Paraná, e está localizada na divisa entre os municípios de Três Lagoas e Água Clara, contemplando a maior parte em Três Lagoas.

Em relação ao avanço da monocultura de eucalipto nesta região, segundo DUBOS-RAOUL E ALMEIDA (2022), nos diz que:

“Em 2010, o Mato Grosso do Sul registrava 378.195 hectares e, em 2019, ele subiu para 1.124.969 hectares, registrando um aumento, no período, de 197%, o que coloca o estado em segundo lugar no ranking nacional por unidades da federação, em termos de área plantada de eucalipto.”

A implementação do eucalipto no município de Três Lagoas gerou inúmeras modificações não só na paisagem, mas no quesito socioambiental, e o processo de produção da silvicultura tem aumentando consideravelmente a cada ano, que segundo DUBOS-RAOUL E ALMEIDA (2022), de 2010 para 2019 teve um crescimento de 197%.

A crescente industrialização concentrada em cidades, a mecanização da agricultura em sistema de monocultura, a generalizada implantação de pastagens, a intensa exploração de recursos energéticos e matérias – primas como carvão

mineral, petróleo, recursos hídricos, minérios, tem alterado de modo irreversível o cenário da terra e levado com frequência a processos degenerativos profundos da natureza (ROSS, 1994, P. 01).

Nesse contexto, é preciso frisar, que de acordo com VITAL (2007) o impacto do eucalipto sobre os recursos hídricos de uma dada região parece depender mais das características do clima local (em particular, do volume pluviométrico da região) do que somente de características fisiológicas próprias dos eucaliptos.

Diversos fatores contribuíram para a transformação da paisagem no município de Três Lagoas, localizado na região leste sul de Mato Grosso do Sul, anteriormente dominada pela pecuária e grandes plantações, agora vemos o avanço da silvicultura. Embora a silvicultura ainda não tenha se estendido por toda a área de estudo, a pressão em seu entorno.

Nesta área a grandes prejuízos devido:

“Há um nítido processo de desmatamento do cerrado, em favor da expansão da pastagem. Além disso, a sudeste da bacia ficam evidentes as alterações de fisionomias naturais por áreas antrópicas relacionadas à expansão do plantio de eucalipto. De acordo com Lanza (2014) apud Almeida (2012), a maior concentração de área plantada é na microrregião de Três Lagoas, especificamente nos municípios de Água Clara” (LANZA, 2014, pg.260-261)

Essa mudança de uso da terra, da agropecuária para o monocultivo de eucalipto, provocou impactos significativos no ambiente. Observa-se uma nova interferência no ecossistema, com consequências para os recursos hídricos, como a redução de áreas úmidas e veredas quando as plantações se aproximam, e na biodiversidade, com a perturbação da fauna devido ao aumento do tráfego nas estradas e à escassez de árvores frutíferas como fonte de alimento ou, ainda pela remoção da vegetação para dar lugar a novas plantações. Isso resulta em um desequilíbrio ecológico e perda de biodiversidade (FERNANDES, 2020).

4. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A proposta metodológica do presente estudo se baseia na estratégia de pesquisa exploratória, descritiva e explicativa. Como organização metodológica básica essa pesquisa está compreendida em fases distintas as quais, juntas, dão conta da aquisição e análise de resultados suficientes para alcançar os objetivos propostos.

Assim, a fase inicial se baseia na caracterização da área de estudo, a qual conta com a aplicação de técnicas de análise morfométrica em bacias hidrográficas, contando com etapas tanto para identificação e compreensão das formas quanto em relação à dinâmica dos canais. A fase seguinte tem o intuito de identificar e mapear os fragmentos florestais de remanescente de Cerrado presentes na bacia hidrográfica do rio do Pombo através da utilização dos SIG'S.

Por fim, uma vez identificados e compreendida a espacialização dos fragmentos florestais dentro do território da bacia hidrográfica do rio do Pombo, estes serão analisados em relação a sua qualidade ambiental, usando indicadores tanto geográficos como morfológico.

4. 1 Caracterização da área de estudo

Dentre as várias paisagens afetadas por esse contexto do agronegócio em Três Lagoas, encontra-se a referida área de estudo a bacia hidrográfica do rio do Pombo, a qual é um afluente disposto na margem esquerda da Bacia Hidrográfica do Rio Verde, nas seguintes coordenadas, 20°53'14,208" e 20°09'39" latitude S e 52°9'26,112" e 52°45'31" de longitude O, e possui extensão de área de 2074,94 km², e a extensão linear de aproximadamente 350 km. Sua nascente está entre as coordenadas 20°11'38,489" e 20°52'19,028" latitude S e a 52° 44'15,175" e 52°16'4,04" de longitude O, localizadas no município de Água Clara e sua foz no Rio Verde, e seus limites com o Município de Três Lagoas, destacando que o sentido de seu curso é predominante de noroeste para sudeste (NO-SE).

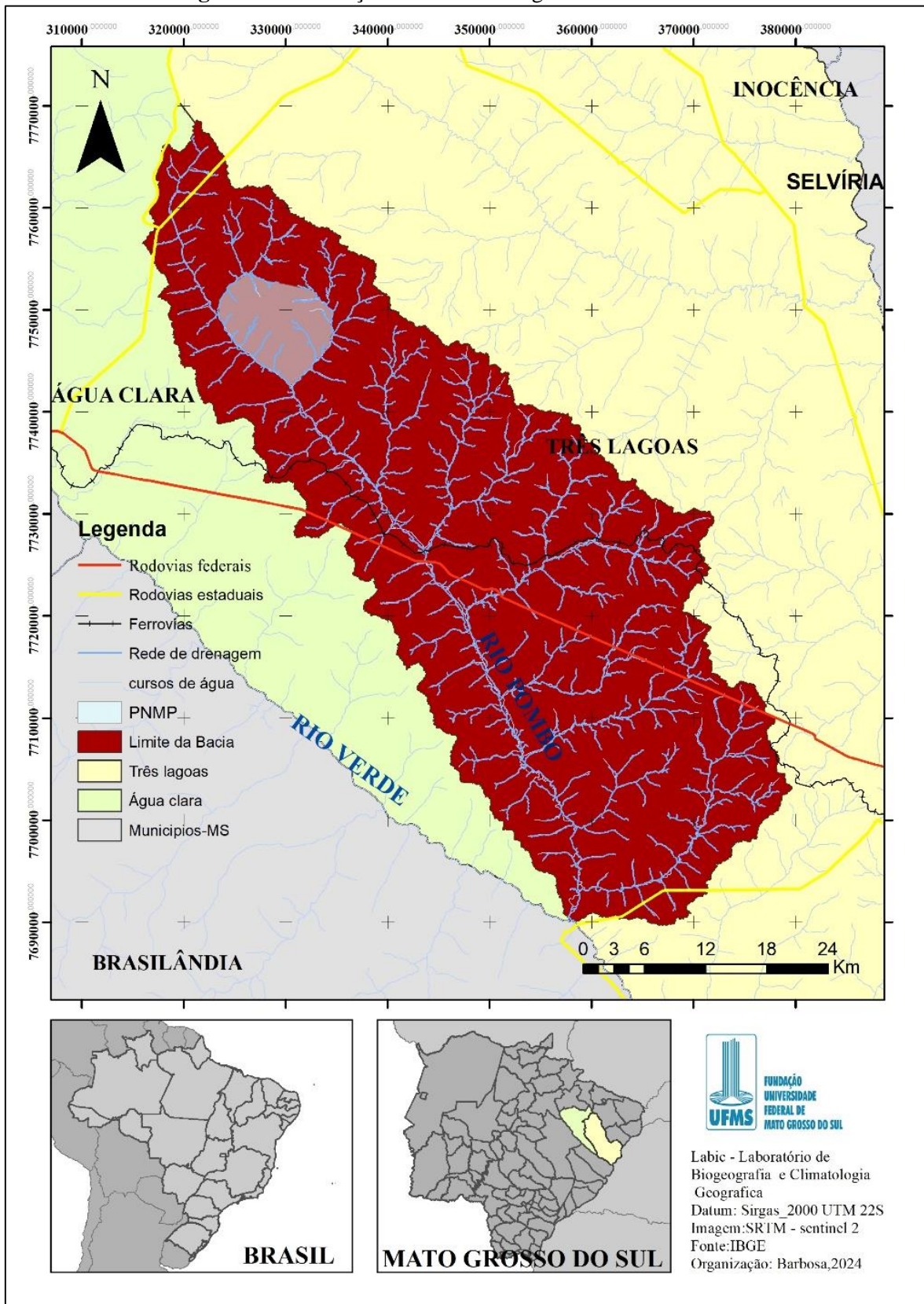
O clima segundo Koppen é classificado como AW, tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas, seca no inverno e chuvosa no verão. A temperatura média local é de 26°C, com vegetação típica é o Cerrado "stricto sensu" ou Floresta subtropical sazonal.

No que se refere ao volume de água o rio do Pombo, constitui a maior drenagem, fazendo limite com o Parque Natural Municipal do Pombo pela região sul, no baixo curso do rio Verde, é um afluente conhecido pela riqueza da ictiofauna, e possui áreas de grande importância para a reprodução de espécies migratórias. Plano de manejo do PNMP (2019).

A bacia hidrográfica do rio do Pombo (Figura 04), por ser um dos afluentes da BHRV é situada quase toda no domínio do Cerrado, exceto a faixa da planície do Rio Paraná que é de Mata Atlântica (LANZA 2011 apud SILVA, 2014b). No entanto, a vegetação original vem a décadas sofrendo com o desmatamento e a substituição da vegetação nativa por modelos econômicos baseados no monocultivo.

Segundo LANZA (2014) apud SILVA, 2011b, “a vegetação natural se situa quase toda no domínio do Cerrado, exceto a faixa da planície do Rio Paraná, de Mata Atlântica”

Figura 4- Localização da Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo



Org.: AUTORIA PRÓPRIA (2022)

Na área mencionada, encontra-se uma vasta extensão de cerrado, que representa uma zona de preservação total denominada Parque Natural Municipal do

Pombo, situado em Três Lagoas. Anteriormente utilizada como pasto para o gado de corte, apesar de algumas áreas ainda conservarem essas características, é notória a presença de uma regeneração natural significativa. Recentemente, Três Lagoas se destacou nacionalmente como um polo na produção de eucalipto para as empresas de celulose de fibras longas instaladas na cidade.

A região é caracterizada pelas particularidades da agricultura extensiva voltada à criação de bovinos para corte, reprodução, recria e engorda. Em determinados pontos, houve também a introdução da monocultura de eucalipto, o que já representa uma evolução em relação à versão anterior do plano de manejo.

A BHRP constitui uma área de enorme importância para a preservação da biodiversidade, uma vez que está localizada no bioma Cerrado e faz parte das oito bacias que têm suas nascentes localizadas no cerrado, integrando, assim, a rede de drenagem do Rio verde.

Segundo SIQUEIRA; RADIC (2021) diz que:

“ O bioma está localizado no Planalto Central, uma região de maior altitude que contribui ao abastecimento do Aquífero Guarani, além de servir, também, de nascedouro para oito das doze grandes bacias hidrográficas brasileiras, contando, inclusive, com as bacias dos rios Paraná e Paraguai, que são parte da bacia compartilhada do rio da Prata”.

A BHRP, constituem uma das 12 doze regiões hidrográficas do Brasil definidas pela Resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, é uma área de grande importância para a conservação da biodiversidade. Contudo o objetivo da sua pesquisa, ao identificar as principais características morfométricas da BHRP, é fornecer uma análise detalhada que permita compreender como as formas e as dimensões da bacia influenciam os processos hidrológicos e, por consequência, os impactos nas áreas de remanescentes do Cerrado.

Destaca-se que a bacia mencionada acolhe uma área de preservação importante conhecida como Parque Natural Municipal do Pombo, a qual representa uma zona protegida, integrante de um tipo de unidade de conservação definida e regulada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC. Esse sistema foi estabelecido através da lei n. ° 9.985, de julho de 2000, e define a unidade de conservação (UC) como um território e seus recursos naturais, incluindo as águas jurisdicionais.

Com características naturais significativas, legalmente instituídas pelo Estado, as UC's têm objetivos de preservação e limites estabelecidos, sendo administradas de forma especial com medidas de proteção. Elas se dividem em duas principais categorias: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável, podendo ainda ser subdivididas em outras modalidades de conservação, que podem ser de âmbito municipal, estadual ou federal.

4.2 Morfometria

Os estudos das características físicas de uma bacia hidrográfica nos permitem entender o escoamento superficial e a dinâmica hídrica. Nesse caso os estudos morfométricos foi necessária para entender o sistema hidrológico, visto que anterior a este trabalho não temos conhecimento de outros na literatura. Sendo assim utilizaremos a morfometria, para entender a dinâmica da bacia e como subsidio para planejamento ambiental.

A análise morfométrica de uma bacia hidrográfica é uma ferramenta importantíssimas para fins de planejamento ambiental e gestão dos recursos hídricos, facilitando a identificação e a caracterização da dinâmica fluvial, e a delimitação dos limites naturais que integram a paisagem, além de possibilitar o diagnóstico de suscetibilidade a degradação ambiental por meio de representação gráfica através de parâmetros quantitativos (RODRIGUES, 2000; NARDINI, 2005).

CHRISTOFOLETTI (1980), nos diz que “para a compreensão e explicação da dinâmica ambiental e hidrológica da bacia torna-se necessária a análise de alguns aspectos que estão relacionados à drenagem, relevo e geologia. ”

Assim TEODORO et al. (2007), salienta que:

“A caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados em análises hidrológicas ou ambientais, e tem como objetivo elucidar as várias questões relacionadas com o entendimento da dinâmica ambiental local e regional. ”

Para a delimitação da BHRP, foi necessária a aquisição das informações, ou seja, o MDE (Modelo Digital de Elevação) da área da bacia, toda área drenada pelo conjunto do sistema fluvial inclusa entre seus divisores topográficos, projetada em plano horizontal, além do perímetro, que é comprimento da linha imaginária ao longo

do divisor de água.

Considerando as afirmações de TONELLO (2005) que ainda enfatiza que a caracterização morfométrica busca entender a relação entre solo e superfície, decorrente dos processos erosivos e sobre estruturas e litologias variadas, obtendo índices quantitativos, que auxiliam nos estudos hidrológicos de uma bacia hidrográfica, portanto a análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio do Pombo, contou ainda com os procedimentos baseados nas variáveis.

A- Coeficiente de Capacidade (Kc)

Relação entre perímetro (P) e a circunferência do círculo da mesma área, quanto maior for a circularidade da bacia, maior será a tendência para enchentes. (Quadro 03)

O Kc foi determinado baseado na seguinte equação:

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Kc= Coeficiente de compacidade;

P= perímetro (Km);

A= área de drenagem (km²) (Borsato e Martoni 2004).

VILLELA E MATTOS (1975) o coeficiente de capacidade é um número adimensional, onde a variação com a forma da bacia, quanto mais irregular for a bacia, tanto maior será o coeficiente de capacidade. Um coeficiente igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade.

Quadro 3- Interpretação ambiental da bacia

Valores	Capacidade
1,00 – 1,25	bacia com alta propensão a grandes enchentes.
1,25 – 1,50	Tendência mediana a enchentes.
>1,50	não sujeito enchentes

Fonte: BORSATO E MARTONI, 2004

B- Fator de forma (kf)

Corresponde à largura média e o comprimento do eixo, medido da foz até o ponto mais longo da bacia (VILLELA E MATOS (1975)).

A forma da bacia hidrográfica pode sofrer influência de algumas características, dentre a principal sendo a geologia. O Fator de Forma pode assumir alguns valores do quadro (04).

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Kf=Fator de forma;

A= Área de drenagem;

L= Comprimento do eixo da bacia.

Quadro 4 - Interpretação ambiental do formato da bacia

Valores	Forma
1,00 – 0,75	Circular, alta tendência
0,75 – 0,50	Ovalada, tendência mediana
0,50 – 0,30	Alongada, baixa tendência

Fonte: VILLELA E MATOS (1975)

C- Índice De Circularidade (IC)

Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada (TONELLO, 2005).

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$$

IC= índice de circularidade;

A= área de drenagem (km²);

P= perímetro (Km).

D- Coeficiente de manutenção (Cm)

O Coeficiente de manutenção (C_m), foi proposto por SCHUMM (1956), assim sendo pode ser calculado considerando a densidade de drenagem, evidenciando assim, a área necessária que a bacia deve ter para manter perene cada metro de canal de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980). Para tal a fórmula utiliza para o cálculo do coeficiente de manutenção (C_m) pela equação.

$$C_m = \frac{1}{D_d} \times 1000$$

Onde que:

C_m = Coeficiente de manutenção;

D_d = Densidade de drenagem.

E- Índice de rugosidade (I_r)

Expressa-se como número adimensional que resulta do produto entre a amplitude altimétrica (H_m) e a densidade de drenagem (D_d), sendo assim, combina as variáveis, declividade e comprimento das vertentes com a densidade de drenagem. Quanto maior for o índice implicara em relevo mais colinoso e dissecado, ou seja, maiores declividade e canais entalhados, mostrando assim relação entre a declividade com os comprimentos dos canais (CHRISTOFOLETTI,1980).

$$I_r = H_m \times D_d$$

Onde,

I_r → Índice de Rugosidade

H_m → Amplitude Altimétrica máxima da Bacia

D_d → Densidade de Drenagem

F- Relação de Relevo (R_r)

A amplitude altimétrica da bacia está diretamente relacionada ao comprimento do canal principal, conforme SCHUMM (1956) menciona, quanto maior o valor de R_r , maior será a diferença de altura entre a cabeceira e o exutório, resultando em uma declividade média maior.

Para o cálculo da relação de relevo foi utilizada a equação:

$$R_r = \frac{Hm}{Lc}$$

Onde,

R_r = Relação de relevo em m/km;

Hm = amplitude altimétrica em m;

Lc = comprimento do canal principal em km.

A partir dos parâmetros morfométricos coeficiente de forma, índice circularidade e coeficiente de compacidade, podem ser interpretados através de valores dispostos no quadro 05.

Quadro 5 - Interpretação morfométrica da bacia

Kf	Ic	Kc	Formato	Interpretação ambiental
1,00 – 0,75	1,00 – 0,80	1,00 – 1,25	Redonda	Alta tendência a enchentes
0,75 – 0,50	0,80 – 0,60	1,25 – 1,50	Ovalada	Tendência mediana a enchentes
0,50 – 0,30	0,60 – 0,40	1,50 – 1,70	Oblonga	Baixa tendência a enchentes
<0,30	<0,40	<1,70	Comprida	Tendência à conservação

Adaptado da Fonte: (VILLELA; MATOS, 1975)

G- Amplitude altimétrica

SCHUMM (1956); STRAHLER (1952), dizem que este método representa a diferença altimétrica entre a foz e a maior altitude situada num determinado ponto da área da bacia, indicando assim, o desnível médio da bacia hidrográfica, este método tem sido adotado e proposto por outros autores.

$$Hm = Hmax - Hmin$$

Onde:

Hm → Amplitude altimétrica;

$Hmax$ → Altitude máxima;

$Hmin$ → Altitude mínima.

H- Densidade De Drenagem (D_d)

A densidade de drenagem é comprimento total dos canais dentro da bacia, ou

seja, área de captação expressa em quilômetros quadrados segundo HORTON (1932), e classificados em três classes de valores conforme quadro 06 (CHRISTOFOLETTI, 1996).

BELTRAME (1994) sugeriu uma classificação em faixas para a densidade de drenagem (Quadro 06).

Segundo CHRISTOFOLETTI (1969), valores elevados de Dd indicam áreas com pouca infiltração e melhor estruturação dos canais.

$$Dd = \Sigma / A_d$$

Onde:

Dd - densidade de drenagem (Km/ km²)

ΣL (km) - o comprimento total de canais

A_d- área da bacia (km²)

Quadro 6 - Classes de interpretação para os valores da densidade da drenagem

Dd (Km/Km ²)	Denominação
< 0,50	Baixa
0,50 – 2,00	Mediana
2,01 – 3,50	Alta
>3,50	Muito alta

Fonte: BELTRAME (1994)

I- Declividade e altitude

Variáveis relacionadas às formas da superfície da bacia capazes de indicar os movimentos de fluxos superficiais nas vertentes (VILELLA E MATOS, 1975), (TEODORO, 2007).

Evidencia-se aqui que as classes de declividade foram separadas utilizando-se como base os intervalos sugeridos e classificado pela EMBRAPA (1979) (Quadro 07).

Quadro 7- Classificação da declividade segundo a Embrapa (1979)

Declividade	Discriminação
0 -3	Relevo Plano
3 - 8	Relevo suavemente ondulado
8 - 20	Relevo ondulado

20 - 45	Relevo Fortemente ondulado
45 - 75	Relevo montanhoso
> 75	Relevo Fortemente montanhoso

Fonte: EMBRAPA (1979)

J- Ordem ou Hierarquia Fluvial

Com a morfometria fluvial é possível a identificação de métodos para o ordenamento e para medir o grau de hierarquização dos canais de drenagem”, sendo assim a sequência dos cursos d’água da bacia, influência diretamente na ramificação do sistema de drenagem (HORTON, 1945).

Com a morfometria fluvial é possível medir o grau de hierarquização e o ordenamento dos canais de drenagem, sendo assim a sequência dos cursos d’água da bacia, influência diretamente na ramificação do sistema de drenagem (HORTON, 1945; STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

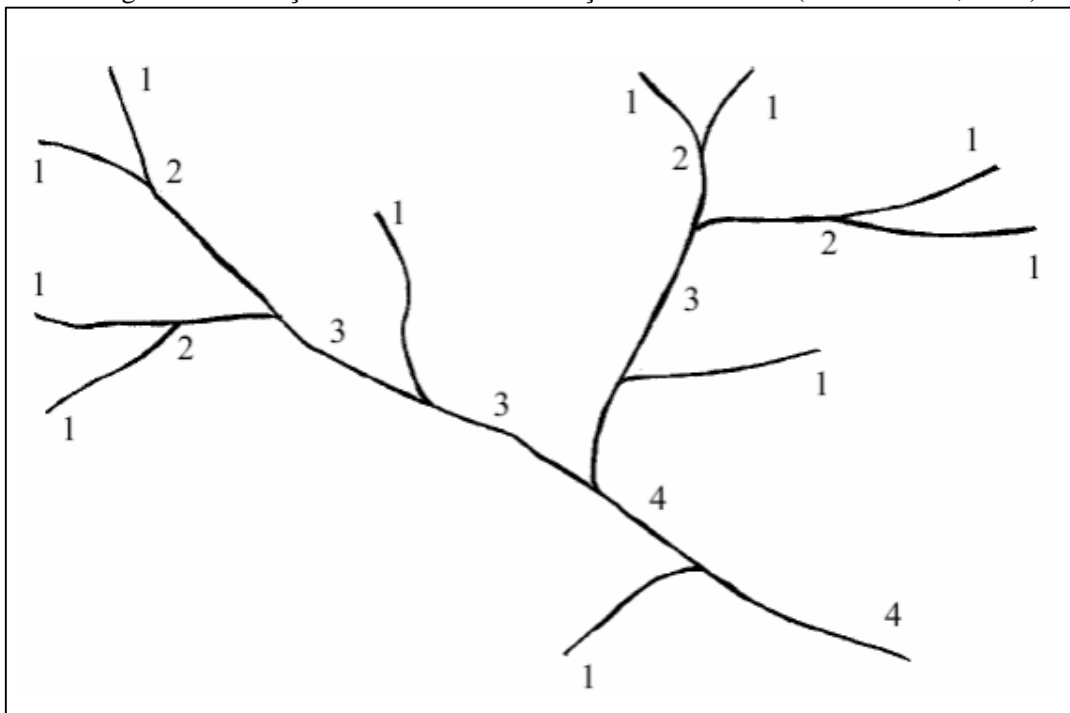
A ordem dos canais fluviais, pode ser determinada seguindo alguns critérios descritos por STRAHLER (1957); HORTON (1945).

Os principais métodos utilizados para ordenação da rede de drenagem classificam os tributários menores das cabeceiras como de ordem inferior (1 e 2), e, à medida que estes se conectam com outros em direção à foz, vão recebendo ordens mais elevadas.

Com relação à ordem dos cursos d’água, utilizou-se a metodologia descrita por STRAHLER (1952), em que os canais sem tributários são referidos como primeira ordem, os canais de segunda ordem são originados na confluência de canais de primeira ordem, assim sendo a confluência de dois canais de segunda ordem resulta na criação dos canais de terceira ordem, e assim consecutivamente. Dessa forma, à medida que a ordem da bacia se torna maior, a ramificação do sistema de drenagem também aumenta, assim sendo, a sequência dos cursos d’água da bacia, influência diretamente na ramificação do sistema de drenagem (HORTON, 1945).

Segundo CHRISTOFOLETTI (1980), assemelha-se à configuração de uma árvore, onde a corrente principal corresponde ao tronco da árvore, os tributários aos seus ramos e as correntes de menor categoria aos raminhos e folhas.

Figura 5- Ilustração do método de ordenação dos canais de (STRAHLER, 1957)



Fonte: (STRAHLER, 1957)

4.3 Mapeamento de Fragmentos do Cerrado na bacia hidrográfica do Rio do Pombo

Para compreender a organização e espacialização dos fragmentos florestais de remanescentes do Cerrado na paisagem da bacia hidrográfica do rio do Pombo, optou-se pela identificação e vetorização manual dessas unidades de paisagem, tendo como base as premissas metodológicas de FLORENZANO (2011).

O mapeamento dos fragmentos foi obtido por meio da vetorização manual, no software ArcMap 10.8, através da interpretação visual de imagens do satélite *Planet scope* com resolução espacial de 3 metros e período de referência do ano de 2022 e posteriormente retificada com o uso das imagens disponíveis do Google Earth Pro.

O satélite *PlanetScope*, tem imagens de resolução média, com dados multiespectrais e resolução espacial de 3 m, e utilizando 4 bandas espectrais Blue (455 -515); Green (500 – 590); Red (590-670); Nir (780 - 860), as imagens de satélite são captadas através de uma constelação de através dos satélites DOVE que tem o mesmo tipo de sensor. Sendo adquiridas por mais de 130 satélites, com resolução radiométrica de 12 btis, cobrindo uma área de 400 km² por dia (PLANET LABS, 2023; PINHEIROS et al., 2019)

Dentre as técnicas de mapeamento utilizadas como métodos neste estudo, que se basearam na vetorização manual e fotointerpretação por técnicas de polinização, com o emprego de imagens de alta resolução, foi viável a produção do mapa temático contendo representações cartográficas específicas.

Em um primeiro momento houve o mapeamento de todos os remanescentes de fragmentos florestais do Cerrado encontrados na área da bacia, totalizando 297 remanescentes, portanto, tornou-se necessário realizar um processo de filtragem desses remanescentes para posterior identificação das áreas que preservam vestígios do Cerrado.

Para a referida filtragem, após a vetorização manual dos fragmentos de Cerrado, em ambiente SIG, com a aquisição de um arquivo vetorial de polígono de todos os remanescentes de cerrado presentes na área da bacia, buscou-se o auxílio da ferramenta calculadora de campo, para a obtenção da área e perímetro dos vetores extraídos, e a partir daí procedeu com a seleção dos fragmentos, tendo como critério, tamanho de área superior ou igual a 100 ha.

Uma vez identificados os fragmentos de cerrado na bacia hidrográfica do rio do Pombo, devido à grande quantidade de fragmentos abaixo de 100 ha de área, optaram-se por realizar uma análise da intensidade de ocupação por número de fragmentos em uma região, para tal foi utilizado a análise de densidade de Kernel, ou seja, o mapa de calor, para mapear a intensidade de ocupação dos fragmentos de cerrado, dentro da área de estudo, para tal foi utilizado um raio de 5000 m de raio.

Alguns autores como SILVERMAN (1986), SOUZA (2013), OLIVEIRA et al (2023), FELIPPE ET AL (2023); DA SILVA et al (2023) utilizam-se desta metodologia de análise para quantificar os focos de incêndios, doenças, desmatamentos, entre outras análises, neste trabalho utilizaremos para quantificar a áreas com maior intensidade de remanescentes de cerrado dentro da área de estudo, para tanto, utilizou-se o estimador de densidade Kernel, presente o software Arcmap.

De acordo com SILVERMAN (1986), o estimador cria um círculo em volta de cada ponto correspondente na amostra de acordo com raio de influência, para então aplicar uma função matemática que calculará as áreas com maior intensidade de pontos, sendo 1 na posição do ponto, há 0, na fronteira da vizinhança. Sendo assim o valor das células é a soma dos valores Kernel aplicado e divididos pela área de cada raio da área de pesquisa (SILVERMAN,1986).

Portanto, a primeira etapa foi utilizar ferramenta específica (feature to point), no software ArcMap para transformar cada polígono identificador de um fragmento do Cerrado em ponto utilizando a técnica de centroide, onde é gerado um ponto para cada polígono tendo como referência o perímetro de cada área. Após gerar a malha de ponto referente ao centroide de cada fragmento de cerrado mapeado na etapa anterior, foi aplicado o método de Kernel para a elaboração do mapa de calor, representando a intensidade de ocupação das áreas por número de fragmentos florestais.

Os Remanescente foram classificados de acordo com o nível de densidade de ocupação em número de fragmentos em determinada região da bacia, sendo representados pelas cores (tabela 01).

Tabela 1- Interpretação de densidade

Cor	Nível de Densidade
Vermelho	Densidade muito alta
Laranja	Densidade alta
Amarelo	Densidade média
Verde Claro	Densidade Baixa
Verde Escuro	Densidade muito baixa

Fonte: SILVERMAN,1986; **Org.:** AUTORIA PRÓPRIA

As cores facilitam e auxiliam na visualização quando detectado uma faixa com maior densidade, estará na cor mais intensa no caso, o vermelho, neste caso podemos inferir que a uma concentração elevada ou seja uma alta densidade, e quanto mais clara a cor, menos concentrados.

Para cada indivíduo foi atribuído a diferentes níveis de densidade de acordo com a cor e tonalidade: Vermelho indica densidade muito alta; Laranja representa densidade elevada; amarelo corresponde à densidade média; Verde claro significa baixa densidade e o Verde mais escuro indica densidade muito baixa. Esta classificação auxilia na análise, uma vez que ao se deparar com uma cor vibrante, como o vermelho, é possível deduzir que ali há uma grande concentração, devido à proximidade e padrão dos pontos. O mesmo princípio se aplica inversamente, ou seja, cores mais claras indicam densidade menor.

4.4 Qualidade ambiental dos fragmentos de Cerrados que compõem a paisagem da bacia hidrográfica do Rio do Pombo.

Nesta etapa, parte-se da premissa de que indicadores ambientais, obtidos por meio da análise integrada dos dados do ambiente físico de uma bacia hidrográfica, são adequados para gerar informações que orientem a priorização da restauração de Áreas

de Preservação Permanente (APP's). Além disso, é fundamental ampliar o enfoque para incluir o bioma Cerrado. Este, sendo um dos mais importantes e também um dos mais ameaçados do Brasil, desempenha um papel vital na conservação da biodiversidade, na regulação climática e na recarga de aquíferos. Portanto, a restauração de áreas do Cerrado, além das APP's, deve ser vista como um elemento indispensável para garantir a sustentabilidade ambiental.

Além disso destaca-se outra premissa, de que a estrutura do ambiente natural é tão intrincada que eventuais mudanças em suas propriedades podem influenciar as relações entre os componentes dos ecossistemas, levando a transformações imprevistas durante as fases de planejamento e avaliação de impacto ambiental (MONDAL & SOUTHWORTH, 2010).

Assim, a fragmentação florestal é mais um resultado que gera diversas alterações de longa duração nos ecossistemas naturais. Diversos processos ecológicos são afetados, causando a redução da biodiversidade, a introdução de espécies estrangeiras adaptadas às novas condições ambientais e o surgimento do fenômeno do efeito de borda (RAMOS et al., 2008; NEWMAN et al., 2014).

Vale evidenciar ainda, enquanto base para os procedimentos dessa etapa, que evidenciar, que o uso de sistemas de informações geográficas (SIG) em estudos que envolvem indicadores permite a análise das conexões entre dados econômicos, sociais e ambientais de forma integrada e georreferenciada. Nesse contexto, o SIG facilita a manipulação de grandes volumes de informações, e a avaliação de elementos relevantes, contribuindo com o aprimoramento e a compreensão desses dados pelo usuário final.

Assim, entender os elementos em questão e analisar os dados espaciais por meio do SIG possibilita a identificação de problemas e, conseqüentemente, a melhoria dos modelos de gestão ambiental, auxiliando os responsáveis pela tomada de decisão na escolha da melhor abordagem.

Assim, o objetivo principal na presente etapa desta pesquisa, foi selecionar indicadores ambientais, para gerar informações, que permitam avaliar a qualidade ambiental dos fragmentos florestais e que orientem a priorização da restauração de áreas de preservação permanente (FREITAS et al., 2013, p. 444).

Os indicadores selecionados, portanto, consistem em representações simplificadas da realidade que facilitam a compreensão dos eventos, melhoram a

maneira de transmitir informações e adequam os dados às necessidades e preferências dos decisores, como descreve MAGALHÃES JÚNIOR (2007).

Tais indicadores selecionados para essa pesquisa (Quadro 08) foram baseados em diversas pesquisas tais com EMBRAPA (1979), FREITAS (2012), EITO et. Al. (2013), FENGLER et. Al. (2015), MACEDO GAMARRA et. Al. (2016) e FERNANDEZ et Al (2017), e são representados por variáveis tais como: Tamanho do remanescente, Índice de circularidade, Distância do vizinho mais próximo, Proximidade à curso d'água, Proximidade com as principais rodovias, Posição em relação à classe declividade, Posição em relação à classe hipsometria, e para análise da qualidade da vegetação, sobretudo relacionada à fenologia destes fragmentos optou-se por analisar a média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada.

Para todas as variáveis foram utilizadas médias de ponderação, com intuito de atribuir pesos de qualidade do fragmento e/ou das áreas destes fragmentos, partindo do valor 1 representando qualidade ruim, até o valor 5 representando boa ou máxima qualidade do fragmento.

a) Tamanho do remanescente (área)

Os pequenos fragmentos receberam uma pontuação de qualidade ambiental mais baixa. Assim, o critério para classificar um fragmento como “Adequado” baseou-se na proporção entre a área interior e a borda, que deve ser superior a 2,5. As categorias foram normalizadas com valores que variam de 0 a 1 (FREITAS, 2012). Para esse cálculo, foram utilizados os dados da tabela de atributos, que para a seleção dos fragmentos com área acima de 100 hectares, utilizou-se a função *Select by attributes* do ArcGIS.

b) Posição em relação à classe declividade

A declividade, em um sentido mais amplo, é a inclinação da superfície do solo em relação à horizontal, ou seja, a relação entre a distância horizontal entre dois pontos e a diferença de altura entre eles. O ângulo de inclinação (zenital) da superfície do solo em relação à horizontal fornece essa informação. Os valores de declividade podem ser expressos em porcentagem e variam de zero a 90 graus (INPE, 2011).

c) Posição em relação à classe hipsometria

SCHUMM (1956); STRAHLER (1952), este método representa a diferença altimétrica entre a foz e a maior altitude situada num determinado ponto da área da bacia, indicando assim, o desnível médio da bacia hidrográfica, tendo por finalidade a medida da diferença de nível (distância vertical) entre dois pontos.

d) NDVI

É expresso pela média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada de no mínimo quatro imagens de Satélites, abarcando todas as estações do ano (MACEDO GAMARRA et. Al., 2016)

O NDVI foi calculado por meio da equação 3, proposta por ROUSE et al. (1974)

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$$

Em que: NIR = refletância na faixa do infravermelho próximo (Banda 8)

R = refletância na faixa do vermelho (Banda 4)

e) Índice de circularidade (IC):

Mede a semelhança do formato do remanescente em relação a uma circunferência, conforme discutido por ETTO et al. (2013) e FENGLER et al. (2015). O IC avalia a geometria da bacia, levando em conta a relação entre o perímetro e a área da mesma, como sugerido por LAURANCE E VASCONCELOS (2009). Fragmentos com uma área central maior são considerados mais adequados para a conservação, sendo, assim, menos afetados pelos efeitos de borda.

O IC foi calculado através da equação:

$$IC = 2 \frac{\sqrt{\pi * A}}{P}$$

Sendo: IC = Índice de Circularidade;

A = Área do fragmento florestal;

P = Perímetro do fragmento florestal

Os resultados foram organizados conforme os critérios definidos por NASCIMENTO et al. (2006). Um índice igual ou superior a 0,85 é considerado ideal, evidenciando uma significativa semelhança com a forma circular. Para valores

variando entre 0,65 e 0,85, os fragmentos são classificados como moderadamente longos, enquanto índices entre 0,30 e 0,65 sugerem fragmentos alongados

Dessa maneira, os resultados foram organizados conforme os critérios definidos por NASCIMENTO et al. (2006). O IC avalia a forma geométrica da bacia de acordo com LAURANCE E VASCONCELOS (2009), portanto a relação do perímetro e área da bacia, quanto maior a área central, mais adequados para a preservação, sendo assim serão livres de efeitos de borda.

f) Distância do vizinho mais próximo (ENN)

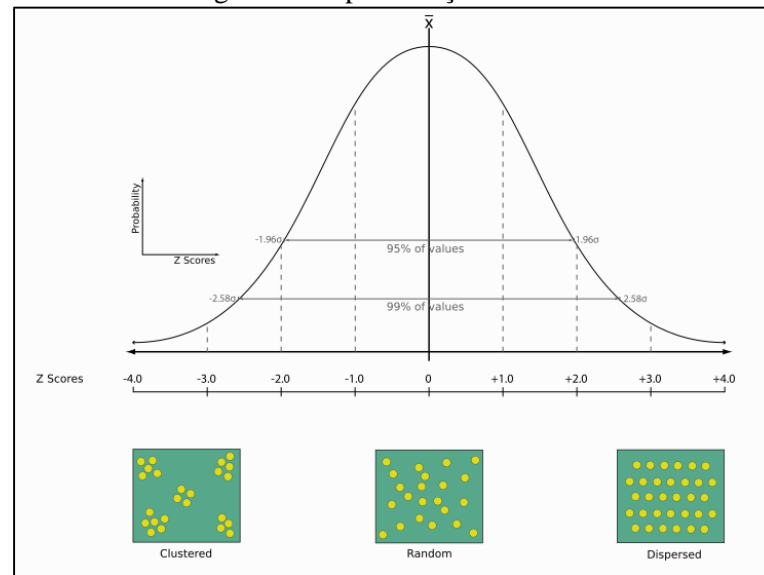
A análise dos vizinhos mais próximos foi feita usando uma análise vetorial no QGIS 3.32(2024) para uma camada de pontos, ou centroides que representam fragmentos de cerrado. O resultado mostra como os dados foram organizados (agrupados, dispostos aleatoriamente ou distribuídos), e como os pesos de qualidade ambiental foram atribuídos.

Os dados de saída são gerados em um arquivo HTML, que contém os valores estatísticos calculados.

- A distância média que foi observada
- Distância média prevista
- O índice dos vizinhos mais próximos
- Contar pontos
- Z-Score: mostra a organização dos dados comparando-o com a distribuição normal (Figura 6).

Sendo assim um Z-score alto indica que os dados provavelmente não derivam de um processo espacialmente aleatório, enquanto um Z-score baixo indica que não

Figura 6 - Representação Z - Score



Fonte: QGIS (2024)

g) Proximidade dos cursos d'água

Fragmentos que possuem nascentes em seu interior receberam a classificação de qualidade máxima. Para essa variável, é avaliada a distância euclidiana, em metros, de um remanescente florestal até o curso d'água mais próximo (PROXRIOS), além da presença de nascentes nos remanescentes (água).

h) Proximidade com as principais rodovias (proxvias)

Definiu-se assim que quanto mais próximo um fragmento florestal se encontra de uma estrada, maior será a pressão sobre ele, prejudicando sua qualidade ambiental. Nesse caso as faixas de distâncias entre 0 e 200 m das vias de acesso foram normalizadas através de uma função linear crescente, assumindo valores contínuos crescentes entre 0 a 1 para a pior e melhor condição respectivamente. As áreas com distâncias acima de 200 m, receberam qualidade máxima.

Para este cálculo de distância entre os fragmentos de cerrado e as rodovias principais, como BR 262, MS 459, MS 124 e MS 377, foi utilizada a ferramenta "near" do ArcMap 10.8, obtendo-se resultados em metros que possibilitaram uma classificação da qualidade ambiental. As distâncias para os trechos variam em relação às rodovias federais e estaduais, sendo organizadas de acordo com a classificação proposta por FREITAS (2012).

Quadro 8 - Índices de qualidade ambiental em fragmentos de cerrado

Variáveis	Conceito	Referência	Ponderação				
			1 Muito baixa Qualidade Ambiental	2 Baixa Qualidade Ambiental	3 Qualidade Ambiental Moderada	4 Alta Qualidade Ambiental	5 Muito Alta Qualidade Ambiental
Tamanho do remanescente(área)	Os fragmentos pequenos receberam menor valor de qualidade ambiental. O tamanho de fragmento considerado como “Adequado” baseou-se na relação entre a área de interior e de borda superior a 2,5. As classes tiveram seus valores normalizados de 0 a 1.	Freitas (2012)	> 0,5 Muito pequeno	0,5 - 1 Pequeno	1 – 5 Médio	5 – 20 Bom	> 20 Adequado
Posição em relação à classe declividade		Embrapa(1979)	45 – 75 Relevo montanhoso	20 – 45 Relevo Fortemente ondulado	8 – 20 Relevo ondulado	3 - 8 Relevo suavemente ondulado	0 – 3 Relevo Plano
Posição em relação à classe hipsometria		Embrapa(1979)	>45 De montanhoso a Fortemente Montanhoso	20 – 45 Relevo Fortemente ondulado	8 – 20 Relevo ondulado	3 - 8 Relevo suavemente ondulado	0 – 3 Relevo Plano
Média NDVI	Expresso pela média do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada de no mínimo quatro imagens de Satélites, abarcando todas as estações do ano	Macedo Gamarra et. Al. (2016)	<0,2 Ausência de Biomassa Vegetal	0,2 a 0,4 Vegetação Rasteira ou com deficiência de Biomassa Vegetal	0,4 a 0,6 Cerrado	0,6 a 0,8 Cerradão	>0,8 Mata

Índice de circularidade (IC)	Grau de semelhança do formato do remanescente com o de uma circunferência	Etto <i>et al.</i> , 2013 e Fengler <i>et al.</i> , 2015	IC < 0,65 formato alongado	————	0,65 ≤ IC < 0,85 Moderadamente alongado	————	IC ≥ 0,85 arredondado
Proximidade à curso d'água	Definiu-se que os fragmentos com nascente, dentro de sua área recebeu a classificação de qualidade máxima Distância euclidiana em metros calculada de um remanescente florestal ao curso d'água mais próxima (PROXRIO) e presença de nascentes nos remanescentes (AGUA)	Freitas (2012)	>20 Muito longe	5-20 Longe	3 –5 Distância Moderada	1 –3 Próximo	0 –1 Presença de Nascentes
Proximidade com as principais rodovias (proxvias)	Definiu-se assim que quanto mais próximo um fragmento florestal se encontra de uma estrada, maior será a pressão sobre ele, prejudicando sua qualidade ambiental. Nesse caso as faixas de distâncias entre 0 e 200 m das vias de acesso foram normalizadas através de uma função linear crescente, assumindo valores contínuos crescentes entre 0 a 1 para a pior e melhor condição respectivamente. As áreas com distâncias acima de 200 m receberam qualidade máxima	Freitas (2012)	0-1 pior qualidade	1-40 m Muito baixa qualidade	40 -80 Baixa qualidade	80 -150 m Média qualidade	> 200 m - máxima qualidade

Fonte: MODIFICAÇÃO Á PARTIR DE FREITAS (2012) **Org.:** AUTORIA PRÓPRIA (2022)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Morfometria

A análise da dinâmica hídrica da bacia do rio Pombo envolve a interpretação dos atributos morfométricos e da rede de drenagem, assim como a morfologia expressa pelos índices de medidas lineares, visto que anterior a esse trabalho não havia dados na literatura

A caracterização geométrica dessa bacia revelou uma área de drenagem de 2074,9 km² e um perímetro de 242,37 km. As nascentes estão localizadas no município de Água Clara, com coordenadas de 20°9'51,255" S e 52°45'35,673" O, e a foz no Rio Verde, fazendo limite com Três Lagoas. Destaca-se que o curso predominante é de noroeste para sudeste (NO - SE).

Com base nos parâmetros morfométricos estabelecidos, é evidente que a rede de drenagem do rio do Pombo está extensivamente distribuída na margem esquerda. O polígono formado pelos divisores de água, que limitam a bacia, exibe um padrão de drenagem dendrítico. Essas características geométricas afetam o tempo de escoamento superficial, resultando em uma aceleração do fluxo de água em direção ao exutório. Tal cenário pode ser deduzido a partir do coeficiente de compacidade de 1,48 e do fator de forma de 0,56. Estes índices, próximos de "1", sinalizam que o rio reage de forma imediata ao escoamento, sem possibilitar a infiltração das águas pluviais, ampliando a chance de um rápido incremento no nível da água.

De acordo com VILLELLA E MATTOS (1975) o coeficiente de compacidade relaciona a proximidade da bacia com um círculo que possui um coeficiente igual a 1 e que quanto maior o K_c menor será a probabilidade de inundações na região da mesma forma, o fator de forma está relacionado a um retângulo, ou seja, à relação entre a área da bacia e o comprimento do curso d'água principal, indicando que quanto mais afastado da unidade ($K_f=1$) ou seja, sendo estreita e longa for a bacia, menor a probabilidade de ocorrerem enchentes. Portanto, a bacia do pombo possui um índice de capacidade com formato ovalado e propícia a inundações, o que é respaldado pelo fator de forma (F_f) de 0,56. Com base nessas informações e nos coeficientes apresentados, é possível concluir que o sistema de drenagem responde mais rapidamente ao escoamento, sugerindo um aumento potencial no fluxo de água em direção à jusante.

Portanto, de acordo com VILLELLA E MATOS (1975), a bacia hidrográfica do rio do Pombo apresenta uma forma ovalar e uma tendência mediana a enchentes, sendo assim os principais resultados para cada parâmetro estão apresentados na tabela 02.

Tabela 2- Características morfométricas da Bacia Hidrográfica do rio do Pombo

Características Morfométricas	Parâmetro	Unidade	Bacia do rio do Pombo
Característica geométrica	Área total	Km ²	2074,9
	Perímetro total	Km	242,37
	Coeficiente de capacidade (Kc)	_____	1,48
	Fator de (Ff)	___	0,56
	Índice de circularidade (Ic)	_____	0,44
Características geomorfológicas	Atitude máxima	m	529
	Altitude mínima	m	278
	Amplitude altimétrica (Hm)	m	249
Características da rede de drenagem	Relação de relevo (Rr)	m/km	276,6
	Índice de rugosidade (Ir)	_____	722,1
	Densidade de drenagem	_____	2,90
	Coeficiente de manutenção (Cm)	m ²	344,8
	Ordem dos cursos d'água	_____	5°

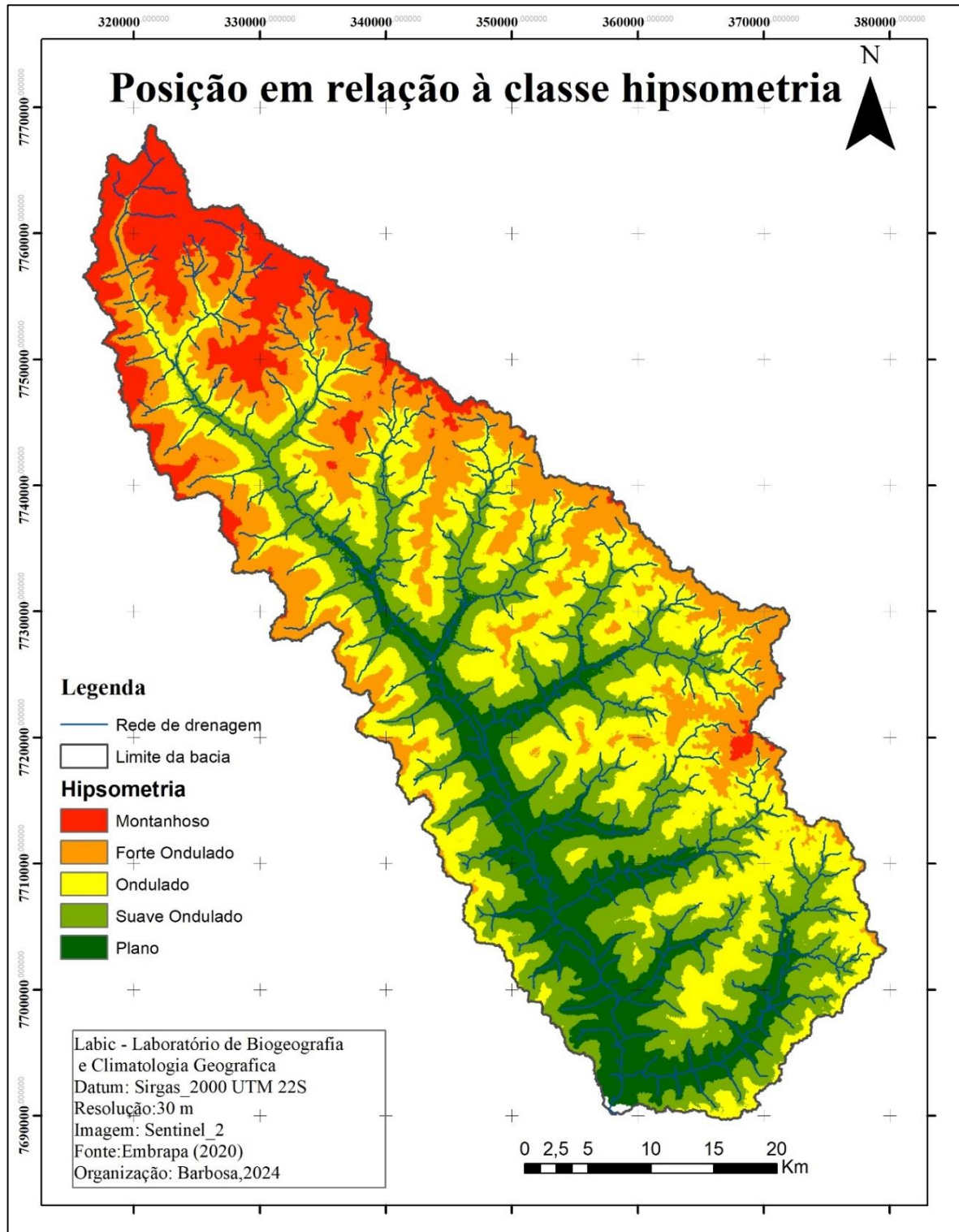
Org.: AUTORIA PRÓPRIA (2023)

Apenas o índice de circularidade (Ic) de 0,44 aponta que a bacia hidrográfica tem formato alongado, favorecendo condições de baixa vulnerabilidade a inundações. Apesar disso, as variáveis analisadas no contexto do formato da bacia do rio do Pombo exibiram uma forma entre alongada e oval, indicando propensão a enchentes, sejam elas moderadas ou leves.

Segundo VILELLA E MATTOS (1975), as características do relevo de uma bacia hidrográfica impactam não apenas na erosão causada pelo desgaste do canal, mas também podem influenciar na temperatura e na precipitação. A variação da precipitação devido à topografia afeta diversos aspectos da dinâmica hidrológica, como picos de inundação, taxa de infiltração, escoamento superficial e, conseqüentemente, o microclima.

Os dados topográficos da bacia hidrográfica do rio do Pombo representados na figura 07, indicam que as encostas mais íngremes, situadas entre 446 e 529 m acima do nível do mar, encontram-se montante acima, em ambas as margens do rio Pombo.

Figura 7-Hipsometria da bacia hidrográfica do rio do Pombo

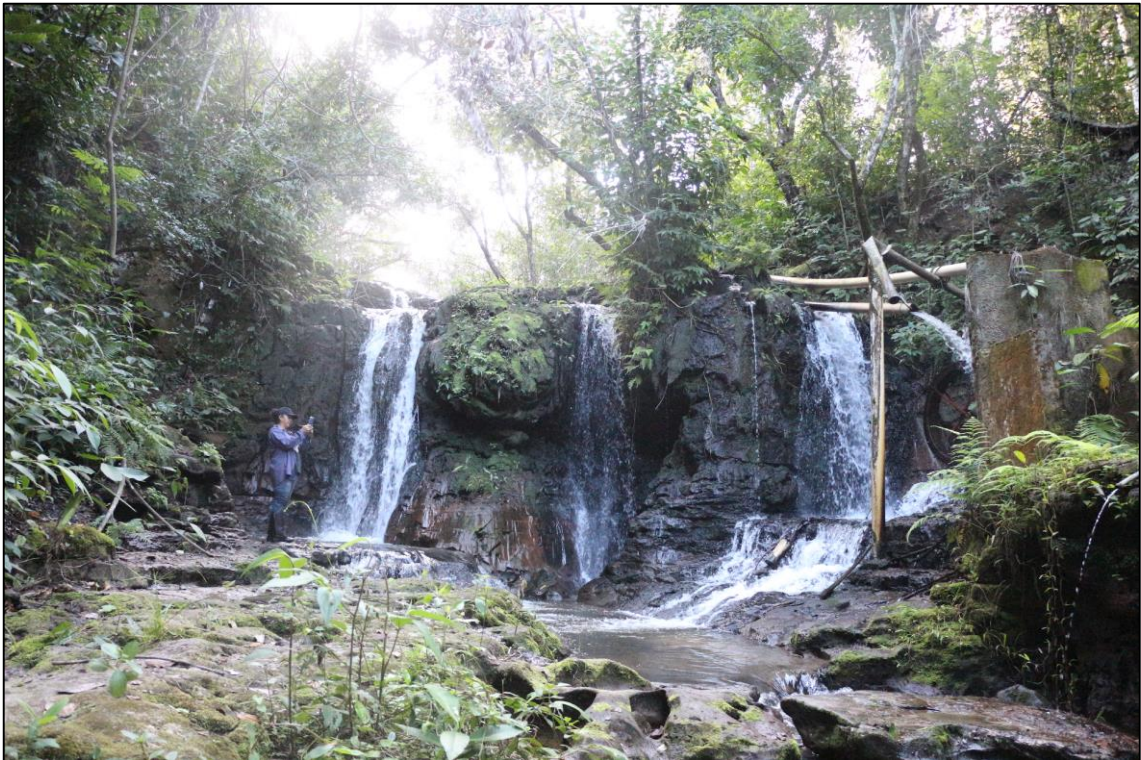


Fonte: EMBRAPA (1979)

Esta mesma característica é evidente na margem esquerda, onde se encontra a cachoeira do Pombo, com 380 metros de altura, no Parque Natural Municipal do Pombo (conforme figura 8).

No entanto o restante da bacia apresenta variações de altitude entre 274 e 400 metros, com essa disposição sendo claramente observável da margem direita. A inclinação, conforme definida por SANTOS (2001), reflete a relação entre a diferença de altitude entre dois pontos do terreno e a distância que os separa.

Figura 8 - Cachoeira do Pombo



Fonte: SILVESTRINI (2022)

Destaca-se a relevância do fato de que a variação de altitude e a elevação média da bacia estão fortemente associadas com os padrões de temperatura e precipitação (GERBER et al. 2018). As disparidades altimétricas na bacia podem ocasionar consideráveis diversidades nos índices de temperatura, o que por sua vez influencia a evapotranspiração e a quantidade de chuvas ao longo do ano (SANTOS et al., 2012).

Conforme TEODORO (2007), as variações de altitude se juntam com a precipitação, evaporação e transpiração na vazão média, e as flutuações de temperatura em altitudes elevadas afetam diretamente a hidráulica da bacia e do seu fundo, resultando em possíveis alterações na precipitação anual devido à elevação.

A bacia hidrográfica do Rio do Pombo apresentou uma razão de relevo de 276,6 m/Km, um índice baixo resultante da pequena variação altimétrica (249 m) e conseqüentemente uma declividade média baixa, caracterizando o relevo como ondulado suave.

Segundo STRAHLER (1952) apud MARCHETTI (1980), a razão de relevo indica a inclinação geral ou a declividade total da superfície da bacia hidrográfica. De acordo com ALTIN E ALTIN (2011), o índice de rugosidade é um parâmetro importante, pois expressa a relação entre o relevo e a dissecção, de forma que bacias altamente dissecadas e com baixo relevo são tão acidentadas quanto bacias moderadamente dissecadas e de relevo elevado.

O índice de rugosidade da bacia é de 722,1, sendo considerado um valor elevado conforme CHRISTOFOLETTI (1980). De acordo com OZDEMIR E BIRD (2009), a rugosidade do terreno reflete a complexidade estrutural, em que um aumento na elevação e na densidade de canais de drenagem resulta em picos de vazão mais altos, demonstrando a eficiência da rede de canais. Assim, uma rugosidade elevada implica em maior escoamento superficial e, conseqüentemente, aumenta o risco de degradação devido à erosão, estando diretamente ligada ao índice de razão de relevo de 276,6 m/Km, indicando que a bacia está localizada em uma região com declives acentuados e colinas elevadas.

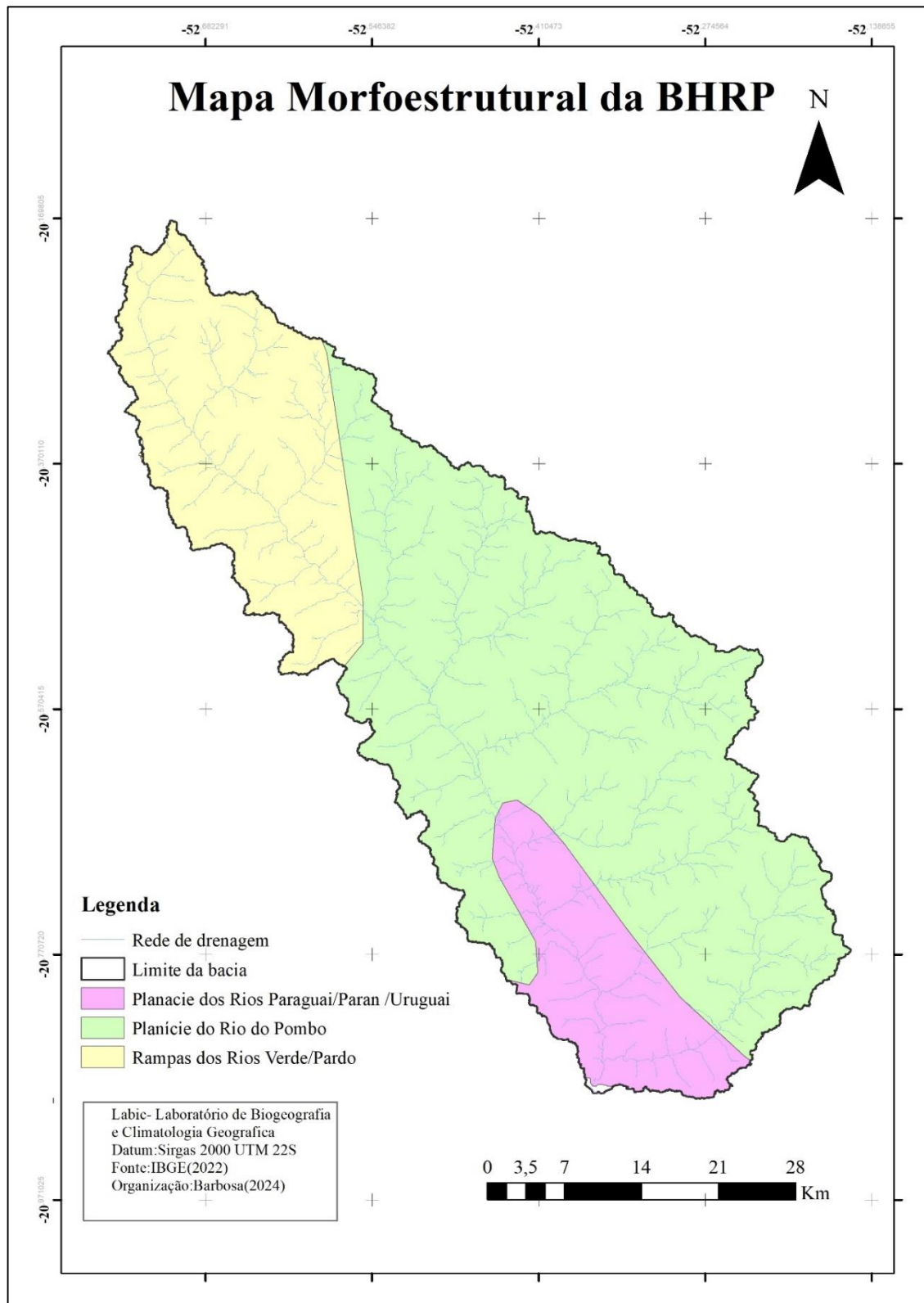
SREEDEVI et al. (2013) afirmam que bacias com alta rugosidade são altamente suscetíveis à erosão e, portanto, apresentam grandes picos de vazão. Às características de escoamento da bacia indicam que o fluxo, segue a direção nordeste-sudeste e a densidade de drenagem atinge 2,90 km/km², considerada elevada de acordo com a classificação de BELTRAME (1994).

Nesse contexto, os resultados apontam para a presença de um volume significativo de escoamento superficial ligado a um nível considerável de dissecção. Essa variável está intimamente relacionada aos fenômenos climáticos na região estudada, que influenciam no fornecimento e transporte de material proveniente da decomposição, além de refletir o grau de ação humana. Em outras palavras, sob condições climáticas semelhantes, a densidade de drenagem varia conforme a resposta hidrológica do solo e das rochas. Em áreas de baixa permeabilidade, as circunstâncias favorecem o escoamento superficial, levando à formação de canais e, conseqüentemente, a uma densidade de drenagem mais elevada. O inverso ocorre em rochas de granulometria mais grossa (HORTON, 1945).

ALMEIDA et al (2013) propuseram que densidades mais baixas sugerem maiores taxas de infiltração, enquanto valores mais elevados indicam maior escoamento superficial. Nesta dicotomia entre infiltração e escoamento superficial, é crucial considerar as propriedades distintas das rochas; rochas de granulação mais fina estão ligadas à formação de canais, enquanto rochas mais grossas estão associadas a uma melhor infiltração (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A geomorfologia do território banhado pelo rio Pombo é explicada pela presença da planície do rio do Pombo, que contém formações sedimentares da era mesozoica do período cretáceo. Dentro da bacia hidrográfica desse rio, encontram-se os depósitos da formação Santo Anastácio. Estes depósitos são principalmente constituídos por arenitos quartzosos com granulometria variando de fina a muito fina, apresentando baixa seleção e uma matriz escassa. Além disso, são compostos por sedimentos siltsos e argilosos, alternando-se com camadas de argilito (Figura 09).

Figura 9- Mapa Geológico



ORG.: Á AUTORA (2022)

Entre a porção inferior e média da bacia, onde se situa a nascente do córrego Boa Vista, observa-se a configuração do vale do rio do Peixe (Figura 10). Este vale é composto por

arenitos, frequentemente em tons de marrom, rosa e alaranjado, de granulometria muito fina, apresentando camadas tubulares intercaladas por siltitos massivos e lentes de arenito conglomerático contendo interclastos argilosos ou carbonáticos. Já na porção inferior da bacia, próxima à saída de água, a geologia é representada pela formação rochosa do grupo Caiuá, constituída por arenitos quartzosos a subarcoseanos, de granulometria fina a média (LACERDA FILHO et al,2006).

Figura 10- Formação rochosa vale do rio Peixe



Fonte: CEBALLOS (2023)

No entanto, essa classificação, segundo VILELLA E MATTOS (1975), implica em uma bacia com um fluxo de água constante, levando em consideração diferentes parâmetros que variam desde baixo ($Dd < 0,5 \text{ Km/km}^2$), indicando áreas com pouca drenagem devido à alta permeabilidade ou baixa precipitação, até moderado ($0,5 \leq Dd < 3,5 \text{ km/km}^2$), e bem drenadas ($Dd \geq 3,5 \text{ km/km}^2$). Bacias excepcionalmente bem drenadas são encontradas em regiões com elevados índices de precipitação ou alta impermeabilidade

Portanto, a drenagem na região da bacia do Rio do Pombo apresenta um índice de densidade de drenagem mediano de $2,90 \text{ Km/Km}^2$. É importante salientar que áreas com alta densidade de drenagem costumam sofrer processos erosivos mais intensos, exigindo cuidados extras com o manejo e proteção das áreas de mata ciliar (MACHADO et al., 2011). Isso possibilita estabelecer uma conexão entre o ambiente na bacia do Rio Pombo e os dados

geométricos mencionados, permitindo relacionar a média de inundações em regiões de baixa altitude.

Segundo STEVAUX; LATRUBESSE (2017), a drenagem do escoamento superficial ocorre principalmente por meio de uma rede de canais, que é gerada pelo trabalho realizado pelo próprio escoamento da água. Portanto, os autores observam que parece haver uma estreita relação entre as características da rede de drenagem e as condições ambientais da bacia hidrográfica.

LEAL E TONELLO (2016, p. 439) ressaltam que:

As características físicas, especialmente aquelas associadas ao relevo, à forma e à rede de drenagem, estão altamente relacionadas ao tempo e velocidade de escoamento da água, o que vai incidir em maior ou menor infiltração da água no solo. De acordo com a descrição física da bacia é possível saber qual a suscetibilidade da mesma quanto ao risco de cheia, escoamento superficial e processos erosivos, dando uma indicação de como deve ser o manejo da bacia para que ela possa proporcionar maior infiltração da água no solo (LEAL e TONELLO, 2016, p. 439)

A proteção da bacia hidrográfica do rio do Pombo é fundamental não apenas pela sua importância ambiental local, mas também pelo seu papel vital na conservação de um ecossistema de relevância regional. A bacia, situada no alto curso do rio, abriga o Parque Municipal do Pombo, uma área de grande valor ecológico, que conta com 8,3 mil hectares de vegetação nativa contínua. Esse espaço representa uma das últimas reservas significativas de biodiversidade, desempenhando funções essenciais tanto na manutenção dos ciclos naturais quanto na regeneração da flora e fauna locais. A importância dessa região vai além da sua contribuição direta para a preservação ambiental: sua saúde reflete na estabilidade das dinâmicas hídricas e geomorfológicas, que influenciam diretamente a qualidade dos recursos naturais e dos serviços ecossistêmicos oferecidos.

Entretanto, esse bioma enfrenta ameaças cada vez mais preocupantes, entre elas a fragmentação florestal, que não só implica na perda física de área vegetal, mas também altera profundamente a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas. A redução das áreas florestais, causada principalmente pela ação humana, resulta em modificações microclimáticas significativas, como o aumento da temperatura e a diminuição da umidade, que impactam diretamente a biodiversidade local. Como destacam FAHRIG (2003) e BORGES et al. (2004), essas mudanças afetam a diversidade e a abundância de espécies, comprometendo funções ecológicas essenciais, como a dispersão de sementes, a polinização e a reprodução de espécies nativas.

Além disso, o efeito de borda, causado pela fragmentação, intensifica os impactos negativos. Áreas de borda são mais vulneráveis à invasão de espécies exóticas, mudanças climáticas bruscas e perturbações causadas pela ação humana, como desmatamento e expansão agrícola. Essa perda de conectividade entre os fragmentos florestais compromete a movimentação de fauna e flora, afetando a resiliência do ecossistema como um todo, conforme salientado por HANSKI E GILPIN (1997) e AMORIM et al. (2019).

Outro ponto crítico é que, com a fragmentação e a degradação ambiental, as interações ecológicas, como predação e competição, tornam-se desequilibradas. A perda de espécies chave pode desencadear efeitos em cascata em toda a rede trófica, ameaçando a estabilidade do ecossistema. A introdução de espécies exóticas, como apontado por DIDHAM et al. (2007), é um fator que agrava ainda mais esse quadro, frequentemente levando à extinção de espécies nativas, ao competir por recursos ou alterar os padrões ecológicos locais.

Em termos de gestão ambiental, a proteção integral das áreas remanescentes é vital, mas não suficiente. É necessário adotar uma abordagem de manejo integrado, que envolva não só a conservação das áreas de proteção permanente, como o Parque Municipal do Pombo, mas também a restauração de corredores ecológicos. Isso permitiria a reconexão entre fragmentos florestais, aumentando a resiliência do sistema ecológico, promovendo a recuperação de espécies ameaçadas e estabilizando os processos ecodinâmicos.

Portanto, além de proteger o que resta da bacia hidrográfica, é essencial promover políticas que revertam a degradação ambiental, garantam a recuperação da conectividade ecológica e assegurem a preservação da biodiversidade a longo prazo. Ações coordenadas entre governos, comunidades locais e pesquisadores são fundamentais para enfrentar esses desafios e garantir a sustentabilidade deste ecossistema tão importante para a região e para o equilíbrio ambiental em escalas maiores.

Alguns autores ressaltam a importância de evidenciar que a fragmentação de habitats traz consigo prejuízos, incluindo a perda da diversidade biológica. As taxas atuais de extinção e invasões biológicas resultantes das atividades humanas são mais altas do que o esperado.

A destruição das matas ciliares e o uso inadequado do solo contribuem para a perda de habitat em ecossistemas aquáticos. Portanto, uma das formas de preservar a biodiversidade nesses ambientes é proteger as áreas de preservação permanente, como as matas ciliares, que desempenham um papel importante na redução de sedimentos, fertilizantes e agrotóxicos que são drenados para corpos d'água por meio de escoamento superficial ou subterrâneo e lixiviação (BARNOSKY et al., 2011; OBERDORFF et al., 2011), (CASATTI et al., 2006), (CASATTI; LANGEANI; CASTRO, 2001).

Diante dessa realidade, a implementação de áreas de preservação se mostra como uma medida efetiva, já que promove a preservação de fragmentos e, conseqüentemente, a sua diversidade biológica, considerada a estratégia mais adequada para a proteção do patrimônio natural (D'OLIVEIRA; BURSZTYN; BADIN, 2002).

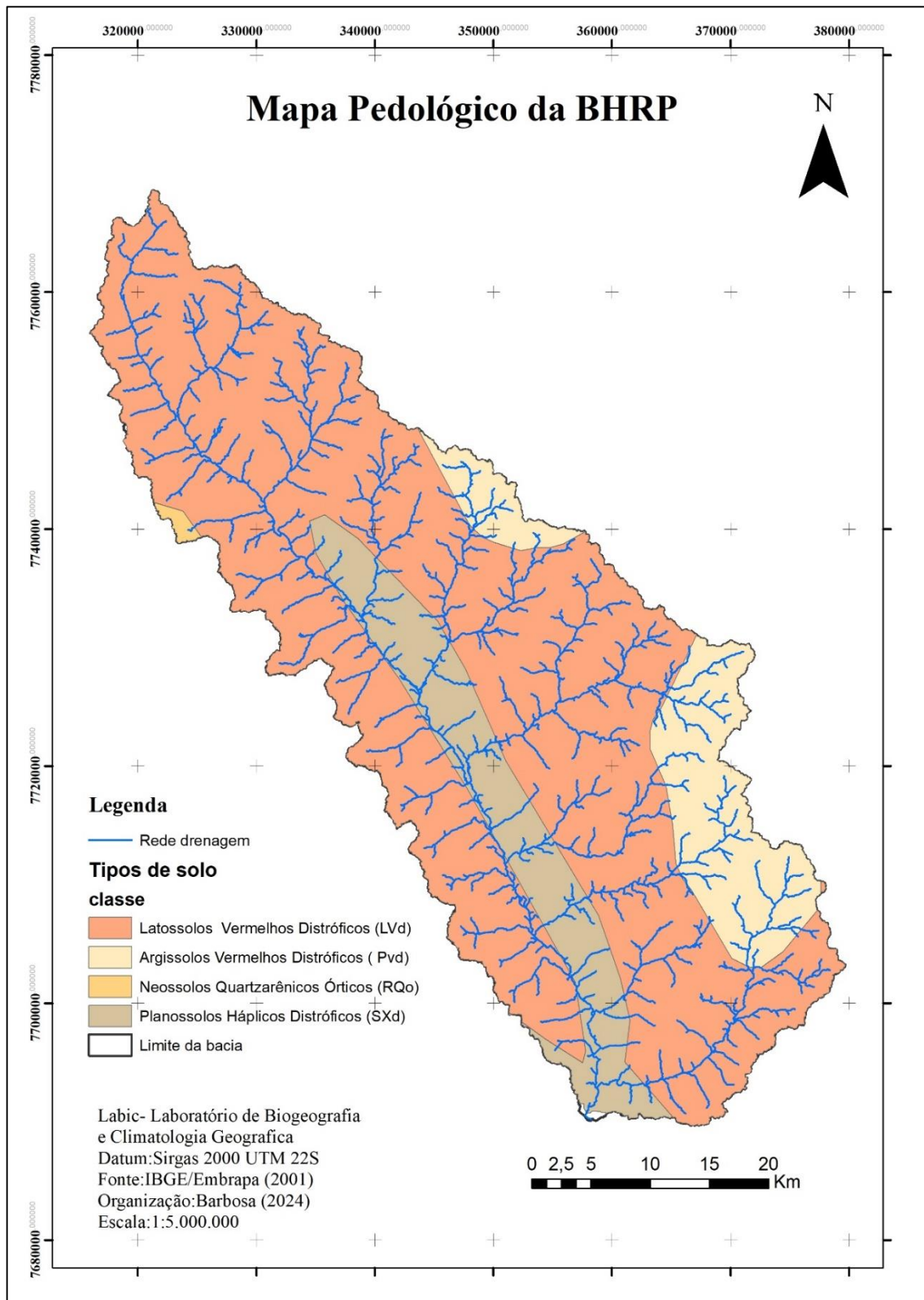
O fator de manutenção (C_m) é um parâmetro essencial para avaliar a qualidade da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica, pois está diretamente ligado à capacidade da bacia de manter seus canais de drenagem em equilíbrio ao longo do tempo. Ele é calculado como o inverso da densidade de drenagem em relação à área mínima necessária para preservar os canais, tomando como referência uma vazão mínima de 1 metro. Isso nos permite determinar a área exata que deve ser mantida para garantir o fluxo permanente de 1 metro de água ao longo do ano, conforme o modelo de SCHUMM (1956). Para a bacia do rio do Pombo, os dados indicam que são necessários 344,8 m² de área de drenagem para sustentar permanentemente essa vazão mínima, o que é um indicador relevante para a sustentabilidade da dinâmica hídrica da bacia.

Esse cálculo reflete o equilíbrio hidrodinâmico da bacia, uma vez que áreas inadequadas ou insuficientes para sustentar o fluxo hídrico podem levar ao comprometimento dos canais de drenagem, promovendo processos de erosão, perda de solo e até mesmo inundações. Além disso, a diminuição na qualidade da drenagem pode impactar a capacidade de infiltração e retenção de água, fatores essenciais para a preservação dos ecossistemas locais e a estabilidade dos recursos hídricos ao longo do ano.

A morfometria e as características dos solos da bacia são outros fatores que influenciam significativamente o comportamento hidrológico e a qualidade da rede de drenagem. Na bacia hidrográfica do rio do Pombo (BHRP), foram identificadas quatro classes principais de solos: Latossolos Vermelhos Distróficos (LVd), que cobrem 74,65% da área, Argissolos Vermelhos Distróficos (Pvd), com 12,15%, Neossolos Quartzarênicos Órticos (RQo), presentes em 0,28%, e Planossolos Háplicos Distróficos (SXd), que ocupam 12,85% da bacia (figura 11).

Os Latossolos Vermelhos Distróficos (LVd), que predominam na bacia, são conhecidos por sua boa capacidade de infiltração e estrutura estável, características que favorecem a percolação da água e contribuem para a manutenção da qualidade da rede de drenagem. Eles ajudam a evitar a compactação do solo, promovendo a recarga dos aquíferos e reduzindo os riscos de erosão.

Figura 11- Mapa pedológico da BHRP



Fonte: IBGE/EMBRAPA (2001)

No entanto, as áreas cobertas por Argissolos Vermelhos Distróficos (Pvd) e Planossolos Háplicos Distróficos (SXd) são mais vulneráveis à erosão devido às suas propriedades de menor permeabilidade e maior retenção de água superficial. Os Argissolos, por exemplo, tendem a

formar crostas superficiais após chuvas intensas, o que dificulta a infiltração de água e aumenta o escoamento superficial. Esse fenômeno contribui para processos erosivos, principalmente em terrenos inclinados, onde a força da água superficial pode carregar partículas de solo, desestabilizando a estrutura do terreno e aumentando a sedimentação nos cursos d'água. Da mesma forma, os Planossolos, por serem mais rasos e com maior teor de argila, têm baixa capacidade de drenagem, o que também favorece a formação de enxurradas e erosão em áreas menos protegidas.

Esse processo de erosão pode, por sua vez, impactar diretamente o fator de manutenção (C_m), uma vez que o desgaste dos solos e a sedimentação dos canais de drenagem reduzem a área disponível para sustentar o fluxo hídrico necessário. O aumento da sedimentação diminui a profundidade e a capacidade dos canais de escoar a água, o que pode resultar em inundações ou até no assoreamento de trechos do rio.

Assim, há uma ligação direta entre o tipo de solo, a susceptibilidade à erosão e a necessidade de manter a integridade da rede de drenagem. Solos como os Argissolos e Planossolos demandam práticas de manejo conservacionistas para evitar que a erosão comprometa o equilíbrio hidrodinâmico da bacia. Medidas como a revegetação de áreas vulneráveis, o uso de técnicas de terraceamento e a construção de curvas de nível podem ser fundamentais para reduzir o escoamento superficial e proteger os canais de drenagem da bacia, assegurando que o fator de manutenção (C_m) se mantenha estável e garantindo a sustentabilidade hídrica da região.

Portanto, ao analisar o comportamento hidrológico da bacia do rio do Pombo, é essencial considerar não apenas o fator de manutenção e a densidade de drenagem, mas também as características pedológicas e as vulnerabilidades à erosão. Esses elementos, interligados, afetam diretamente a capacidade da bacia de manter a qualidade dos seus recursos hídricos, especialmente diante de mudanças climáticas ou intervenções antrópicas.

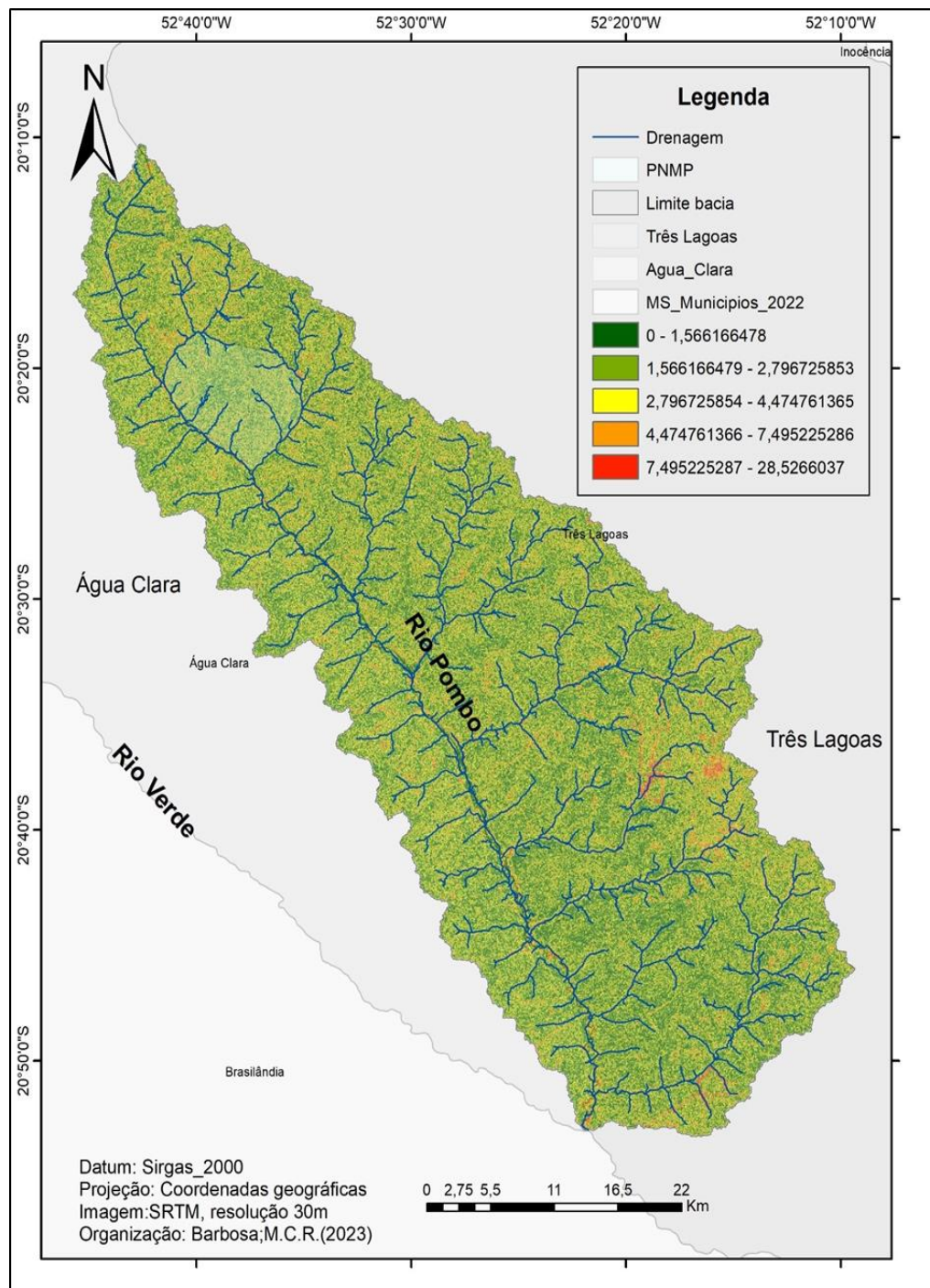
Com base na litologia e na estrutura geológica, diversos fatores como a precipitação média, o clima, o relevo, os tipos de solo e rocha, a cobertura vegetal e a ocupação do solo atuam em conjunto para influenciar os processos de escoamento.

É possível realizar o acompanhamento da capacidade de infiltração e do comportamento dos canais superficiais para determinar esse parâmetro CHRISTOFOLETTI (1980); VILLELA e MATTOS (1975), destacam que um dos principais fatores que influenciam as taxas de escoamento superficial é a inclinação do terreno, que pode causar erosão do solo.

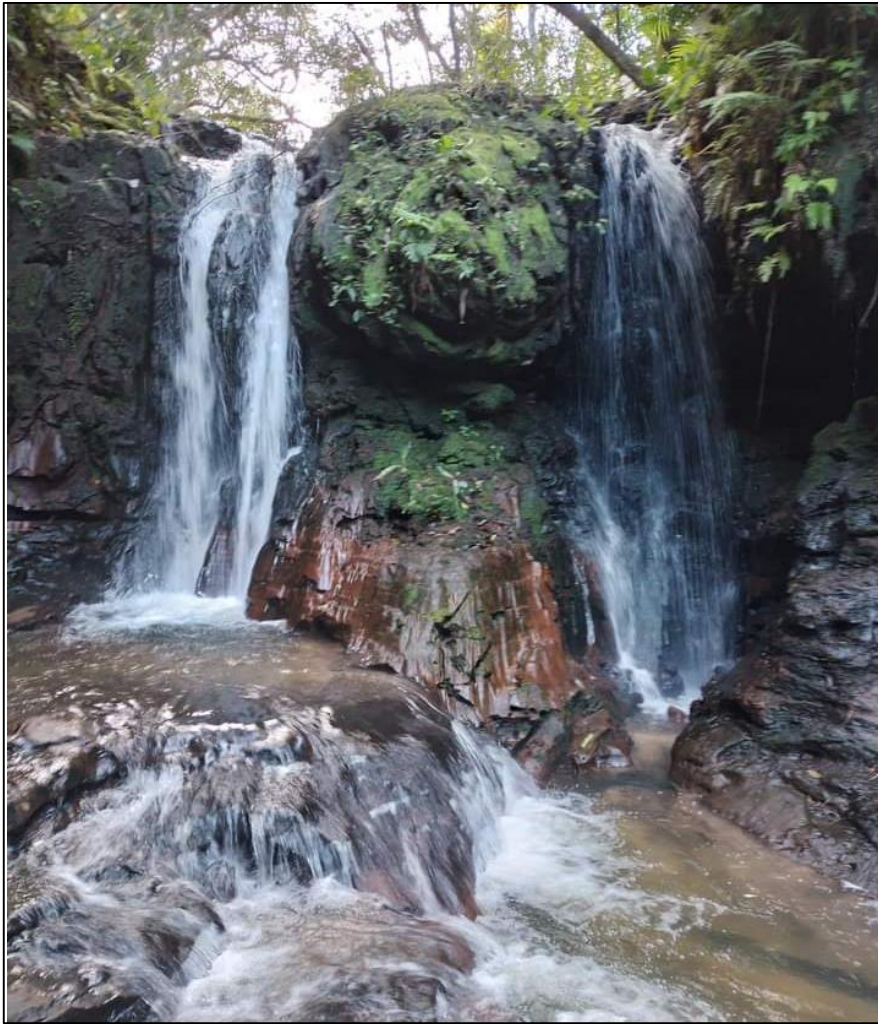
Portanto, a topografia do terreno influencia a inclinação e a extensão da erosão do solo, das inundações e do risco de erosão.

Importante destacar que, apesar da declividade (figura 12) da região, apresenta predominantemente uma característica suave ondulada a plana, de acordo com a classificação da EMBRAPA (1979), há um ponto específico na bacia hidrográfica do rio do Pombo, no alto curso, principalmente na margem esquerda, onde se observa alta densidade de canais. Alguns pontos específicos apresentam significativas variações topográficas, resultando em maior intensidade no sistema de fluxo com vazão elevada, chegando até a formar cachoeiras (Figura13).

Figura 12- Mapa de declividade da BHRP



Fonte: EMBRAPA (1979)
Figura 13: Cachoeira do Pombo



FONTE: À AUTORA (2023)

A topografia, em particular, exerce um papel fundamental na dinâmica hidrológica, influenciando não apenas a taxa de escoamento, mas também a extensão e a intensidade dos processos erosivos. Terrenos com maior inclinação tendem a ter um escoamento mais rápido e concentrado, o que aumenta o potencial de erosão do solo, especialmente em áreas desprovidas de cobertura vegetal adequada. O escoamento acelerado em superfícies inclinadas reduz a infiltração de água no solo, potencializando a erosão e o transporte de sedimentos para os corpos d'água, o que pode causar assoreamento e afetar a qualidade dos canais de drenagem.

Esses pontos de maior inclinação, devido ao aumento na velocidade do escoamento superficial, tornam-se áreas críticas para a erosão do solo e necessitam de monitoramento constante e manejo adequado.

A combinação de uma topografia mais acidentada e uma maior densidade de canais de drenagem cria um ambiente propício para a intensificação dos processos erosivos, especialmente quando a cobertura vegetal é insuficiente para estabilizar o solo. Nessas

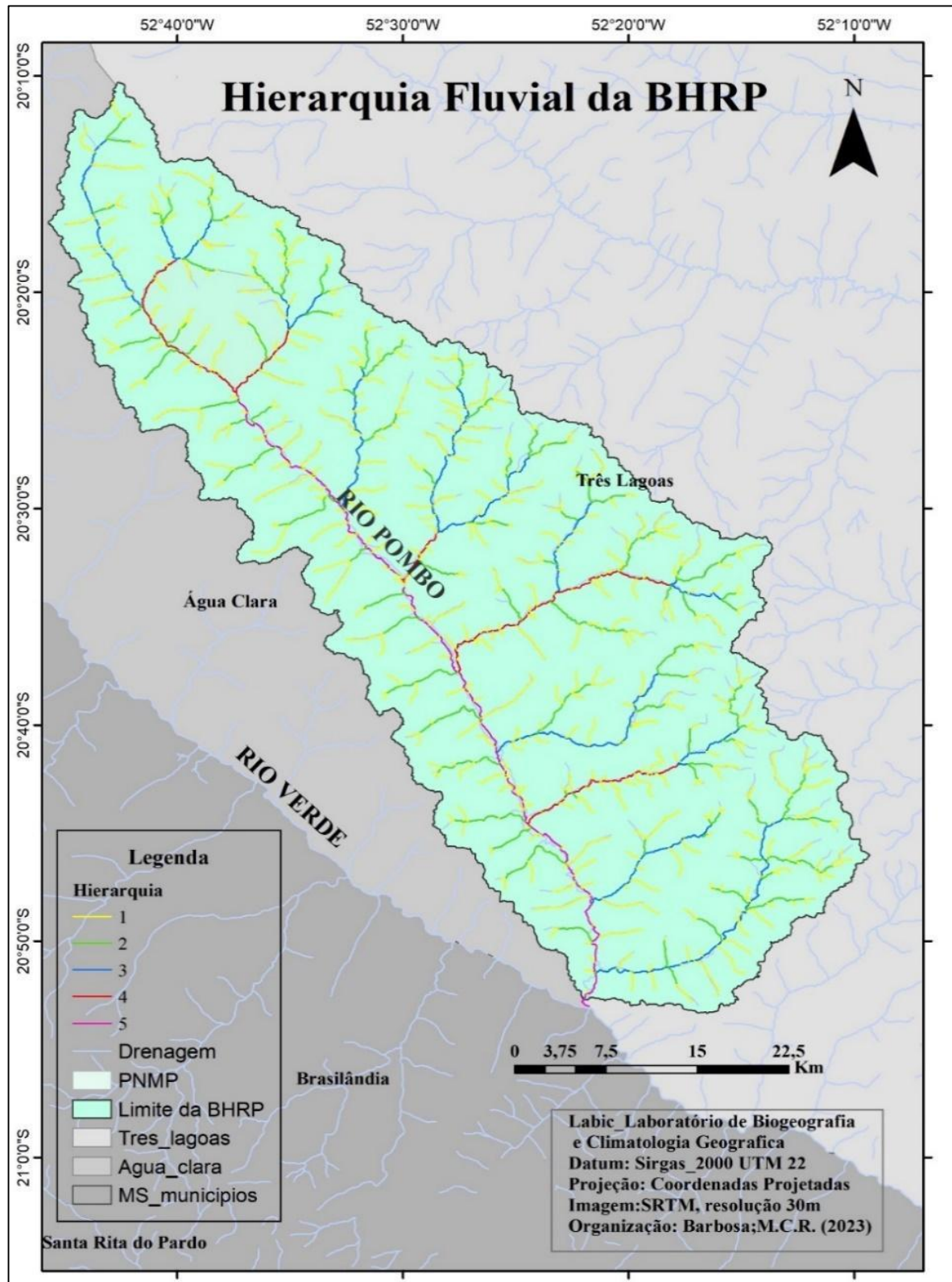
condições, o risco de erosão se eleva, o que pode comprometer a estabilidade do solo e acelerar o desgaste das margens dos canais, além de aumentar o volume de sedimentos transportados para o leito dos rios.

Dessa forma, a topografia não influencia apenas o escoamento superficial, mas também afeta diretamente a probabilidade de inundações e o risco de erosão. Nas áreas de maior declividade, o controle da erosão torna-se um ponto crítico para a gestão sustentável da bacia. Medidas de conservação do solo, como a construção de terraços, o uso de cobertura vegetal adequada e a instalação de barreiras físicas para desacelerar o fluxo da água, são essenciais para mitigar esses impactos.

A avaliação detalhada do relevo e da topografia da bacia hidrográfica do rio do Pombo é fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo dos recursos hídricos e do solo. A maior parte da bacia apresenta uma declividade suave, o que sugere um potencial moderado de escoamento superficial. No entanto, existem variações topográficas, especialmente no alto curso da bacia, onde a maior densidade de canais e os fluxos intensos aumentam o risco de erosão e a degradação ambiental. Essas áreas exigem intervenções específicas para controlar o escoamento e preservar a estabilidade dos solos, evitando a perda de recursos naturais e a diminuição da qualidade dos ecossistemas locais.

Esse comportamento hidrológico está diretamente relacionado à hierarquia dos canais de drenagem, um fator crítico para a dinâmica do escoamento e a capacidade de captação de água. A bacia hidrográfica do rio do Pombo foi classificada como uma bacia de 5ª ordem, de acordo com a hierarquia fluvial (Figura 14).

Figura 14- Hierarquia Fluvial da BHRP



Org.: Á AUTORA (2023)

Isso indica um elevado grau de ramificação dos canais, que totalizam 350 km, sugerindo boa capacidade de captação e transporte de água na área. A complexa rede de canais é uma característica positiva para a distribuição da água ao longo da bacia, mas também pode acentuar

o risco de erosão e assoreamento em áreas mais vulneráveis, especialmente se o manejo da terra for inadequado.

Entretanto, há diferenças significativas na configuração das ramificações fluviais entre as margens direita e esquerda da bacia. A margem direita, por exemplo, apresenta uma rede de drenagem menos complexa, com predominância de canais de 1ª e 2ª ordem, e apenas três canais de 3ª ordem. Isso sugere que essa área tem menor capacidade de escoamento, o que pode resultar em menor suscetibilidade à erosão, mas também indica que pode haver menos capacidade de captação e transporte de água em comparação com a margem esquerda.

Por outro lado, a margem esquerda apresenta uma rede fluvial significativamente mais complexa, com a presença de canais de 1ª, 2ª, 3ª, 4ª e até 5ª ordem. Essa maior complexidade sugere uma área de maior escoamento e transporte de água, mas também maior suscetibilidade a processos erosivos, especialmente em regiões de maior declividade e maior densidade de canais. A alta ramificação desses canais pode aumentar a pressão sobre o solo e os cursos d'água, intensificando a erosão nas áreas mais vulneráveis e, conseqüentemente, elevando a quantidade de sedimentos transportados para o leito principal do rio.

Essas diferenças na hierarquia fluvial entre as duas margens da bacia revelam que o planejamento de manejo deve ser diferenciado e adaptado a cada área. Na margem direita, o foco pode estar em maximizar a eficiência da captação de água e reduzir o risco de enchentes localizadas, enquanto a margem esquerda requer medidas mais intensivas de controle da erosão e práticas de conservação do solo. Técnicas como o plantio de cobertura vegetal nas áreas mais inclinadas, a construção de terraços, e a proteção dos canais com barreiras vegetativas podem ser eficazes para estabilizar o solo e reduzir os processos erosivos nas áreas com maior densidade de canais.

Portanto, o entendimento integrado dos fatores geológicos, hidrológicos, topográficos e da hierarquia dos canais de drenagem é crucial para garantir a preservação e a sustentabilidade dos recursos hídricos e do solo na bacia do rio do Pombo. As particularidades de cada margem da bacia devem ser cuidadosamente consideradas para que se implementem intervenções direcionadas e eficazes, assegurando a manutenção da qualidade ambiental e da funcionalidade dos ecossistemas na região.

A análise integrada dos fatores geológicos, hidrológicos, topográficos e da hierarquia dos canais de drenagem é essencial para garantir a preservação e sustentabilidade dos recursos hídricos e do solo na bacia do rio do Pombo. As características distintas de cada margem da bacia requerem intervenções específicas para assegurar a manutenção da qualidade ambiental e a funcionalidade dos ecossistemas.

Na margem esquerda, devido à maior densidade de canais, há uma quantidade significativa de cursos d'água de diferentes ordens (primários a quinários), o que reflete a influência direta da litologia da região. Rochas de granulometria fina favorecem a criação de novos canais, intensificando o escoamento superficial. A relação entre a rede de drenagem e as condições ambientais da bacia é destacada por STEVAUX e LATRUBESSE (2017), que apontam que o escoamento superficial está diretamente ligado a dinâmica do fluxo da água e à configuração geológica e topográfica da região.

Fatores como declividade do terreno, precipitação, tipo de solo e ocupação influenciam a capacidade de infiltração da água e o comportamento hidrológico da bacia. Conforme VILLELA e MATTOS (1975), a inclinação do terreno desempenha um papel fundamental na velocidade de escoamento e na erosão do solo. Na bacia do rio do Pombo, a declividade mais acentuada, entre 446 e 529 metros de altitude, é observada principalmente no alto curso, com predomínio na margem esquerda. No médio curso, essa característica se mantém, enquanto a margem direita apresenta uma variação altimétrica mais suave (274 a 400 metros).

TEODORO (2007) reforça que a variação de altitude afeta diretamente a dinâmica hídrica da bacia, influenciando a precipitação, a evaporação e a transpiração, o que pode gerar alterações na vazão dos rios. Assim, áreas com maior altitude tendem a sofrer variações mais significativas de temperatura e precipitação, influenciando o regime hidrológico local.

A preservação do solo e das áreas de mata ciliar ao longo dos rios é fundamental para mitigar os impactos ambientais. A exploração inadequada das áreas de preservação permanente (APPs) pode causar sérios danos, como a redução do lençol freático, o aumento da sedimentação e a degradação das nascentes, comprometendo a quantidade e a qualidade da água, como observado por IORI et al. (2012). A degradação das margens dos rios contribui para a escassez de água para consumo humano e atividades agropecuárias, evidenciando a necessidade urgente de manejo sustentável.

A bacia hidrográfica do rio do Pombo apresenta uma complexa rede de drenagem, especialmente na margem esquerda, onde a maior densidade de canais e as características topográficas e geológicas aumentam a suscetibilidade à erosão e à degradação ambiental. A declividade acentuada e a variação altimétrica influenciam a dinâmica hídrica, o que requer intervenções específicas para preservar os recursos hídricos e o solo.

A preservação das áreas de mata ciliar e das APP's é crucial para manter a qualidade da água e a sustentabilidade das atividades agrícolas e pecuárias na região. O manejo adequado deve integrar o conhecimento da litologia, da topografia e da hierarquia dos canais para garantir a preservação dos ecossistemas e a disponibilidade de água.

5.2 Uso e ocupação

A substituição da vegetação nativa por pastagens e culturas agrícolas, incluindo silvicultura e plantações de cana-de-açúcar e soja, tem gerado impactos significativos nas bacias hidrográficas. Essa transição resulta em um aumento do transporte de sedimentos, prejudica os corredores de biodiversidade e afeta a qualidade dos cursos d'água. A degradação ambiental causada por essas práticas agrícolas demanda ações efetivas de conservação. Como ressaltado por D'OLIVEIRA, BURSZTYN e BADIN (2002), a implementação de áreas de preservação é uma estratégia eficaz para proteger os fragmentos de cerrado e a biodiversidade, essencial para a manutenção do patrimônio natural.

O mapeamento do uso do solo emerge como uma ferramenta vital para entender as rápidas transformações da paisagem. Essa prática fornece informações cruciais que ajudam a elaborar cenários ambientais e a criar indicadores para avaliar a sustentabilidade da região. SANTOS E SANTOS (2010) destacam a importância dos dados de uso da terra em diversos modelos aplicados na ecologia e na hidrologia, ressaltando que uma compreensão detalhada da dinâmica do uso do solo pode orientar práticas de manejo mais sustentáveis.

O avanço da agricultura em Mato Grosso do Sul, especialmente em Três Lagoas, é impulsionado por fatores como a infraestrutura de transporte. A rodovia federal BR-262 e várias rodovias estaduais facilitaram o escoamento da produção, tornando a região mais atrativa para o desenvolvimento agrícola FERREIRA et al. (2009) ressaltam que a infraestrutura, juntamente com incentivos fiscais e características topográficas favoráveis, contribuiu significativamente para a expansão das atividades agrícolas, o que, embora promova o crescimento econômico, também gera preocupações sobre a degradação ambiental.

Na bacia do rio do Pombo, o levantamento do uso da terra revela doze categorias distintas, onde as áreas dedicadas a culturas temporárias, pastagens, silvicultura e cana-de-açúcar somam 73,61% da extensão total. As formações florestais ocupam apenas 8,37% do território, o que evidencia a predominância das atividades humanas sobre a cobertura florestal. Essa realidade pode ser entendida em função da estrutura econômica do município, que prioriza práticas agrícolas em detrimento da conservação ambiental (SILVA et al., 2017).

Em suma, a crescente antropização da bacia do rio do Pombo demanda uma análise crítica e integrada das interações entre o uso do solo, a biodiversidade e a qualidade da água. A preservação de áreas de vegetação nativa e a implementação de práticas agrícolas sustentáveis

são fundamentais para garantir a saúde dos ecossistemas e a continuidade dos serviços ambientais, além de possibilitar um desenvolvimento econômico equilibrado.

Ao longo dos anos, houve um aumento significativo na produção agrícola, levando a uma maior degradação da vegetação e incremento da fragmentação das áreas florestais. Essas mudanças foram observadas por SALES et al. (2017), que destacaram o aumento da área dedicada à agricultura na região e alertaram para os impactos negativos na avifauna devido à fragmentação das florestas.

A bacia possui um grande potencial para a agricultura e a pecuária, devido às suas características topográficas e aos tipos de solos presentes. O relevo é, em sua maioria, plano ou levemente ondulado, onde predominam os Latossolos vermelhos distróficos (figura 15), que podem ser corrigidos quimicamente e permitem o tráfego de maquinários agrícolas com facilidade. Essa situação resulta em perdas significativas da vegetação natural do Cerrado, além de impactar os recursos hídricos.

Figura 15: Representatividade da classe de solo latossolos na Bacia do Pombo



Fonte: Autoria Própria (2024)

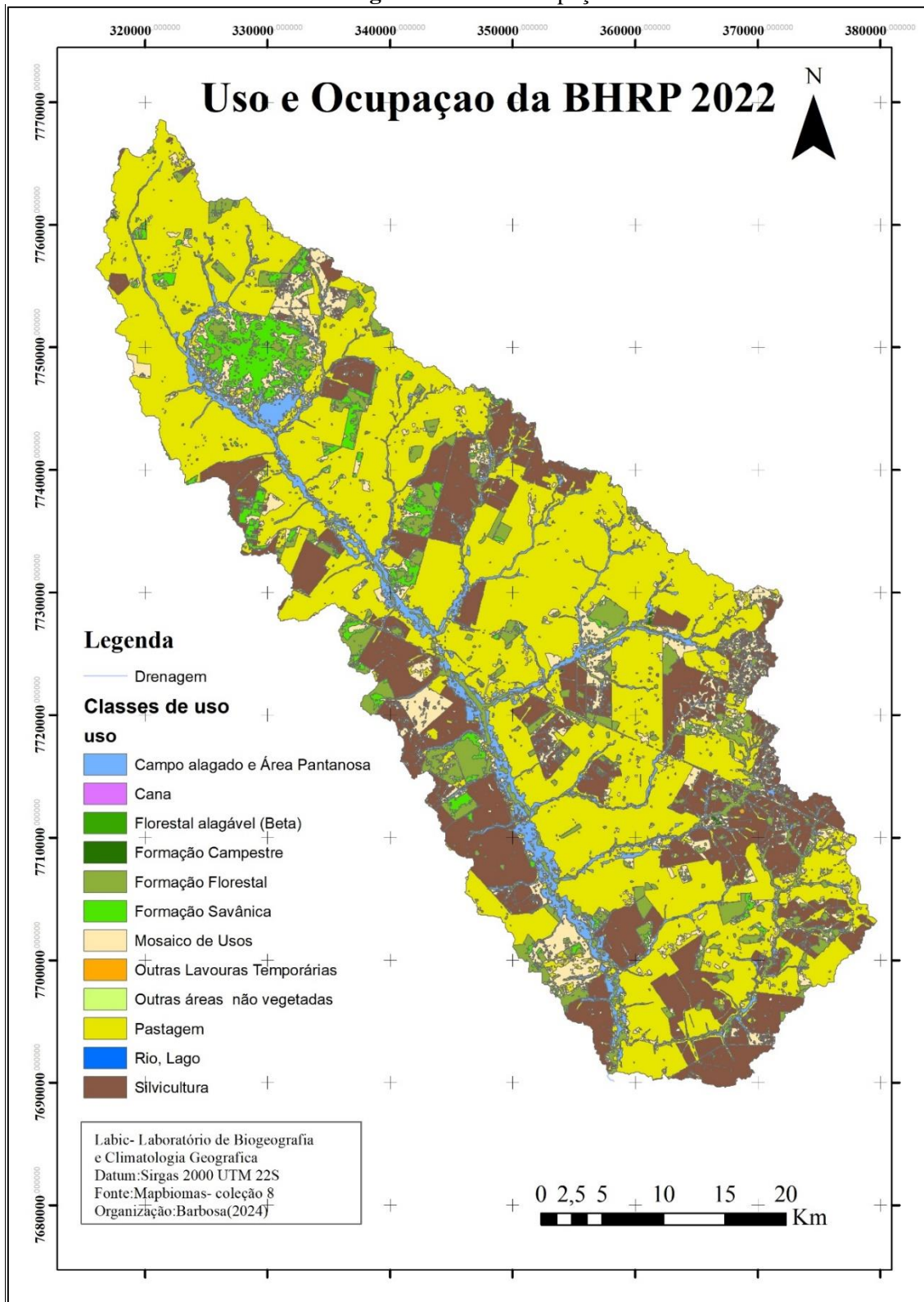
Vários elementos desempenharam um papel fundamental na modernização da agricultura, como a infraestrutura de transporte intermodal proporcionada pela localização geográfica de Mato Grosso do Sul, em especial de Três Lagoas. As rodovias tiveram um papel crucial ao facilitar o escoamento da produção agrícola. Dessa forma, a infraestrutura em geral, incluindo estradas, rede elétrica e incentivos fiscais, juntamente com as características

topográficas, foram fatores atrativos que contribuíram para o crescimento da atividade agrícola em certas áreas do estado, resultando em uma valorização maior dessas regiões.

A predominância de áreas urbana em relação às áreas florestais pode ser explicada tanto pelo contexto econômico municipal, quanto pela localização geográfica estratégica, aliada à presença de uma infraestrutura de transporte intermodal eficiente, que engloba o transporte aéreo através do aeroporto Municipal “Plínio Alarcon” e o transporte hidroviário pela Hidrovia Paraná Tietê. A rodovia federal BR 262 é uma via longitudinal que corta 4 estados brasileiros: Espírito Santo, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Essas vias proporcionam acesso a fontes de energia e oferecem benefícios fiscais, tornando-se atrativas não apenas para Três Lagoas, mas também para todo o estado de Mato Grosso do Sul.

Em 2022, a principal categoria de uso da terra na região da bacia é a pastagem (Figura 16), abrangendo 52,80% da área. Em seguida, a silvicultura ocupa 19,74% da região, principalmente nas áreas de baixo e médio curso, nota-se poucas áreas de silvicultura no alto curso. Sendo assim, no baixo curso há um menor número de fragmentos de cerrado, próximo à foz da bacia, sendo explicado pela predominância de extensas áreas de pastagem.

Figura 16- Uso e ocupação 2022



Fonte: MAPBIOMAS (2022)

A pastagem teve uma diferença de 2006 para 2022 de 4,02 %, sendo que em 2006 era 56,82%, em 2022, 52,80%, sendo assim atrelada a isso teve uma diminuição de 4,02%, dando lugares a outras culturas Tabela 03.

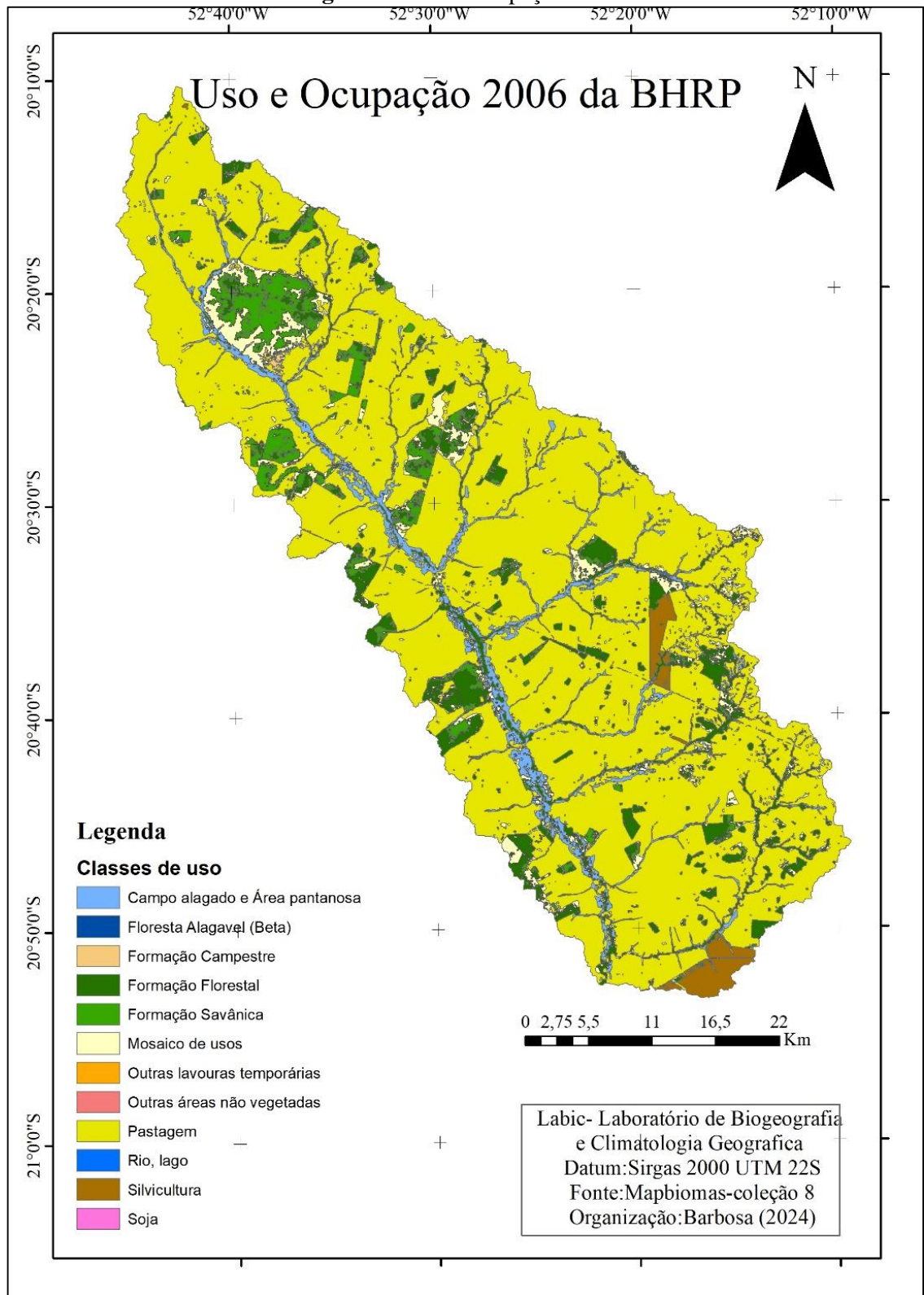
Tabela 3- Comparação do Uso e ocupação (2006 e 2022)

Uso e cobertura do solo	2006		2022	
	Área em ha	Porcentagem	Área em ha	porcentagem
Campo alagado e área pantanosa	98,563121	0,24%	113,26091	5,66%
Cana	-----	-----	0,122116	0,01%
Floresta alagável	0,005032	0%	0,004414	0%
Formação campestre	1,549275	0%	1,553345	0,08%
Formação florestal	156,33026	0,61%	167,666256	8,37%
Formação savânica	91,125028	0,21%	77,574093	3,87%
Mosaico de usos	112,235793	0,31%	187,37737	9,36%
Outras lavouras temporárias	0,081341	0%	1,423832	0,07%
Outras áreas não vegetadas	1,244778	0%	0,163255	0,01%
Pastagem	1509,413535	56,82%	1057,298324	52,8%
Rio Lago e oceano	2,055574	0%	0,716051	0,04%
Silvicultura	29,548065	0,02%	395,168303	19,74%
Soja	0,199759	0%	-----	-----

Fonte: MAPBIOMAS (2006/2022)

De acordo com a tabela 03 na área da bacia em 2022, foram inseridas outras culturas como a cana de açúcar, já em relação a floresta alagável, tem uma diminuição da área, a formação campestre aumentou em 0,08% em relação ao ano de 2006 (Figura 17). A formação florestal teve um aumento de 7,76% em relação a 2006, o mosaico de uso teve uma variação entre anos de 9,35%, já a classe soja que em 2006, que representava nem um percentual em 2022, é inexistente.

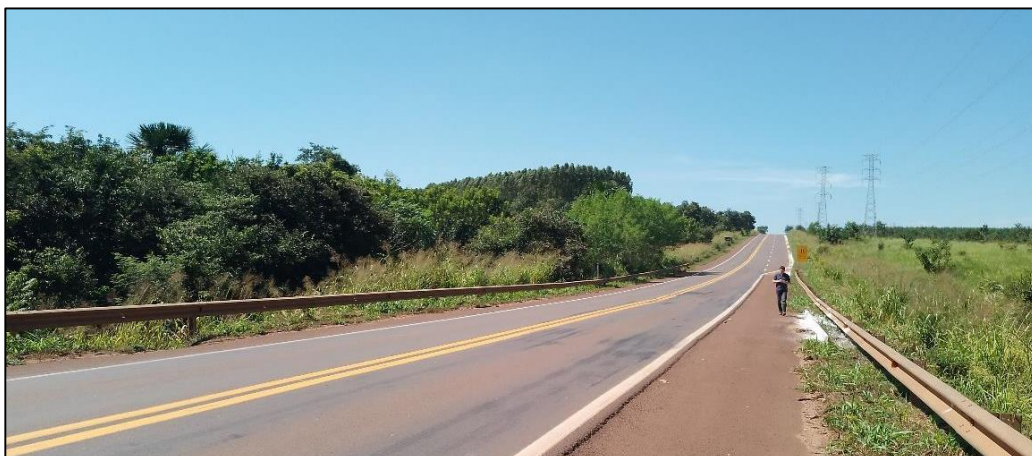
Figura 17- Uso e ocupação 2006



Org.: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

A classe silvicultura (figura 18), que em 2006 representava somente 0,02%, em 2022 passa a ser 19,74% da área estudada, um aumento considerável visto como está situação atual do município frente ao desenvolvimento do país em relação as grandes papeleiras.

Figura 18- Divisão da classe silvicultura com fragmento florestal, na BR- 262



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

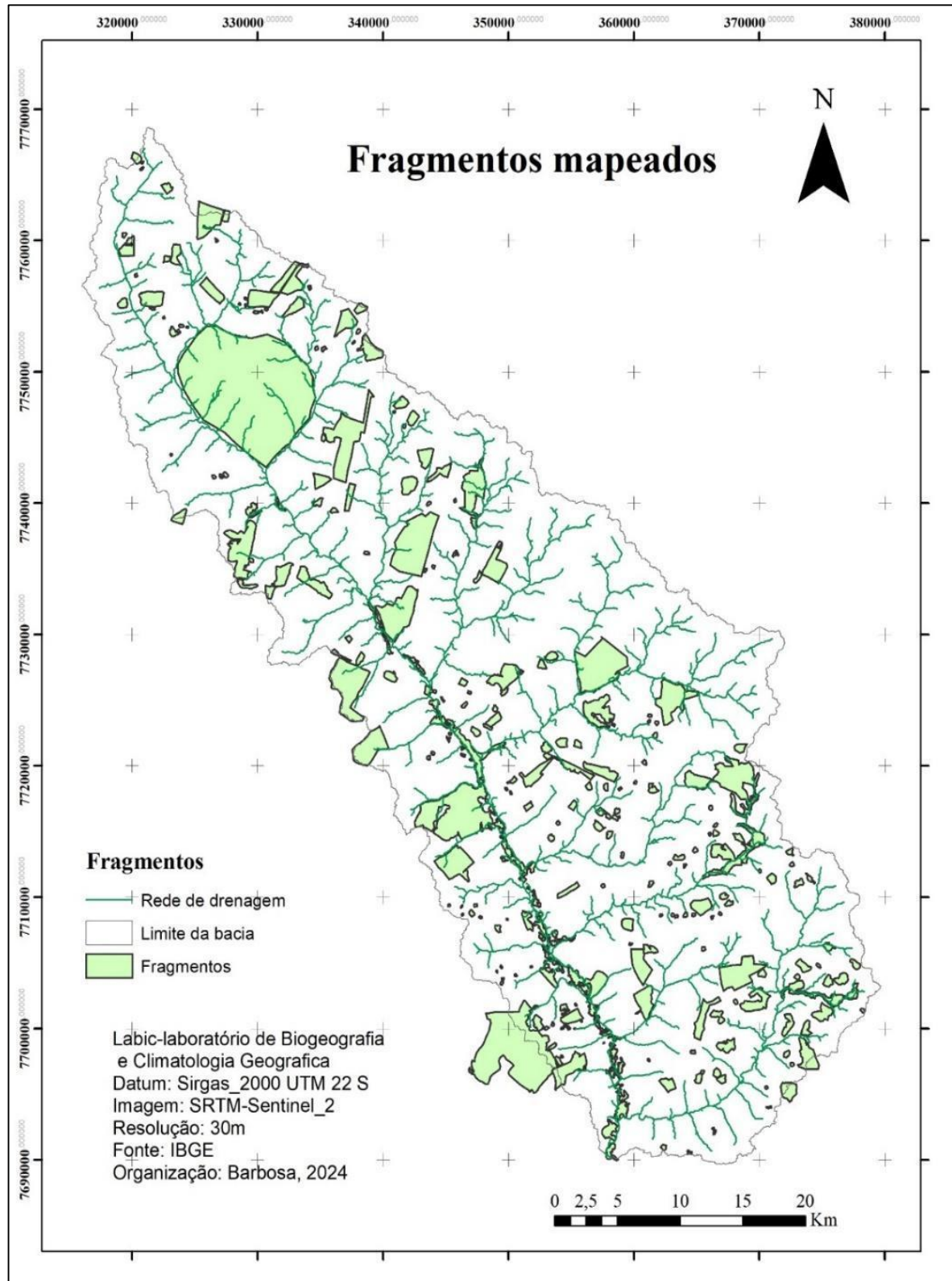
Já em diferentes regiões do estado, a criação de gado acaba se destacando, pois é uma atividade menos influenciada pela topografia e pela logística de escoamento dos produtos, em comparação com outras atividades. Portanto dentro da bacia do Pombo a classe pastagem ainda é a classe com maior valor, o que explica isso é o relevo levemente acidentado no alto curso.

5.3 – A distribuição espacial dos fragmentos florestais na Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo

O fenômeno da expansão agrícola nas últimas décadas resultou em um aumento na fragmentação das florestas nativas. Esse processo gera perturbações ambientais, afetando tanto os componentes da estrutura física dos ecossistemas quanto a configuração geral da paisagem (VALÉRIO FILHO, 1995). VIANA (1990) propõe o uso do termo "fragmento" para se referir a áreas que são interrompidas por barreiras de origem humana (como estradas e pastagens) ou naturais (como montanhas e lagos), as quais têm o potencial de restringir o deslocamento de animais, pólen ou sementes. Nesse aspecto, CERQUEIRA et al. (2003) caracterizaram a fragmentação como o processo onde um habitat contínuo é dividido em manchas, ou fragmentos, que são mais ou menos isolados.

De acordo com SILVA et al (2020), a fragmentação florestal é um dos fatores que interferem na sustentabilidade dos recursos naturais, biodiversidade e qualidade de vida, diante disso, são essenciais estudos que avaliem quanti e qualitativamente as propriedades ambientais de determinado ecossistema e/ou paisagem. Assim foram mapeados 297 fragmentos dentro da área da bacia (Figura 19).

Figura 19- Mapeamento dos fragmentos

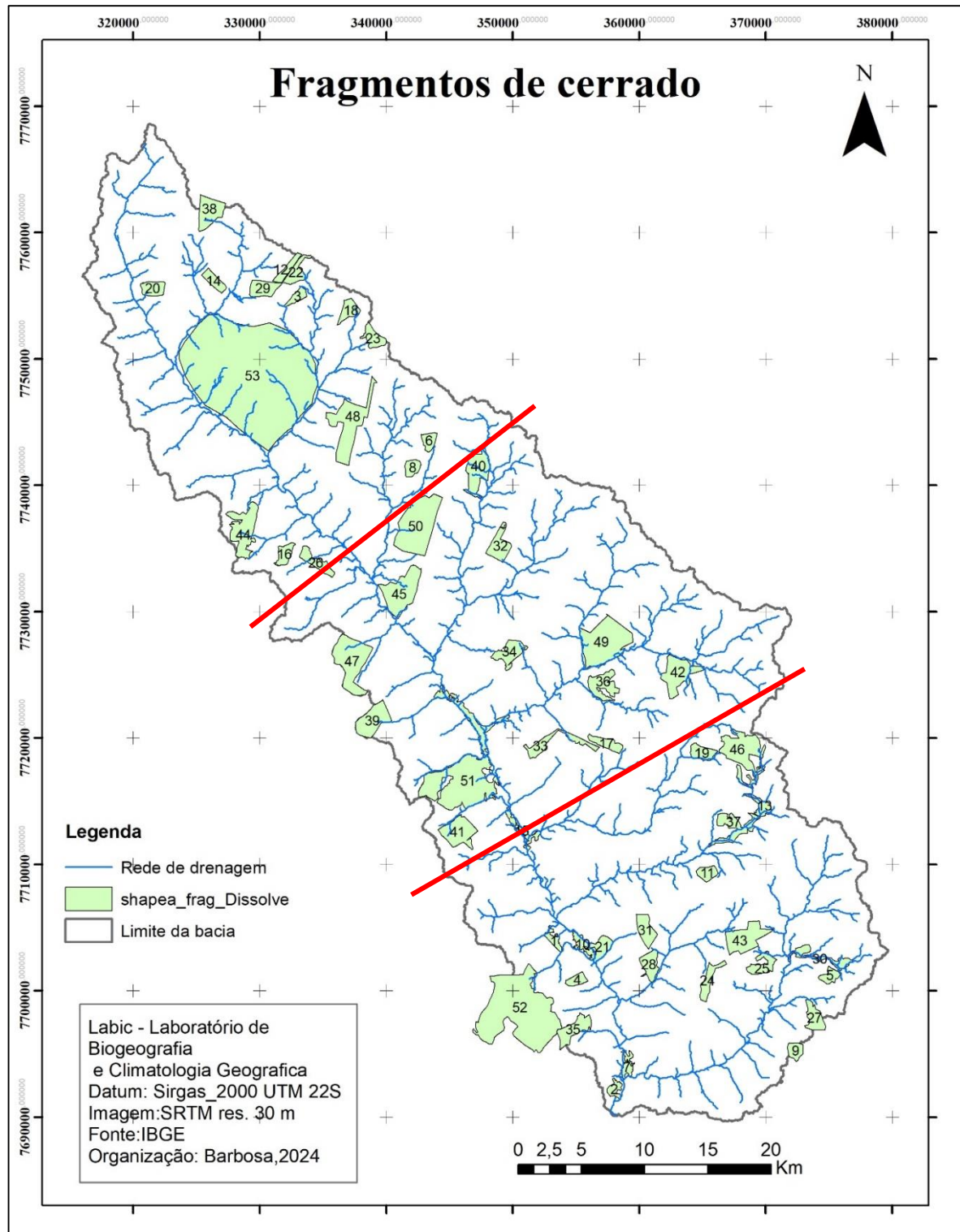


Org.: Á AUTORA (2024)

Assim a partir do mapeamento dos fragmentos foi gerado um segundo produto cartográfico através da seleção por atributos, onde refere a espacialização dos fragmentos

florestais mais expressivos a nível de tamanho da área, sendo considerados aqueles com área superior a 100 ha, ao qual ainda apresenta a densidade de ocupação das áreas por número de fragmentos, permitindo a análise de como os maiores fragmentos estão posicionados no contexto de proximidade com ocupação dos fragmentos menores, após a análise realizada, os fragmentos com área acima ou igual a 100 ha, totalizaram somente 53 fragmentos (Figura 20).

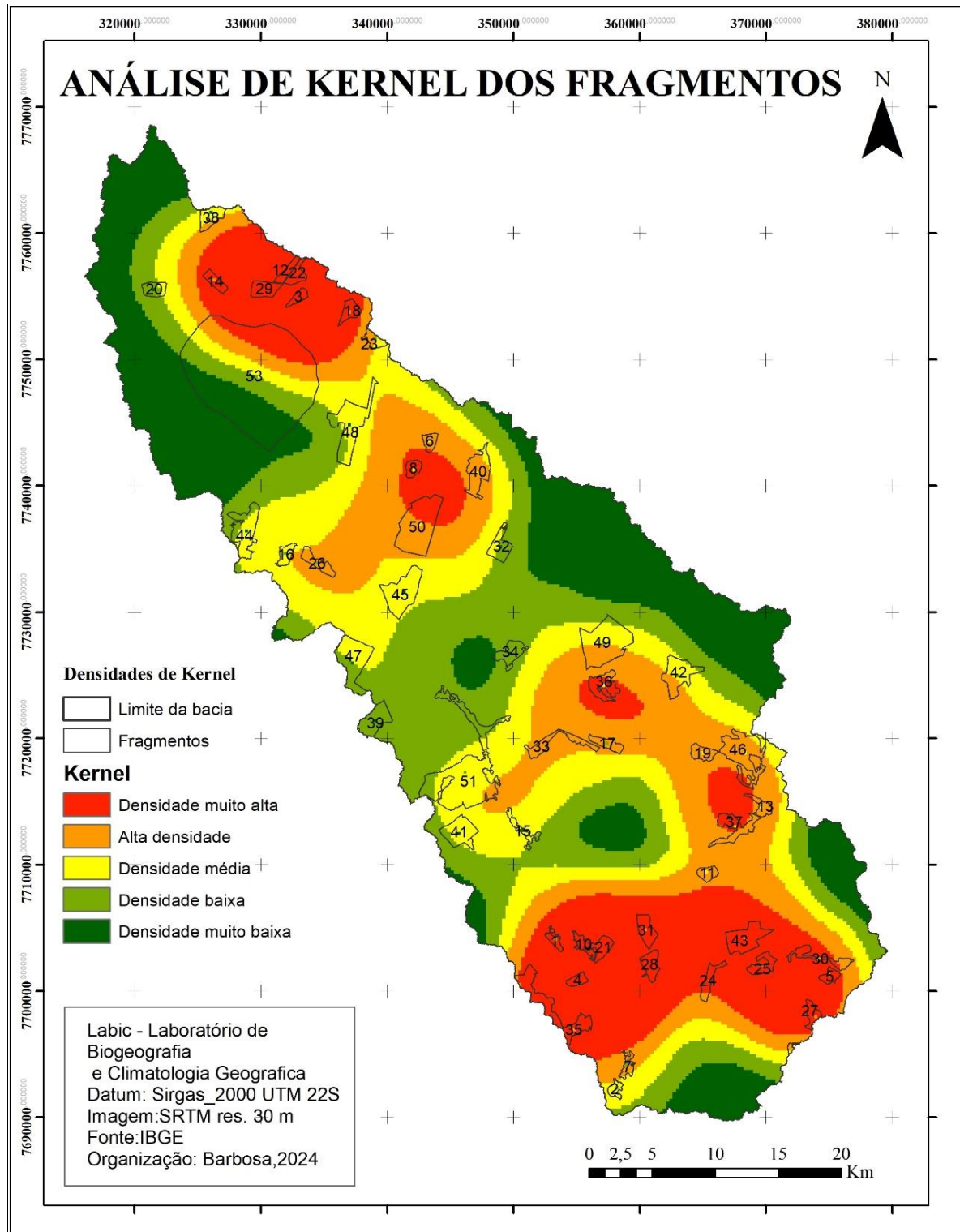
. **Figura 20-** Mapa de fragmentos selecionadas



Org.: Á autora (2022)

Ao analisar o mapa de densidade relacionado ao ano de 2022 (figura 21), observam-se certos pontos em vermelho no baixo curso, o que denota uma densidade significativamente alta de fragmentos, com destaque para dois pontos de tonalidade vermelha intensa: um situado no alto curso da bacia, próximo ao Parque Natural Municipal do Pombo - PNMP, e outro na parte inferior, próximo à foz.

Figura 21- Análise de densidade ou de kernel



Org.: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Ao longo da bacia, há pequenos pontos de alta densidade que não são tão proeminentes quanto em outras regiões, especificamente a nordeste da bacia e um pouco baixo do PNMP, no alto curso, o médio curso, ao sul da bacia no baixo curso, enquanto os demais remanescentes estão em áreas com coloração laranja, representando alta densidade, e amarela, densidade

média. No médio curso a densidade de fragmentos é menor o que explica, pela densidade do monocultivo do eucalipto e área de pastagem que juntos ocupam uma área de 71,54% da área da bacia.

Neste estudo, a dimensão de cada fragmento foi mensurada com base nos dados da tabela de atributos do próprio arquivo vetorial e a partir destes foi quantificada a área de cada fragmento, tornando possível comparar os tamanhos dos diversos fragmentos florestais encontrados na Bacia do Rio Pombo.

A dimensão de um pedaço de terra é fundamental para a preservação das espécies. Dessa forma, os fragmentos menores apresentam maior taxa de mortalidade entre as espécies quando comparados aos maiores. Quanto à forma do fragmento, quanto mais próximo da geometria circular, menor é a extensão de sua borda. (LAURANCE *et al.*, 2002; LAURENCE; VASCONCELOS, 2009).

Entre os 53 fragmentos analisados na bacia, aqueles com áreas superiores a 100 ha foram considerados apropriados de acordo com a classificação de FREITAS (2012). Assim todos os fragmentos estudados têm área superior a > 100 há, o que confere qualidade ambiental máxima, ou seja, nota 5 em qualidade ambiental.

Dentre esses fragmentos, aquele com a área central reduzida foi o fragmento n. 01, situado no baixo curso da bacia, com área de 102,4 ha, enquanto o fragmento com a área central mais ampla foi identificado no alto curso, sendo o fragmento 53 de acordo com a tabela 04. Este último está localizado no alto curso da bacia, numa área de conservação ambiental atualmente em processo de regeneração, justificando sua maior extensão (7639,66 ha) (SALES *et al.*, 2017), devido ao terreno levemente ondulado.

Tabela 4- Área em ha dos fragmentos

FRAGMENTO	ÁREA ha	FRAGMENTO	ÁREA ha	FRAGMENTO	ÁREA ha
3	110,42	17	104,42	1	102,4
6	125,18	26	199,88	2	104,39
8	134,09	32	290,78	4	114,71
12	141,91	33	290,86	5	123,18
14	156,47	34	295,03	7	128,05
16	102,4	36	344,46	9	135,88
18	110,42	39	451,60	10	138,68
20	123,58	40	460,12	11	141,26
22	174,40	41	466,51	13	153,60
23	186,05	42	519,81	15	158,83
29	196,05	45	694,99	19	114,71
38	375,03	47	829,40	21	161,29
44	601,35	49	290,86	24	187,48
48	290,78	50	295,03	25	190,32
53	373,26	51	314,90	27	192,62
				28	192,70
				30	207,85
				31	220,11
				35	314,90
				37	373,26
				43	521,87
				46	786,02
				52	344,46

Alto curso
 Médio curso
 Baixo curso

Org.: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

No que diz respeito à quantidade de fragmentos por área, no alto curso há 14 fragmentos cobrindo uma extensão de 11.191,8 hectares. Já no médio curso, existem 24 fragmentos com uma área de 7.782,16 hectares. Por sua vez, no baixo curso, há 15 fragmentos que abrangem 9.276,36 hectares. Contudo, é o alto curso que apresenta 14 fragmentos que ocupam a maior área e se destacam pela sua maior extensão, além de estarem significativamente mais conservados em virtude do relevo da bacia.

Ao se examinar a distância entre os diferentes tamanhos de fragmentos, é fundamental considerar os fragmentos menores como elementos de conexão ecológica nesse contexto. Essa separação é determinada não apenas pelas distâncias e tamanhos dos fragmentos adjacentes, mas também pela configuração espacial desses fragmentos. A relevância de entender o grau de proximidade entre os fragmentos também foi enfatizada por METZGER (1997), que destacou a conectividade como um aspecto essencial nas variações na riqueza de espécies arbóreas nos fragmentos.

A ecologia de paisagens, a conectividade é entendida como a antítese da fragmentação. Ela se refere ao fortalecimento das conexões entre os habitats, permitindo a movimentação e dispersão das espécies, essencial para a manutenção dos ecossistemas. Segundo RIBAS, GONTIJO E MOURA (2015), uma paisagem com baixa conectividade dificulta a mobilidade dos animais entre os fragmentos de habitats naturais, o que pode limitar processos ecológicos cruciais, como a dispersão de sementes e a interação entre predadores e presas. Esses fatores

são fundamentais para a estrutura e funcionamento dos ecossistemas, especialmente em ambientes fragmentados.

A relação entre o tamanho dos fragmentos, o grau de isolamento e suas características ecológicas, como a diversidade de espécies, é um ponto central na Teoria da Biogeografia de Ilhas, desenvolvida por MACARTHUR E WILSON (1967). De acordo com essa teoria, a fragmentação de habitats ou a grande distância entre os fragmentos pode dificultar o movimento de animais, o fluxo gênico e a manutenção de populações viáveis. Fragmentos menores ou mais isolados tendem a apresentar maior vulnerabilidade à extinção local das espécies, devido à limitação de recursos e à diminuição das interações biológicas.

Além disso, a configuração e o tamanho dos fragmentos influenciam diretamente o chamado efeito de borda, que descreve as alterações nas condições ambientais e ecológicas nas margens dos fragmentos florestais. Conforme descrito por PÉRICO et al. (2005), fragmentos menores ou com formato alongado apresentam um efeito de borda mais acentuado, já que a proporção entre a área central (núcleo) e a borda diminui. Esse efeito tem implicações significativas para a biodiversidade, pois as condições nas bordas, como maior exposição à luz e ao vento, diferem das encontradas no interior dos fragmentos, podendo alterar a composição de espécies e a funcionalidade dos ecossistemas.

No estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Pombo, a Distância Média do Vizinho Mais Próximo (MNN) foi de 0,84 m, ao medir a distância de borda a borda entre os fragmentos, indicando um nível médio de isolamento. Isso sugere que os fragmentos na área possuem algum grau de conectividade, mas ainda há uma disposição relativamente aleatória, com um z-score de -2. Valores de z-score mais próximos de -4 indicam agrupamento dos fragmentos, o que está associado a uma maior conectividade e qualidade ambiental superior. Em contraste, valores próximos a 0 indicam uma disposição aleatória, enquanto valores positivos indicam fragmentos dispersos e desconectados. Portanto, o z-score de -2 sugere uma qualidade ambiental intermediária, onde os fragmentos estão distribuídos de forma moderadamente agrupada.

A teoria da biogeografia de ilhas, aplicada aqui, mostra que a fragmentação e o isolamento afetam diretamente a movimentação de espécies, o que prejudica o fluxo gênico e a persistência de populações a longo prazo. No caso dos fragmentos de cerrado presentes na bacia hidrográfica, a distância média entre eles foi calculada em 3546,63 metros (tabela 05). Embora essa métrica não indique um isolamento extremo, ela revela que a fragmentação ainda é moderada, o que pode impactar a funcionalidade do ecossistema e a capacidade das espécies de interagir entre si.

Tabela 5- Análise vizinho mais próximo

Variável	Média
Distância média observada	3546.63 m
Distância média esperada	4187.87
Índice do vizinho mais próximo	0.84 m
Número de pontos/fragmentos	53
Escore-Z:	-2.13252614435

Fonte: QGIS 3.32

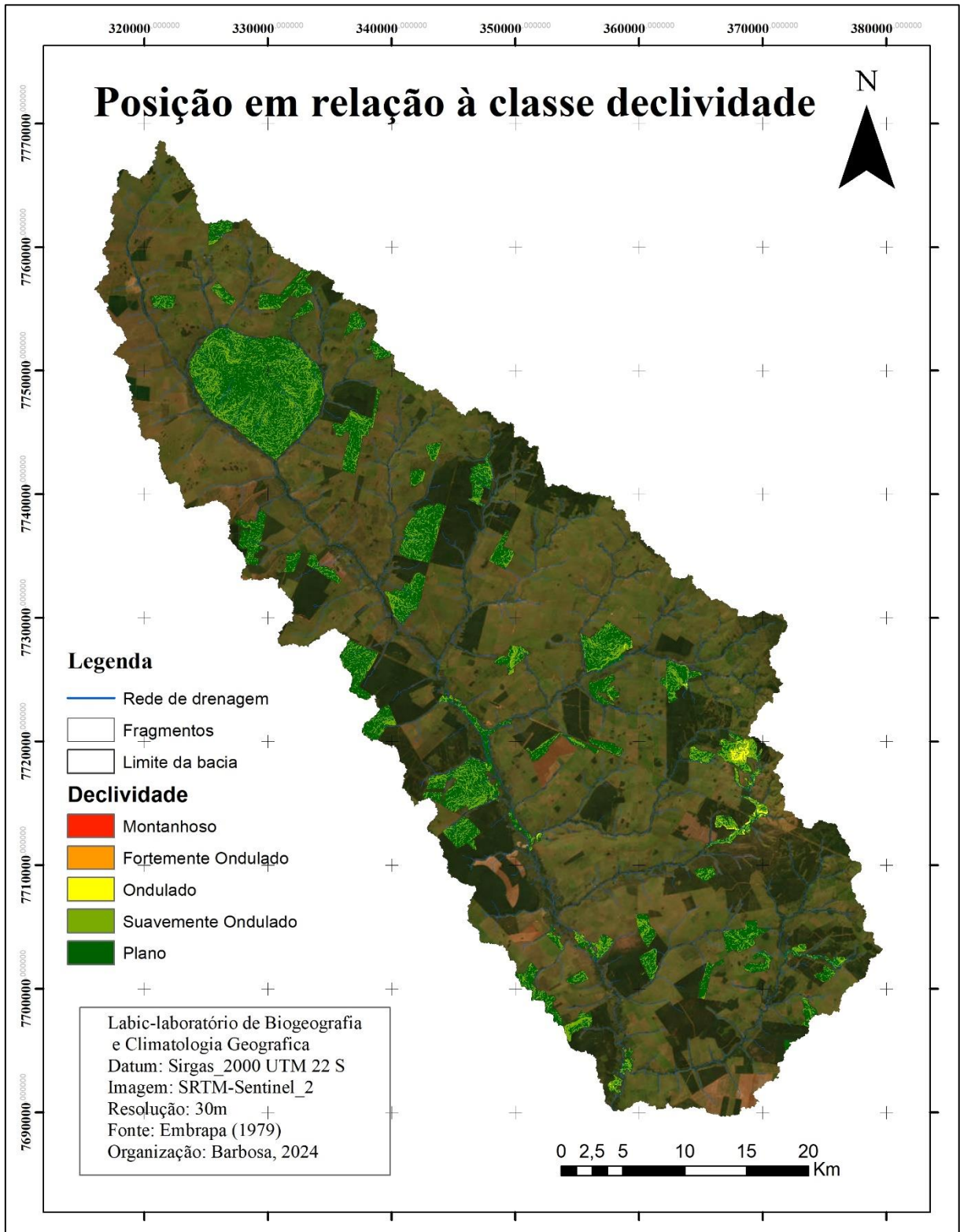
Esses dados mostram que a configuração dos fragmentos na Bacia Hidrográfica do Rio do Pombo está em uma situação intermediária em termos de conectividade e isolamento. Essa configuração influencia diretamente a qualidade ambiental da região e as interações ecológicas, sugerindo que, para a manutenção da biodiversidade e dos processos ecológicos, estratégias de conservação voltadas para aumentar a conectividade e reduzir a fragmentação são fundamentais.

5.4 Avaliação da qualidade ambiental dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio do Pombo

Os parâmetros morfológicos do relevo, tais como hipsometria e declividade, desempenham um papel fundamental em pesquisas de modelagem ambiental em bacias hidrográficas. Eles auxiliam, entre outras funções, na localização de zonas de dissecação e acúmulo de sedimentos, bem como na identificação de áreas suscetíveis à ocupação e que apresentam risco de erosão, deslizamentos e inundações.

A declividade do terreno da bacia, foi classificada como suavemente ondulado a plana de acordo com a classificação EMBRAPA (1979), que relaciona a inclinação do terreno com a forma do relevo, sendo possível a classificação dos fragmentos de acordo com a localização na área da bacia (Figura 22).

Figura 22- Posição em relação a classe declividade



Fonte: Embrapa (1979)

Vale salientar que a bacia do rio do Pombo está localizada numa região com relevo levemente acidentado, sendo assim os fragmentos que se localizam no alto curso da bacia, especificamente na margem esquerda, estão posicionados em área classificada como suave

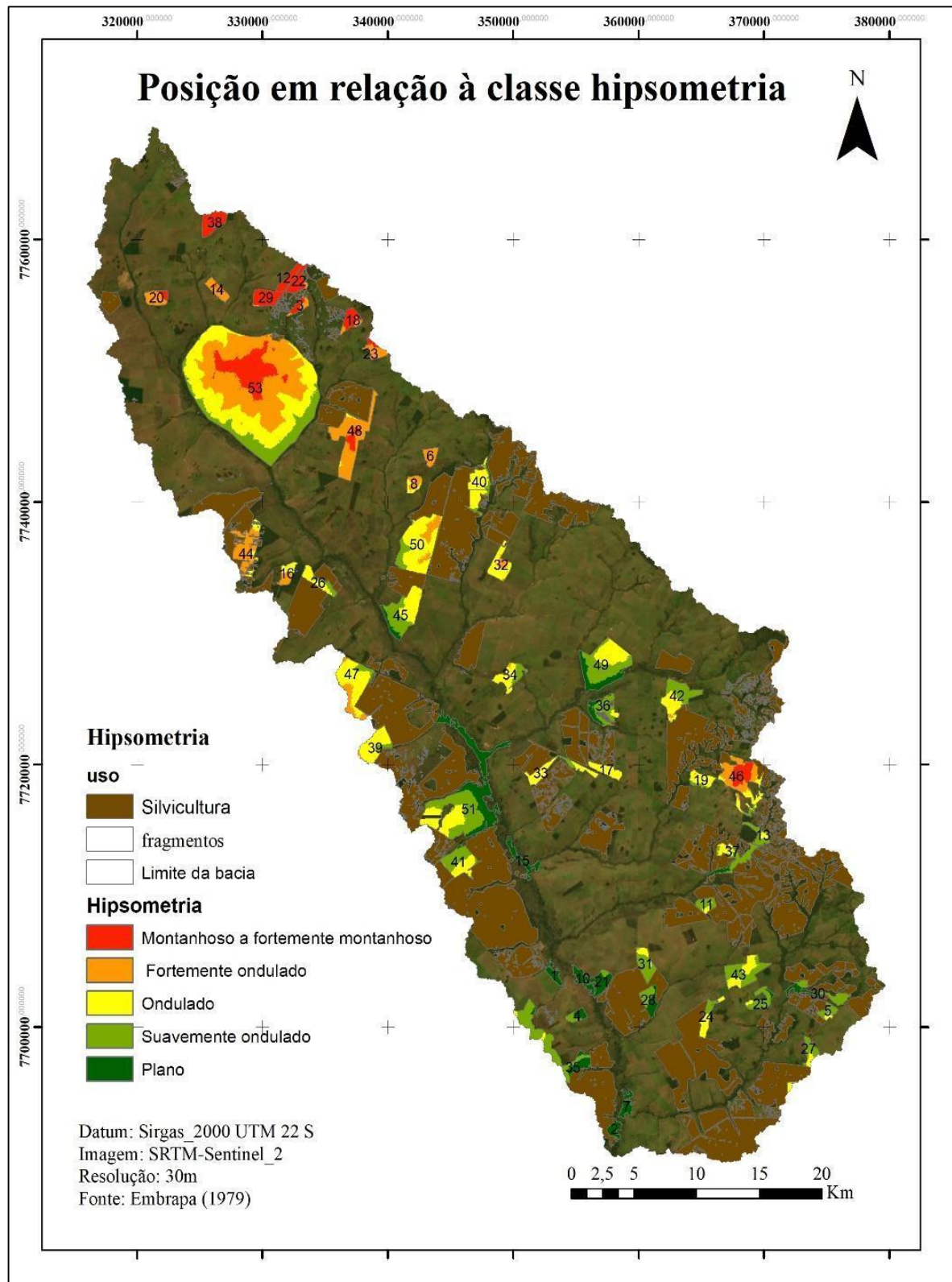
ondulado devido a topográfica da área, evidente principalmente no fragmento 53, resultando em maior intensidade no sistema de fluxo com vazão elevada, chegando até a formar cachoeiras ou seja a cachoeira do Pombo. No médio curso o fragmento 46, há um testemunho geológico denominado como serrinha, localizado no distrito de Garcias-MS.

Os fragmentos em relação a classe hipsométrica foram classificados de acordo com o conceito da EMBRAPA (1979), deste modo, os fragmentos, no alto curso da bacia posicionados em região classificada como ondulado e montanhoso, com exceção ao fragmento 53, que corresponde à área de preservação do PNMP, que abrange quatro das cinco classes analisadas, o centro do fragmento apresenta relevo de ondulado a montanhoso, enquanto as bordas apresentam relevo mais suave.

O fragmento 48, situado no alto curso da bacia, está localizado entre as rampas do rio verde e pardo, e o planalto do rio Paraná, próximo ao PNMP, se difere dos outros fragmentos devido à sua localização. Suas bordas são classificadas como onduladas, enquanto o centro apresenta um relevo fortemente ondulado e montanhoso.

Por outro lado, os fragmentos 45, 49, 51 no médio curso e 35 no baixo curso da bacia, estão posicionados em uma área da bacia onde o relevo é classificado como plano, suavemente ondulado, ondulado. (Figura 23)

Figura 23- Mapa de hipsometria dos fragmentos de Cerrado



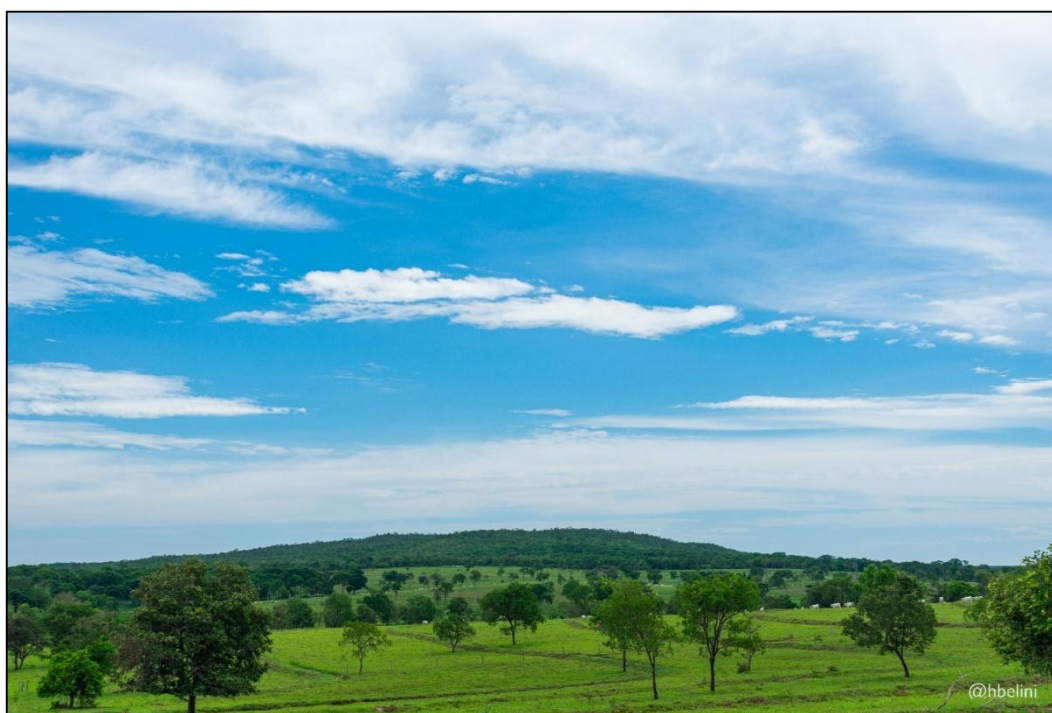
Fonte: EMBRAPA (1979)

Os fragmentos 38 e 12 no alto curso, foram classificados de montanhoso a fortemente montanhoso, já os fragmentos 20, 14, 29, 22, 3, 18, 23 receberam a classificação ondulado a

montanhoso, destes fragmentos devemos considerar o potencial erosivo de um relevo com essa característica.

O fragmento 46, localizado no baixo curso da bacia, possui características distintas. Na parte superior, ao norte, é classificado como ondulado a montanhoso, enquanto a parte inferior, ao sul, é descrita como ondulado a montanhoso. Esta área, conhecida como "Serrinha", representa um testemunho geológico no distrito de Garcias. (Figura 24)

Figura 24- Testemunho geológico "Serrinha"



Fonte: BELINI (2023)

A concentração de maior número de fragmentos com áreas reduzidas é no baixo, sendo explicado pelo relevo, que está entre suavemente ondulado e em boa parte plano, favorecendo assim a circulação de maquinários florestais, além da logística que favorece o escoamento da produção de eucalipto, e outros produtos por estarem mais próximos das rodovias.

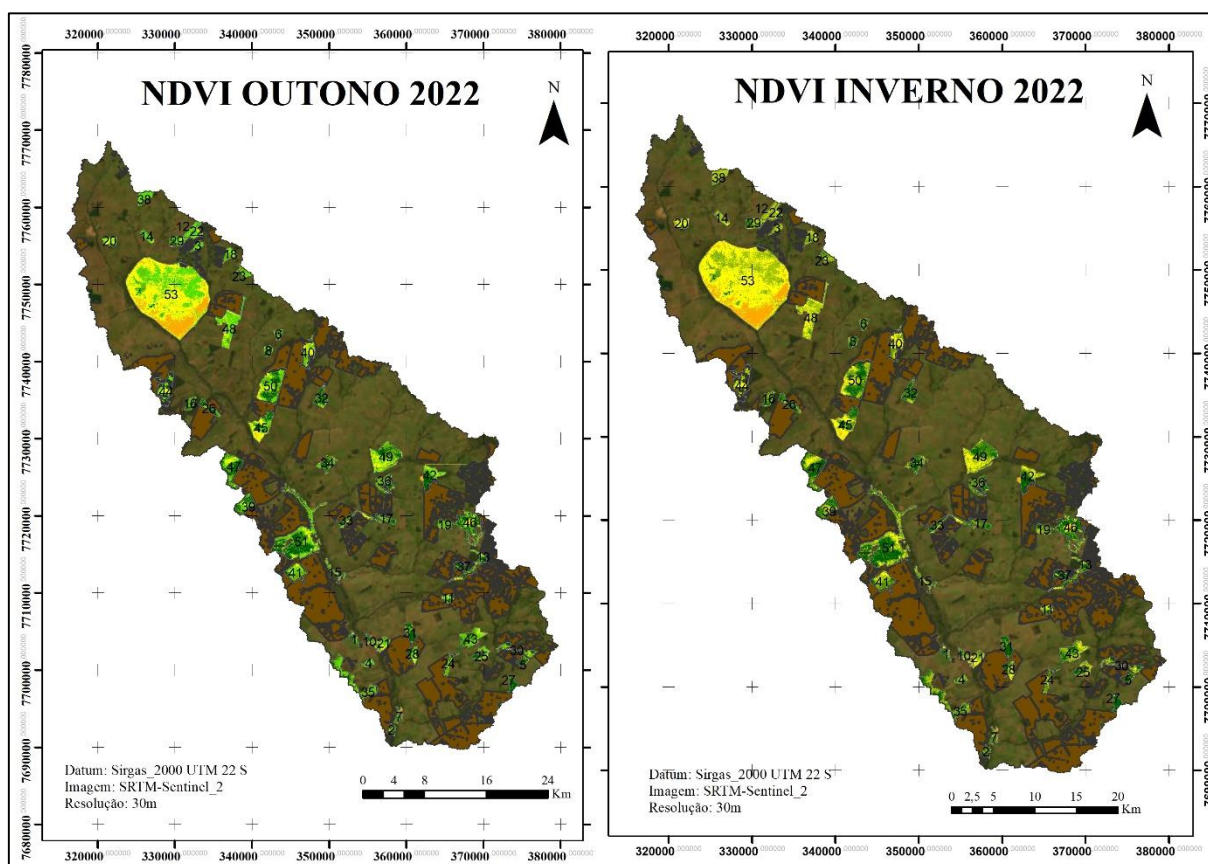
Além da posição do fragmento em relação as formas de relevo, a pesquisa também buscou analisar as condições da cobertura vegetal dos fragmentos florestais. Nesse sentido, o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) é uma das formas mais comuns de avaliar a vegetação, sua criação é atribuída a ROUSE et al. (1973) e envolve a utilização de dados provenientes das faixas vermelha e infravermelha próxima do espectro eletromagnético. As bandas espectrais são registros capturados por sensores em diferentes comprimentos de onda, recebendo nomes de acordo com a região do espectro em que se encontram (TÔSTO et al., 2014).

Observou-se que o índice médio do NDVI, na estação de outono, apresentou variações entre 0,4 e acima de 0,8. Esses números permitem identificar três características específicas da vegetação nos fragmentos da bacia: os valores situados entre 0,2 e 0,4 indicam alguma carência nas plantas no que se refere à produção fotossintética e ao vigor vegetativo; já aqueles que variam de 0,4 a 0,8 sugerem um estado moderadamente saudável, especialmente em áreas de cerrado e cerradão. Por outro lado, valores superiores a 0,8 refletem a sobreposição de características do Cerradão e de matas, que se distinguem por uma estrutura vertical mais complexa e uma quantidade de fitomassa superior quando comparadas ao Cerrado.

É fundamental destacar que o fragmento 53, sendo o de maior extensão, apresentou uma variação entre $>0,2$ e 06 metros, o que sugere uma escassez de biomassa vegetal devido às mudanças climáticas da estação, sendo assim a vegetação que ocorre nesta área são: Mata ciliar, Mata de Galeria, Cerrado sentido restrito, Cerradão, Campo Sujo, Campo Limpo.

Assim, à medida que esse valor diminui, a vegetação se torna mais esparsa, e quando se aproxima de -1, indica uma maior possibilidade de áreas de solo exposto, como podemos observar na figura 25, referente à estação de outono.

Figura 25- Média NDVI- Outono/ Inverno de 2022



Org.: Autoria própria (2024)

Nos trechos de baixo e médio curso, observou-se uma variação entre 0,4 e 0,8, evidenciando os efeitos de borda e um estado de conservação mais acentuado nas áreas centrais, nota-se uma sobreposição na vegetação de cerrado e cerradão, e alguns de Mata, onde se diferencie por porte arbóreo, e devido ao período de menor oferta hídrica a vegetação torna-se esparsa.

Vale destacar que essa situação se verifica em fragmentos de tamanhos médio e grande; ou seja, praticamente toda a distribuição espacial dos fragmentos na BHRP demonstra um estado fenológico favorável as questões climáticas, sendo assim no Cerrado são significativos, pois se referem à fitofisionomia do cerrado em sua concepção mais restrito.

O índice de biomassa é inferior nos fragmentos do alto curso, apresentando valores variáveis, sendo importante ressaltar que o fragmento 53, o maior em área, apresentou uma variação entre $>0,2$ e 06 , o que indica uma carência de biomassa vegetal em decorrência das alterações climáticas da estação e aos vários tipos de vegetação presentes neta área, cerrado (formações savânicas, campestres e cerradão), mata (florestas ciliares e de galeria), áreas úmidas (campo úmido e brejos) e aquática (ambiente aquático)(PLANO DE MANEJO PNMP, 2019).

Nos trechos de baixo e médio curso, observou-se uma variação entre 0,4 e 0,8, evidenciando os efeitos de borda e um estado de conservação mais acentuado nas áreas centrais, sendo assim podemos perceber de apesar desse fragmento ter muitas nascentes em seu interior é nítido, que ele sofre com a baixa oferta hídrica do período, além de ser uma área de preservação ambiental e ainda está em regeneração constante.

O restante dos fragmentos varia entre 0,4 a 0,8, apresentando menor atividade fotossintética da cobertura vegetal. Isso sugere que quanto mais próximos os fragmentos estão de áreas alteradas por pastagens ou cultivo, menor é o potencial de produção fotossintética, refletindo em plantas nativas menos saudáveis devido à exposição a atividades antrópicas.

Essas variações englobam diferentes categorias de cerrado, incluindo o cerrado ralo, o típico e o denso, que possuem diferentes densidades de vegetação e alturas das árvores. Isso significa que há uma heterogeneidade horizontal mais pronunciada.

Durante o período de inverno, os fragmentos de cerrado sofrem um déficit maior de biomassa vegetal, provocado por fatores climáticos característicos da estação, como temperaturas mais amenas, umidade do ar reduzida e chuvas em menor quantidade. Isso resulta em estresse hídrico e intensifica os efeitos de borda.

Nos fragmentos 53, os valores demonstram uma importância maior em comparação ao que foi observado no outono. A quantidade de biomassa vegetal, assim como a presença de vegetação rasteira, tende a diminuir, atingindo índices em torno de -1. Isso eleva a probabilidade de surgimento de áreas com solo exposto ou locais com vegetação mais baixa, com dossel mais aberto e espaçamento mais amplo, sem que isso implique, necessariamente, em desmatamento. Essa situação possibilita a avaliação da provável incidência de desmatamento nos fragmentos. Um estudo quantitativo da composição multitemporal deve ser realizado, resultando na elaboração de um mapa de cobertura do solo, fundamentado nos valores do NDVI.

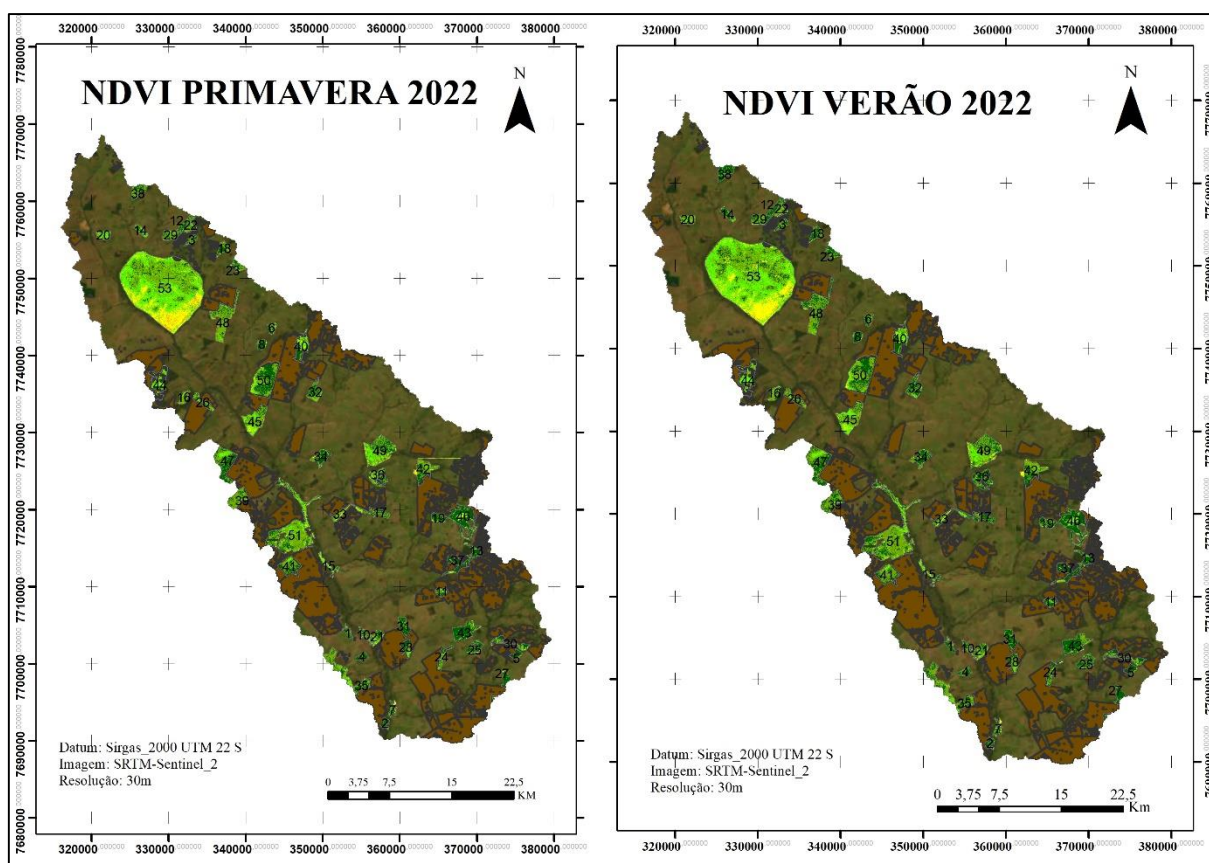
No fragmento 48, os valores variam entre 0,2 e 0,6, o que sugere uma vegetação rasteira em condições de deficiência, além de um cerrado com uma estrutura vertical mais complexa e tamanhos variados. Os demais fragmentos são classificados como cerrado, cerradão e mata, apresentando uma leve indicação de degradação em alguma forma.

Essa situação merece destaque, especialmente considerando que esses fragmentos têm uma área que ultrapassa 100 hectares. A saúde das plantas nos fragmentos florestais de cerrado parece estar comprometida, visto que estão localizados em regiões alteradas, particularmente nas proximidades de atividades agrícolas, como mostra a, ocupando uma porção relativamente pequena dentro da bacia.

Na primavera e no verão (Figura 26), a qualidade da biomassa vegetal costuma apresentar melhorias, já que as condições climáticas tendem a mudar, levando ao aumento da umidade do ar. Na primavera, o fragmento 53 obteve valores entre 0,2 e >0,8, com variações de 0,4 a 0,6, que sinaliza uma diferença significativa em comparação com o inverno, indicando um leve aumento na complexidade do habitat e um sinal de regeneração das fitofisionomias arbóreas. Nos outros fragmentos, as classificações variaram de 0,4 a >0,8, indicando uma qualidade ambiental bastante superior em relação à estação anterior, em decorrência das condições climáticas típicas dessa época.

Contudo, é fundamental ressaltar que, independentemente da extensão da área arborizada, estas podem apresentar variações em relação à qualidade da vegetação. Mesmo em partes reduzidas da região, é viável identificar uma vegetação de excelência, como nos estágios finais da sucessão ecológica, onde a floresta é densa e abriga uma ampla variedade de espécies vegetais.

Figura 26- Média NDVI - Primavera - Verão 2022



Org.: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Outra análise realizada foi relacionada ao índice de circularidade. Os cálculos efetuados produziram índices que foram categorizados conforme suas particularidades. Quando o índice ultrapassa 0,85 metros, é classificado como excelente, lembrando uma figura arredondada. No

intervalo entre 0,65 e 0,85, há uma inclinação moderada para a forma alongada, enquanto valores de 0,30 a 0,65 metros sinalizam fragmentos mais longos (NASCIMENTO et al., 2006; FENGLER et al., 2015; ETTO et al., 2013).

Entre os 53 fragmentos analisados, 09 são considerados moderadamente alongados com $IC\ 0,65\ m \leq IC < 0,85\ m$, 43 são alongados $IC < 0,65\ m$, e apenas o maior fragmento 53, PMNP, com uma área de 7639,66 há, possui $IC \geq 0,85\ m$, demonstrou grande semelhança com um círculo, sendo classificado como arredondado.

Dessa forma, esse fragmento se destaca pela sua excelente qualidade ambiental em relação ao seu tamanho e à sua forma circular (tabela 06).

Tabela 6- Formas (circularidade) dos fragmentos

Fragmento	Forma	Fragmento	Forma	Fragmento	Forma
3	Alongado	17	Alongado	1	Alongado
6	Moderadamente alongado	26	Alongado	2	Alongado
8	Moderadamente alongado	32	Alongado	4	Moderadamente alongado
12	Alongado	33	Alongado	5	Alongado
14	Alongado	34	Alongado	7	Alongado
16	Alongado	36	Alongado	9	Moderadamente alongado
18	Alongado	39	Moderadamente alongado	10	Alongado
20	Moderadamente alongado	40	Alongado	11	Moderadamente alongado
22	Alongado	42	Alongado	13	Alongado
23	Alongado	45	Alongado	15	Alongado
29	Moderadamente alongado	47	Alongado	19	Alongado
38	Alongado	49	Alongado	21	Alongado
44	Alongado	50	Moderadamente alongado	24	Alongado
48	Alongado	51	Alongado	25	Alongado
53	Arredondado			27	alongado
				28	Alongado
				30	Alongado
				31	Alongado
				35	Alongado
				37	Alongado
				43	Alongado
				46	Alongado
				52	Alongado

Alto curso
 Médio curso
 Baixo curso

Org.: Autoria própria (2024)

Os fragmentos estudados apresentaram um número significativos de fragmentos alongados, devido a fragmentação, apresentam efeitos de borda, portanto com peso um, com muita baixa qualidade ambiental de acordo com ETTO *et al.*, 2013; FENGLER et al., 2015.

A fragmentação, resultante dos efeitos de borda e barreira, pode levar à dificuldade de acesso a recursos e à segregação das populações (LAURANCE et al., 1997; 2008). Contudo, a extensão das consequências desses efeitos varia conforme as exigências ecológicas de cada espécie e a configuração do fragmento (CASTRO, 2008). Dentre esses fragmentos, apenas 9 obtiveram uma classificação de três em termos de qualidade ambiental moderada. Por outro lado, apenas um fragmento localizado na parte superior do curso apresentou um índice de

conectividade arredondado, refletindo assim a qualidade ambiental máxima devido ao seu formato e área, estando isento dos efeitos de borda.

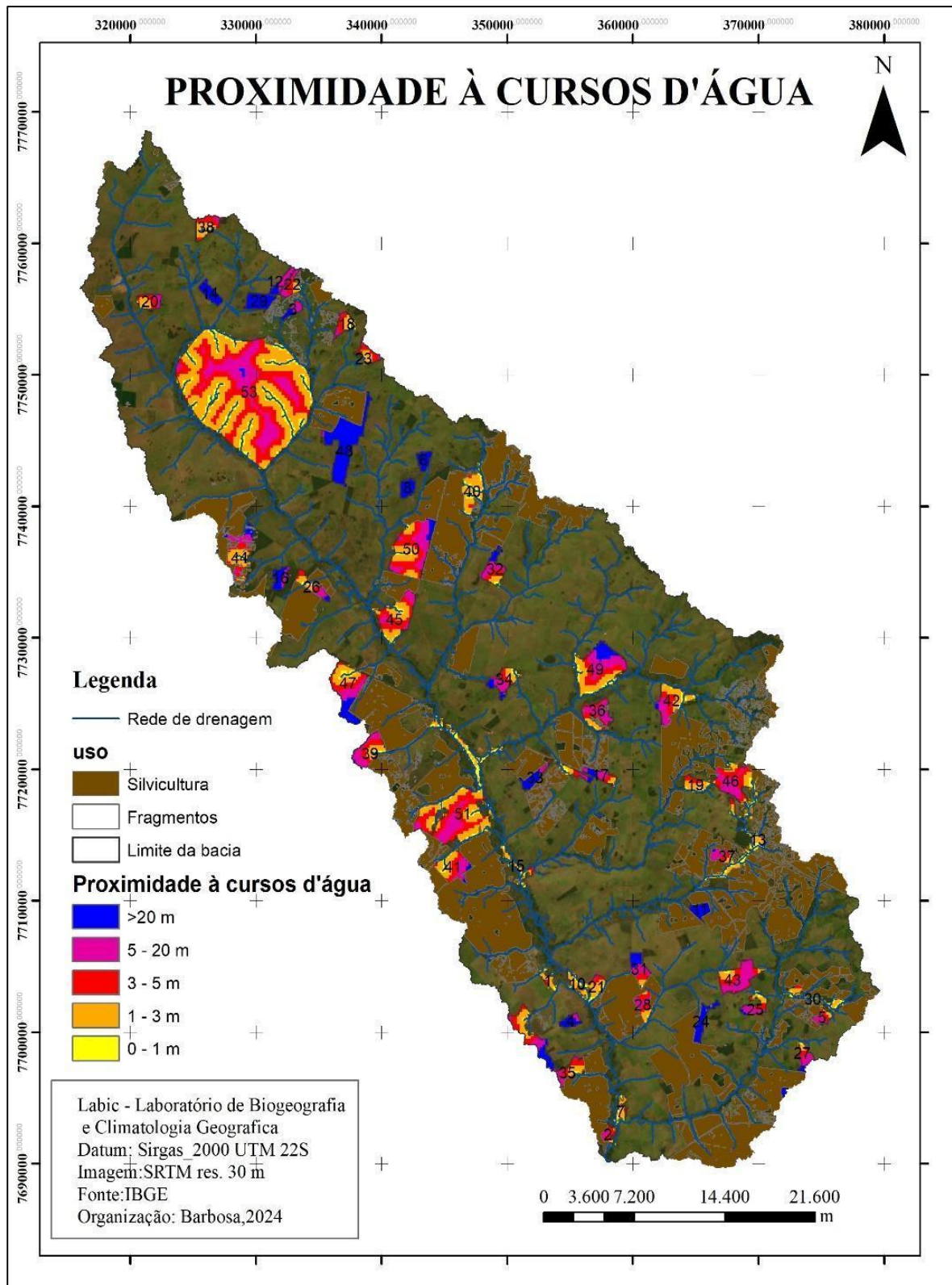
Dando sequência à análise dos resultados, é relevante destacar as reflexões de VANZELA et al. (2010), que afirmam que as regiões onde há intensas atividades humanas, como agricultura e áreas degradadas, tendem a exercer um efeito negativo significativo sobre a qualidade da água em bacias hidrográficas. A degradação do solo e o uso inadequado dos recursos naturais nessas áreas contribuem para o aumento da erosão, assoreamento e poluição dos corpos d'água, impactando diretamente a saúde dos ecossistemas aquáticos.

Adicionalmente, HUNSAKER et al. (1998) complementam essa visão ao observar que a qualidade da água em bacias hidrográficas é influenciada por uma série de fatores, como a geografia, clima, hidrologia, biologia, e, sobretudo, as práticas de uso do solo. A conversão de áreas naturais em terras agrícolas ou urbanas, por exemplo, altera o ciclo hidrológico e intensifica a carga de poluentes transportados para os rios e lagos. Dessa forma, a forma como o solo é manejado em torno dos corpos hídricos é determinante para a qualidade da água, especialmente nas áreas onde há nascentes (Figura 27).

Nesse contexto, a relação entre a localização dos fragmentos florestais e a proteção das nascentes assume um papel crucial na pesquisa. As áreas florestadas que cercam as nascentes desempenham funções ecológicas essenciais, atuando como zonas de recarga hídrica e como barreiras naturais contra a erosão e a entrada de poluentes nos cursos d'água. Fragmentos florestais bem preservados nas proximidades das nascentes protegem a integridade dessas áreas, mantendo a qualidade da água e garantindo um fluxo contínuo e limpo para o restante da bacia hidrográfica. Ao reduzir o impacto das atividades humanas, essas áreas também favorecem a manutenção da biodiversidade e a estabilidade ecológica.

A presença de vegetação nativa em torno das nascentes ajuda a regular o microclima, controlar o escoamento superficial e filtrar substâncias poluentes antes que cheguem aos cursos d'água. Além disso, esses fragmentos florestais funcionam como corredores ecológicos que facilitam a movimentação de espécies e a dispersão de sementes, o que contribui para a regeneração natural e a conectividade entre os diferentes ecossistemas da bacia.

Figura 27- Proximidade à Cursos d'água



Org.: Autoria própria (2024)

Assim, os fragmentos florestais localizados em torno das nascentes representam não apenas uma proteção física contra a degradação ambiental, mas também uma estratégia essencial para a gestão sustentável da bacia hidrográfica. A presença desses fragmentos, evidenciada nos resultados, demonstra seu potencial para melhorar a qualidade ambiental e garantir a conservação dos recursos hídricos a longo prazo. Portanto, o planejamento de conservação de bacias deve priorizar a proteção e restauração de áreas florestadas em torno das nascentes, dada sua importância para a qualidade da água e a estabilidade dos ecossistemas.

Assim, os fragmentos 09, 04, 11, 24 no baixo curso, 33 na região do médio curso da bacia hidrográfica, e os fragmentos 06, 08, 12, 14, 16, 29 e 48, no alto curso, possuem suas áreas com distâncias superiores a >20 metros dos cursos d'água, ou seja, muito longe, obtendo pior avaliação em termos de qualidade ambiental.

Por outro lado, os fragmentos 18, 20, 23, 38, 44 localizados na região do alto curso e os fragmentos 26, 45, 50, 51 no médio curso, receberam a classificação de 1 – 3 metros, indicando que suas áreas estão próximas a nascentes em alguma parte do fragmento, e, portanto, receberam valor quatro, o que sugere alta qualidade ambiental, enquanto no curso médio, nenhum fragmento obteve essa mesma classificação.

Os fragmentos 52, no baixo curso localizado próximo a foz do rio verde, nos limites da bacia obteve classificação de 1 – 20 metros, ou seja, recebeu uma classificação em termos de qualidade ambiental 3,5.

Os fragmentos localizados na região do médio curso 36, 39, 40, 42, 46 e os fragmentos 03 inseridos no alto curso e o fragmento 46 no baixo curso, suas áreas estão entre 5 e > 20 metros de distância de algum corpo d'água, portanto recebem valor 2,5, sendo assim de baixa a moderada qualidade ambiental.

Os fragmentos 2, 5, 21, 25, 27, 28, 31, 37, 43, localizados no baixo curso da bacia hidrográfica e os fragmentos 17, 34, 41, 47 e 49, no médio curso da bacia, foram categorizados entre 1 e >20 metros, refletindo uma qualidade que varia de muito baixa a alta, pois em algum ponto de suas extensões estão próximas as nascentes ou têm nascentes em suas divisas, o que resultou em diversas classificações.

Enquanto isso, os fragmentos 1, 7, 10, 13, 15, 19 e 35, no baixo curso da bacia foram avaliados com qualidade ambiental moderada a muito alta.

Por fim, apenas dois fragmentos, 22 e 32, no alto curso mantêm uma distância moderada, recebendo, portanto, o peso três de qualidade ambiental moderada.

O fragmento 53 (PNMP), localizado no alto curso, fragmento com maior área e o maior número de nascentes dentro de sua área, refere-se a uma área de preservação ambiental, onde

a área central do fragmento fora classificado como > 20 metros, no seu entorno ou seja nos limites do parque, classificação ficando entre 0 a 5 metros, distância moderada a presença de nascentes o que pode ser explicado pelas nascentes localizadas nas bordas do parque, onde só existe alguns quilômetros seco em seu entorno, o que favorece o trânsito da fauna.

De maneira geral o baixo curso apresentou 7 fragmentos com qualidade ambiental de moderada a muito alta, em razão do número de nascentes e da proximidade com cursos d'água. Além disso, outros 9 fragmentos foram classificados entre 1 e > 20 metros, indicando uma qualidade que oscila de muito baixa a alta, resultando em diferentes classificações, sendo assim o baixo curso necessita de cuidados em relação aos fragmentos de cerrado, pois é a maior área com a silvicultura implantada na área da bacia.

No alto curso, 7 fragmentos mostraram uma qualidade ambiental inferior, devido à distância em relação aos cursos d'água, ou seja, acima de >20 metros. Por outro lado, 6 fragmentos no alto curso foram classificados como próximos a nascentes ou cursos d'água, enquanto 1 fragmento teve uma distância considerada moderada.

Tanto na área de alto curso quanto do baixo curso da bacia hidrográfica do rio do Pombo, existem fragmentos que apresentam uma melhor qualidade ambiental em relação a presença de nascentes e corpos hídricos, necessitando de atenção à legislação vigente para proteção das APP's e conseqüentemente das nascentes.

A vegetação que se estende ao longo das margens dos rios desempenha um papel crucial na conservação dos ecossistemas aquáticos, pois auxilia na absorção de água pelo solo, promove a recarga do aquífero, garante a pureza da água e minimiza a erosão superficial provocada por partículas e sedimentos, evitando assim a poluição e o assoreamento dos cursos d'água. Conforme afirmam os autores, essas áreas arborizadas também proporcionam sombra, mantêm a temperatura da água em níveis adequados, protegem o solo da incidência direta da chuva, reduzem os processos de erosão e oferecem habitat e fonte de alimento para uma grande variedade de fauna (LIMA & ZAKIA, 2004).

Alguns autores como ATTANASIO et al. (2012); SILVEIRA & LUCIANO (2012), citam a importância em relação aos fragmentos florestais onde, garantir a preservação dos recursos hídricos não se resume apenas ao seu uso direto, mas também se relaciona com as atividades realizadas no entorno deste. Sendo assim, é essencial planejar o uso e ocupação do solo nas áreas ribeirinhas como uma estratégia para prevenir impactos negativos na bacia hidrográfica, que poderiam comprometer os serviços ambientais prestados por essas regiões. Além de proteger os recursos hídricos, a conexão estreita entre as matas ciliares e a criação de habitats para diversas espécies de flora e fauna destaca a importância de evitar a redução ou

fragmentação dessa vegetação, o que acarretaria em impactos ecológicos significativos na área estudada.

Ao analisar paisagens fragmentadas, é fundamental considerar as rodovias em relação à distância que elas têm dos fragmentos de habitat e à sua densidade na paisagem ou nas proximidades desses fragmentos (FREITAS; METZGER, 2007). Dados sobre a presença e a distância das rodovias podem ser extremamente valiosos para identificar áreas prioritárias para conservação e restauração ambiental (WILLIAMS et al., 2002; CABEZA, 2003; SOUSA et al., 2009).

A intensa exploração dos recursos naturais leva à fragmentação da paisagem, uma situação que se agrava pelo uso das rodovias e pela demanda de escoamento da produção. Nessa ótica foi estabelecido que a proximidade de um fragmento florestal a uma estrada resulta em maior pressão sobre ele, afetando sua qualidade ambiental. Para normalizar essa relação, as distâncias de 0 a 200 metros das vias de acesso.

Os fragmentos 03, 12, 14, 18, 20, 22, 23, 29, 38, localizados no alto curso da bacia, e o fragmento 02, localizado no baixo curso, possuem qualidade máxima pois estão com distância acima de >200 m das rodovias mais próxima. Além disso, com exceção do fragmento 02, os demais fragmentos florestais citados, estão próximos do Parque Natural Municipal do Pombo, especificamente entre nordeste e noroeste.

O fragmento 53, no alto curso, o qual se refere ao Parque Municipal Natural do Pombo, é uma unidade preservação ambiental, cuja qualidade ambiental em detrimento da proximidade com as rodovias principais está classificada entre máxima qualidade na sua porção norte, enquanto que na porção sul foi classificado com baixa qualidade e na parte central como média qualidade, devido sua localização geográfica, estando entre duas rodovias (estadual e federal) com alto tráfego de veículos pesados.

Os efeitos das rodovias são significativos e se tornam fatores de grande impacto devido à remoção da vegetação nativa e à modificação da paisagem (FORMAN; DEBLINGER, 2000). Assim, com as mudanças nas interações ecológicas, os impactos mais notáveis incluem a perda de habitats, fragmentação dos ecossistemas e a mortalidade de animais em decorrência de atropelamentos (FORMAN; ALEXANDER, 1998; CLEVINGER et al., 2003; COELHO et al., 2008; ROSA; BAGER, 2013). Portanto, é imprescindível implementar medidas efetivas para preservar os fragmentos naturais, especialmente nas áreas adjacentes às zonas de conservação.

Os fragmentos 48, 6, 8 localizados no alto curso da bacia e 32 no baixo curso, foram classificados com baixa qualidade, e os fragmentos com distância entre 40-80 metros da rodovia

próxima, sendo assim, o fragmento 44 no alto curso e os fragmentos 50,51,41, localizados no baixo curso da bacia hidrográfica, foram classificados com média a baixa qualidade.

Os fragmentos 26, 45, 47, 39, 33, 17, 36 inseridos no baixo curso e os fragmentos 19, 46, 13 e 37 localizados no médio curso estão classificados como tendo a pior qualidade ambiental devido à sua localização próxima à BR 262. Essas áreas estão sujeitas a uma perturbação significativa causada pelo intenso tráfego de caminhões e veículos na região.

Os fragmentos 34, 49 e 42, localizados no baixo curso da bacia têm qualidade entre pior e muito baixa. Já os fragmentos 43 e 15 no médio curso apresentam baixa qualidade ambiental.

Os fragmentos inseridos no médio curso da bacia 1, 05, 10, 21, 04, 28, 27 estão a uma distância de 40 a 80 metros, ou seja, possuem baixa qualidade ambiental, enquanto os fragmentos 31, 25 e 30 também localizados no médio curso têm qualidade entre muito baixa e baixa.

Os fragmentos 35 e 7 (1 – 40 metros) que estão localizados no médio curso estão classificados entre qualidade média e máxima, indicando que à medida que se afastam da rodovia BR - 262, a perturbação diminui e a qualidade ambiental aumenta, junto com a quantidade de fragmentos, ao mesmo tempo estão próximos da MS – 459 e vizinhos do eucalipto e muito próximos as estradas vicinais (Figura 28).

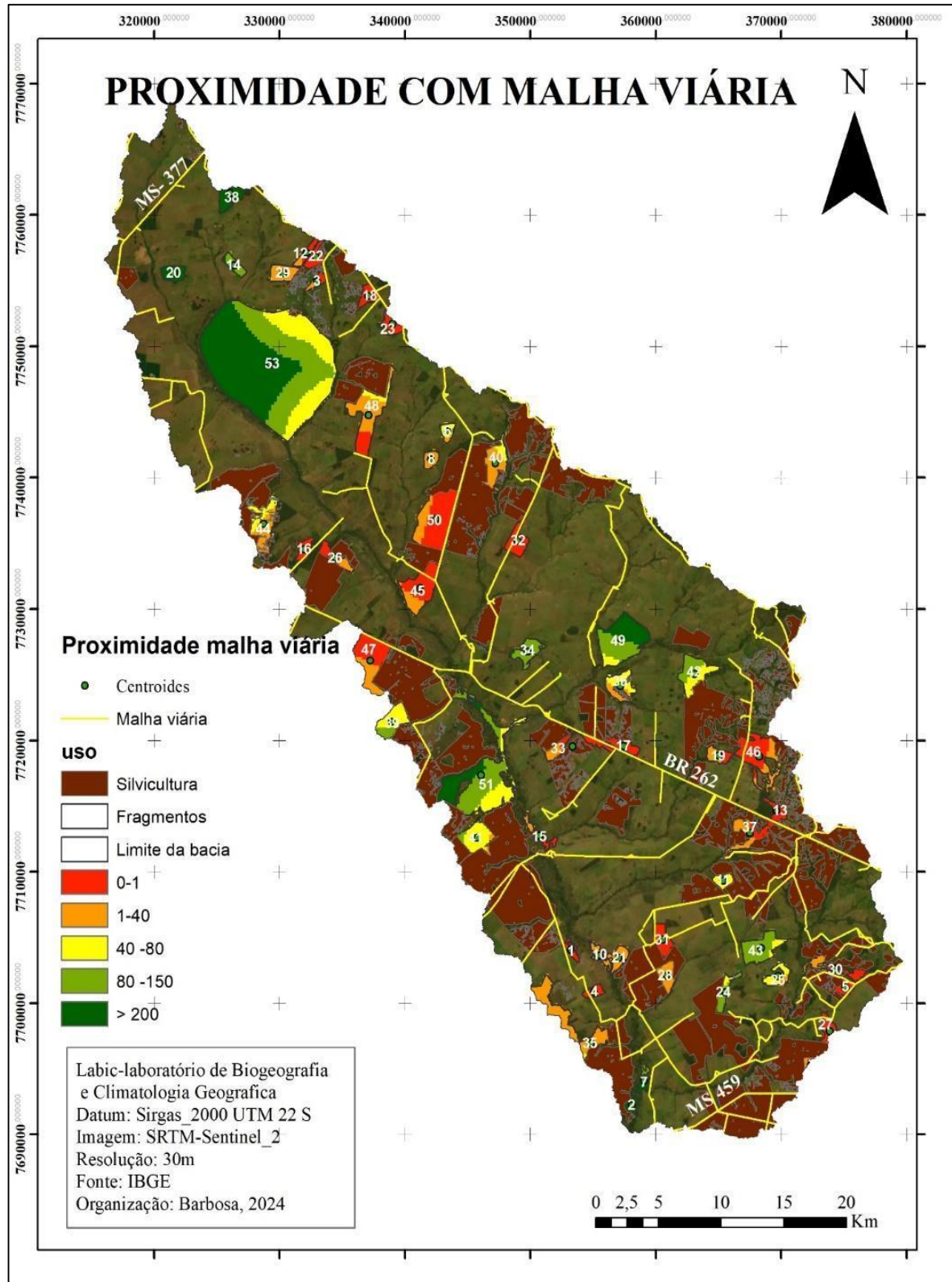
Esta situação permite a noção de que tais fragmentos com baixa qualidade apresentam uma considerável influência dos efeitos de borda causados pela abertura e construção de estradas, o que resulta na circulação de veículos de diferentes tamanhos. A vegetação nas proximidades das rodovias tem passado por alterações ao longo do tempo, com uma mudança no uso e na cobertura da terra levando ao aumento de áreas cultivadas com culturas temporárias, como a silvicultura.

Um efeito inevitável da fragmentação das florestas é a elevação significativa na quantidade total de bordas de habitat. Como resultado, as populações de animais e plantas que habitam esses fragmentos não apenas diminuem e se dividem, mas também ficam vulneráveis a alterações abióticas e bióticas relacionadas às bordas florestais (LAURANCE et al., 1997).

Portanto, é inegável que a fragmentação florestal acarreta um aumento significativo nas bordas totais do habitat. Desta forma, as populações animais e vegetais nos fragmentos não são apenas reduzidas e isoladas, mas também expostas às alterações abióticas e bióticas ligadas às bordas da floresta (LAURANCE et al., 1997). A proximidade das estradas leva à diminuição da cobertura florestal, gerando fragmentação e perda de habitat. Essa redução nas áreas próximas às estradas ocorre devido à facilidade de acesso que essas vias proporcionam, tornando a vegetação mais vulnerável aos efeitos de borda, à invasão de espécies exóticas e

criando ambientes mais propensos a incêndios (SALEHI, 2011); (WATKINS, 2003); (MORENO et al., 2011).

Figura 28- Proximidade com as principais Rodovias (PROXVIAS)



Org.: AUTORIA PRÓPRIA (2024)

Neste índice, observou-se que a proximidade de rodovias impacta diretamente a dinâmica ambiental da bacia hidrográfica, especialmente no trecho superior, onde a rodovia MS 377 está muito próxima a áreas de preservação ambiental. Essa proximidade gera diversos efeitos negativos, como desmatamento, poluição sonora e tráfego intenso, que afetam não apenas a qualidade dos habitats, mas também a mobilidade da fauna, essencial para a dispersão de espécies e a manutenção da conectividade ecológica. O deslocamento de animais é particularmente prejudicado, dado o aumento das barreiras físicas e dos riscos de atropelamento, além da perturbação causada pela presença humana.

No médio e baixo curso da bacia, a BR 262 atravessa extensões importantes do território. Essa rodovia é uma das principais vias de tráfego na região e facilita o acesso para a expansão de culturas temporárias ao longo de sua extensão, resultando em pressão sobre os fragmentos vegetais remanescentes. O tráfego intenso também contribui para a fragmentação da vegetação e o aumento dos efeitos de borda, o que altera tanto a estrutura quanto a funcionalidade da paisagem. Fragmentos vegetais ao longo dessas rodovias tendem a sofrer uma degradação mais acelerada, resultando na diminuição da biodiversidade e na substituição de ecossistemas naturais por áreas agrícolas ou monoculturas.

No baixo curso, a bacia é cortada pela MS 459, onde, diferentemente dos outros trechos, os fragmentos de cerrado estão praticamente ausentes. Em ambos os lados da rodovia predominam monoculturas, que substituíram a vegetação nativa. Esse cenário afeta profundamente a estrutura da paisagem, modificando as funções ecológicas e potencializando os efeitos de borda, que são agravados pela homogeneidade das monoculturas. O desaparecimento de fragmentos vegetais nessas áreas reduz a conectividade entre os habitats e compromete a diversidade de espécies, afetando processos ecológicos como a polinização e a dispersão de sementes.

O tráfego de veículos, tanto pequenos quanto de grande porte, associado ao escoamento da produção agrícola, é outro fator que intensifica os níveis de perturbação ambiental. O fluxo constante de veículos e a criação de estradas de terra para conectar propriedades agrícolas às rodovias facilitam o acesso a áreas remotas, aumentando a pressão sobre os recursos naturais. Essas estradas de terra servem como elos entre as propriedades rurais e as rodovias, contribuindo para o desmatamento e a degradação da vegetação nativa, especialmente em áreas anteriormente inacessíveis.

A diminuição da cobertura florestal nas proximidades das rodovias está diretamente associada às características econômicas da região, particularmente à expansão agropecuária. A infraestrutura viária reduz os custos de transporte e facilita o escoamento da produção agrícola,

mas, ao mesmo tempo, promove a expansão de áreas destinadas à silvicultura e outras culturas temporárias, resultando na remoção da vegetação nativa.

Estudos como o de BARNI et al. (2012) evidenciam a correlação significativa entre o desmatamento e a presença de estradas vicinais, que frequentemente antecedem a degradação ambiental. Essas estradas oferecem acesso mais fácil a áreas anteriormente isoladas, incentivando práticas que modificam o uso e ocupação do solo. CHOMITZ E GRAY (1996) reforçam essa visão, observando que a abertura de novas vias em áreas remotas é um dos principais fatores que impulsionam o desmatamento, promovendo a fragmentação de habitats naturais e o avanço de atividades agropecuárias.

Dessa forma, a análise evidencia que a presença de rodovias e estradas vicinais na bacia hidrográfica não apenas afeta a estrutura da paisagem, mas também intensifica a fragmentação florestal e os efeitos de borda, além de facilitar o acesso para atividades que contribuem para a degradação ambiental. Esses impactos exigem políticas de planejamento territorial que considerem tanto a conservação de áreas naturais quanto a mitigação dos efeitos negativos da infraestrutura viária sobre os ecossistemas.

Nesta análise abrangente do sistema viário, é evidente que os trechos próximos à BR 262, próximos do parque do Pombo e no baixo curso, apresentam qualidade ambiental muito baixa a péssima, devido à diminuição de áreas florestais nas regiões próximas às estradas. Observa-se o aumento de áreas plantadas, sobretudo ocupadas por silvicultura, ao longo das rodovias, uma vez que estas facilitam o escoamento da produção de eucaliptos.

As estradas vicinais sem pavimentação atuam como conexão fundamental para as principais rodovias, promovendo o transporte da produção e a mobilidade da comunidade local. Esse cenário leva à criação de várias estradas vicinais sem pavimentação, contribuindo para o aumento das áreas desmatadas e acentuando a fragmentação da cobertura florestal.

Existem poucos fragmentos que possuem qualidade ambiental entre média e máxima, sendo assim, o Parque do Pombo situa-se em uma faixa que vai de baixa a máxima qualidade, devido à sua proximidade com rodovias e estradas vicinais, ou seja, a porção leste do território desta unidade de conservação possui suas bordas mais pressionadas pela presença de estradas vicinais.

Com base em todos critérios analisados nesta pesquisa: Tamanho do remanescente (área); Índice de circularidade (CI); Distância do vizinho mais próximo (ENN); Proximidade à curso d'água; Proximidade com as principais rodovias (proxvias); Posição em relação à classe declividade; Posição em relação à classe hipsometria; média NDVI, buscou-se uma síntese da qualidade ambiental de cada fragmento florestal, conforme se observa na tabela 07:

Tabela 7- Síntese das métricas

FRAGMENTO	MÉDIA							Média
	A	B	C	D	E	F	G	
1	5	3,5	5	3	1	4,5	4,5	3,0
2	5	3,5	5	3	1	3,5	2,5	3,3
3	5	3,5	1,5	3	1	2,5	4,5	3
4	5	3,5	4,5	3	3	1	4,5	3,5
5	5	3,5	3,5	3	1	3,5	3,5	3,2
6	5	3,5	2	3	3	1	4	3
7	5	3,5	5	3	1	4,5	4,5	5
8	5	3,5	2,5	3	3	1	4	3
9	5	3,5	3,5	3	3	1	4	3
10	5	3,5	5	3	1	4,5	3,5	3,6
11	5	3,5	3,5	3	3	1	4	3
12	5	3,5	1	3	1	1	3,5	2,5
13	5	3,5	3,5	3	1	4,5	4	3,5
14	5	3,5	1,5	3	1	1	4	2,7
15	5	3,5	5	3	1	4,5	3,5	3,6
16	5	3,5	2,5	3	1	1	4	2,8
17	5	3,5	3	3	1	3,5	3,5	3,2
18	5	3,5	1,5	3	1	2,5	3,5	2,8
19	5	3,5	3,5	3	1	4,5	4,5	3,5
20	5	3,5	1,5	3	3	4	4	3,4
21	5	3,5	4,5	3	1	3,5	3,5	3,4
22	5	3,5	1,5	3	1	3	3,5	3,3
23	5	3,5	1,5	3	1	4	4,5	3,2
24	5	3,5	3,5	3	1	1	3,5	2,9
25	5	3,5	4,5	3	1	3,5	3,5	3,4
26	5	3,5	3,5	3	1	4	4,5	3,5
27	5	3,5	3,5	3	1	3,5	4,5	3,4
28	5	3,5	4,5	3	1	3,5	3,5	3,4
29	5	3,5	1,5	3	3	1	4	3
30	5	3,5	3,5	3	1	2,5	3,5	3,1
31	5	3,5	3,5	3	1	3,5	3,5	3,2
32	5	3,5	2,5	3	1	3	3,5	3
33	5	3,5	3,5	3	1	1	1	3
34	5	3,5	2,5	3	1	3,5	3,5	3,6
35	5	3,5	4,5	3	1	4,5	3,5	3,5
36	5	3,5	4,5	3	1	2,5	3,5	3,2

37	5	3,5	3,5	3	1	3,5	1,5	3
38	5	3,5	1	3	1	4	3,5	3
39	5	3,5	3,5	3	3	2,5	3,5	3,4
40	5	3,5	3,5	3	1	2,5	4,5	3,2
41	5	3,5	3,5	3	1	3,5	3,5	3,2
42	5	3,5	2,5	3	1	2,5	3,5	3
43	5	3,5	3,5	3	1	3,5	3,5	3,7
44	5	3,5	2,5	3	1	4	3,5	3,2
45	5	3,5	4,5	3	1	4	4,5	3,6
46	5	3,5	3,5	3	1	2,5	3,5	3,1
47	5	3,5	2,5	3	1	3,5	3,5	3,1
48	5	3,5	2,5	2,5	1	1	4,5	2,8
49	5	3,5	4,5	3	1	3,5	3,5	3,4
50	5	3,5	2,5	3	3	4	3,5	3,5
51	5	3,5	4,5	3	1	4	3,5	3,5
52	5	3,5	3,5	3	1	3,5	3,5	3,2
53	5	3,5	4,5	2,5	5	4,5	4,5	4,2

Cr terios: a) Tamanho do remanescente ( rea); b) Posi o em rela o   classe declividade; c) Posi o em rela o   classe hipsometria; d) M dia NDVI; e)  ndice de circularidade (CI); f) Proximidade   curso d' gua; g) Proximidade com as principais rodovias (proxvias)

A avalia o da qualidade ambiental na bacia do Rio do Pombo, baseada nas m tricas de paisagem, revela um cen rio predominantemente moderado. Entre os 53 remanescentes analisados, 46 apresentaram qualidade ambiental classificada como moderada, indicando um estado intermedi rio de conserva o.   importante destacar o Fragmento 7, localizado no baixo curso, que se destacou com uma classifica o de qualidade ambiental muito alta. O Parque Natural Municipal do Pombo (Fragmento 53), o maior remanescente da bacia, obteve uma classifica o alta (4), o que sugere uma condi o favor vel em compara o aos outros fragmentos.

No entanto, a identifica o de remanescentes com baixa qualidade ambiental, como os fragmentos 12, 14, 16, 18, 24 e 48, que est o situados em diferentes trechos da bacia, enfatiza a necessidade urgente de interven es de conserva o e recupera o. A an lise evidencia que, apesar da presen a de  reas com condi es ambientais favor veis, a maioria dos fragmentos enfrenta desafios que, se n o abordados, podem levar a uma degrada o ambiental progressiva.

Assim os resultados obtidos ressaltam a import ncia de um enfoque de gest o que n o dependa apenas da conectividade f sica entre os remanescentes, mas que tamb m aborde

diretamente os efeitos de borda e a fragmentação da paisagem. As áreas adjacentes ao uso intensivo do solo e às rodovias apresentam impactos significativos, prejudicando a integridade ecológica dos remanescentes.

Dessa maneira a bacia hidrográfica do Rio Pombo enfrenta desafios significativos em termos de qualidade ambiental, caracterizada por uma predominância de remanescentes com condições intermediárias de conservação. Embora existam áreas com qualidade favorável, a maioria dos fragmentos demanda ações de gestão adequadas para evitar a degradação ambiental contínua. A implementação de estratégias focadas na restauração, melhoria da conectividade, monitoramento sistemático e conscientização da comunidade local é essencial para garantir a sustentabilidade dos ecossistemas da bacia e a proteção de sua biodiversidade. O sucesso dessas iniciativas dependerá de um compromisso contínuo e da colaboração entre órgãos governamentais, organizações não governamentais e a população local.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem metodológica revelou-se eficaz ao determinar os parâmetros aplicados e coletar dados da bacia, sendo assim a análise da qualidade ambiental na bacia do Rio Pombo revelou um cenário predominantemente moderado, com 46 dos 53 fragmentos florestais avaliados apresentando qualidade ambiental nessa faixa. Os fragmentos que se destacam, como o Fragmento 7 e o Parque Natural Municipal do Pombo, indicam que há áreas com potencial significativo para a conservação e recuperação ecológica. No entanto, a presença de fragmentos com baixa qualidade ambiental e o impacto da fragmentação e do efeito de borda são preocupações que não podem ser negligenciadas, algumas sugestões para a gestão ambiental dessa bacia

1. Implementação de Corredores Ecológicos
2. Restauração de Áreas Degradadas
3. Monitoramento Contínuo
4. Educação e Conscientização
5. Planejamento do Uso do Solo
6. Integração de Políticas Públicas

A bacia do Rio Pombo possui um potencial significativo para a conservação e recuperação ambiental. A implementação de ações de gestão adequadas e integradas é crucial para enfrentar os desafios da fragmentação e degradação, garantindo a manutenção da biodiversidade e a qualidade ambiental a longo prazo. Um esforço conjunto de restauração, educação, monitoramento e planejamento do uso do solo será fundamental para promover a sustentabilidade ecológica da bacia.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. *Revista Do Serviço Público*, v. 40, n. 4, p. 41-56, 1983.

ABRAF. Anuário Estatístico da ABRAF 2012 apresenta os resultados do setor de florestas plantadas no ano de 2011. Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas, Brasília / DF, 2012

ADÂMOLI, J. O Pantanal e suas relações fitogeográficas com os Cerrados: discussão sobre o conceito de "Complexo do Pantanal". In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 32., 1981, Teresina, PI. Anais. Teresina: Sociedade Botânica do Brasil, 1982. p.109-119

ALCÂNTARA, Enner Herenio; AMORIM, A. de J. Análise morfométrica de uma bacia hidrográfica costeira: um estudo de caso. *Caminhos de Geografia*, v. 7, n. 14, p. 70-77, 2005.

ALLEM, A.c.; VALLS, F.M. Recursos forrageiros nativos do Pantanal Mato-Grossense. Brasília, EMBRAPA-CENARGEN, 1987. 339p. (EMBRAPA-CENARGEN. Documentos, 8).
ALMEIDA, S. P. et al. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008., 2008.

AMORIM, A. T.; SOUSA, J. A. P.; LOURENÇO, R. W. Indicador dos estágios de sucessão de fragmentos florestais do bioma Mata Atlântica. *Rev. Bras. Cartogr.*, vol. 71, n. 3, pp. 756 – 780, 2019. <https://doi.org/10.14393/rbcv71n3-48546>

ANDREOZZI, S. L. Planejamento e Gestão de Bacias Hidrográficas: **uma abordagem pelos caminhos da sustentabilidade sistêmica: Tese (Doutorado)** - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas: Rio Claro, 2005.

ASEVEDO, T. R. A. de. (2015). NO OLHO DO FURACÃO, NA ILHA DA FANTASIA: PRECARIZAÇÃO E RESISTÊNCIA DOS TRABALHADORES NA TERRITORIALIZAÇÃO DO COMPLEXO CELULOSE/PAPEL NO MATO GROSSO DO SUL. *PEGADA - A Revista Da Geografia Do Trabalho*, 15(2). <https://doi.org/10.33026/peg.v15i2.3072>

ATTANASIO, C. M.; GANDOLFI, S.; ZAKIA, M. J. B.; VENIZIANI- JÚNIOR, C. T.; LIMA, W. P. A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias hidrográficas. *Bragantia*. v. 71. n. 4. p.493-501, 2012.

BERTRAND, G. (1966): "Pour une etude geographique de la yegetation". *RG.P.S-o*, t. XXXVII, TOULOUSE, pags. 129-145.

BOELEN, R. et al. Hydrosocial territories: a political ecology perspective. *Water International*, v.41, n.1, p.1-14, 2016

BORGES, L. F. R., SCOLFORO, J. P., OLIVEIRA, A. D., MELLO, J. D, ACERBI JUNIOR, F. W.; FREITAS, G. D. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. *Cerne*, 10(1): 22-38, 2004. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=744/74410103>

BORSATO, F. H.; MARTONI, A. M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. *Acta 52 Scientiarum. Human and Social Sciences*, Maringá, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.

BRASIL, MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, II PND-II Plano Nacional de Desenvolvimento (1975 – 1979). Brasília (DF): Diário Oficial, 06.12.1974

BRASIL. Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal, e dá outras providências. Diário Oficial da União: República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 9 jan. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm. Acesso em: 17/07/2023.

BRAUN BLANQUET, I. Fitosociologia: bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: Blume, 1979.

CABEZA, M. Habitat loss and connectivity of reserve networks in probability approaches to reserve design. *Ecology Letters*, Montpellier, v. 6, p. 665-672, 2003

CAMACHO, Rodrigo Simão. A insustentabilidade social e ambiental do agronegócio: a territorialização do complexo celulose-papel na região leste de Mato Grosso do Sul. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 5, n. 6, 2012.

CÂMARA, G. et al. Análise da Qualidade Ambiental de Remanescentes Florestais por meio de métricas de paisagem: Um estudo no município de Campinas/SP. Campinas: PUC-Campinas, 2011. Disponível em: <http://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/xmlui/handle/123456789/15149>. Acesso em: 23 set. 2024.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V. Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. *Revista Árvore*, v.30, n.2, p.241-248, 2006

CARNUS, J. M et al. Planted Forests and Biodiversity. *Journal of Forestry*. March 2006, p. 65-77, 2006.

CARVALHO, J. M. D. et al. Conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Cabaçal - MT, Brasil. In: 5º GEOPANTANAL. 2014. **Anais do 5º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Campo Grande, 22 a 26 novembro 2014. p 166 -176.

CERQUEIRA, R.; Brant, A.; Nascimento, M. T.; Pardini, R. Fragmentação: alguns conceitos. In: Rambaldi, D. M.; Oliveira, D. A. S. (Orgs.). *Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a bio-diversidade e recomendações de políticas públicas*. Brasília, DF: MMA, 2003. p. 23-40

COELHO, I. P.; KINDEL, A.; COELHO, A. V. P. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research*, Berlin, v. 54, p. 689-699, 2008.

CHAVES, H. M. L.; SANTOS, L. B. DOS. Ocupação do solo, fragmentação da paisagem e qualidade da água em uma pequena bacia hidrográfica. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.13, p.922-930, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662009000700015>

CHOMITZ, K. M.; GRAY, D. A. Roads, land use, and deforestation: a spatial model applied to Belize. **The World Bank Economic Review** 10 (3): 487-512.

1996.

Christofoletti, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. *Notícia Geomorfológica*, n. 18, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CLEVENGER, A. P.; CHRUSZCZ, B.; GUNSON, K. E. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, Boston, v. 109, p. 15-26, 2003.

.DAVIDSON, J. "Setting aside the idea that eucalyptus are always bad". UNDP/ FAO project Bangladesh BGD/79/017, 1985 (Working Paper, 10).

DA SILVA, M. H. S.; ZANON, L. F.; LUIZ, L. F.; CARREGA, M. A. L. T.; EUGÊNIO, T. N. DE O. B. Análise dos aspectos biogeográficos da área de proteção ambiental do JUPIÁ EM TRÊS LAGOAS, MS. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas**, n. 27, p. 120-147, 11

DA SILVA, FERNANDO ANTÔNIO MACENA ET AL. Clima do bioma Cerrado. **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas**. ALBUQUERQUE, ACS, p. 93-148, 2008.

DA SILVA, JOAO CARLOS FRANCA. Distribuição espacial e temporal da leishmaniose visceral canina em relação a densidade vetorial e ao controle de cães infectados em Porteirinha-MG (1998-2002). 2003.

DE ALMEIDA, S. P. ET AL. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008., 2008.

DUBOS-RAOUL, M., & ALMEIDA, R. A. de. (2022). A chegada do eucalipto no município de Três Lagoas (MS) na percepção dos moradores das comunidades rurais de Arapuá e Garcias: entre a sujeição e a resistência territorial / The arrival of eucalyptus in the municipality of Três Lagoas (MS) in the perception of the residents of the rural communities of Arapuá and Garcias: between subjection and territorial resistance / L'arrivée de l'eucalyptus dans la commune de Três Lagoas (MS) par la perception des habitants des communautés rurales d'Arapua et de Garcias : entre assujettissement et résistance territoriale. *REVISTA NERA*, 25(64). <https://doi.org/10.47946/rnera.v25i64.8625>

ELDORADO BRASIL. Relatório de Sustentabilidade 2019. de 2019b.. Disponível em <http://eldoradobrasil.com.br/img/relatório-de-sustentabilidade-2019.pdf>. Acesso em maio,2023.

ELDORADO BRASIL. Site Institucional. Disponível em <http://eldoradobrasil.com.br/img/Institucional>. Acesso em maio,2023.

EITEN, G. An outline of the vegetation of South America. In: SYMPOSIA OF THE CONGRESS OF THE INTERNATIONAL PRIMATOLOGICAL SOCIETY, 5., 1974, Nagoya, Japan. Proceedings. Tokio: Japan Science Press, 1974. p.529-545

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10. Reunião

Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

FAHRIG, L. Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 34, n. 1, p. 487–515, 2003.
<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>

FELIPPE, Bruno Moreira et al. Análises diretivas para o processo de gestão da arborização de calçadas em São Pedro do Sul, RS. **Ciência Florestal**, v. 32, p. 2035-2056, 2023.

FERNANDES, M.; FERNANDES, R. D. M. Análise Espacial da Fragmentação Florestal da Bacia do Rio Ubá - RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1429–1439, 2017.
<http://dx.doi.org/10.5902/1980509830330>

FERNANDES, André Luís Valverde. A expansão da silvicultura de eucalipto e a consolidação do complexo celulósico-papeleiro no nordeste sul-mato-grossense (1988-2018). 2020.

FEARNSIDE, P. M. Consequências do desmatamento da Amazônia. **Scientific American Brasil Especial Biodiversidade**, pp. 54-59. 2010.

FONSECA, Pedro Cezar Dutra; & MONTEIRO, Sergio Marley Modesto. “O Estado e suas razões: o II PND”. *Revista de Economia Política*, vol. 28, nº 1 (109), p. 28-46, janeiro-março/2008.

FIBRIA. Estudo de Impacto Ambiental (EIA)/Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Expansão da Unidade Industrial; Fibria Celulose S/A. Unidade Três Lagoas-MS. São Paulo; Poyry Tecnologia Ltda. 2011. N° Referência 20555.10-1000-M1500.

FREITAS, EDUARDO P. ET AL. Environmental indicators for areas of permanent preservation. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, p. 443-449, 2013.

FREITAS, S. R; METZGER, J. P. Relação entre a densidade e a conectividade das estradas, e o relevo em uma paisagem fragmentada da Mata Atlântica (Planalto de Ibiúna, SP). In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XIII, 2007, Florianópolis. Resumos...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 2659-2661

FORMAN, R. T. T.; DEBLINGER, R. D. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. *Conservation Biology*, San Francisco, v. 14, p. 36-46, 2000

FORMAN, R. T.; ALEXANDER, L. E. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, Palo Alto, v. 29, p. 207-231, 1998.

<https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/10217> acesso 12/06/2023

HANSKI, I.; GILPIN, M. E. *Metapopulation Biology: Ecology, Genetics and Evolution*. **Academic Press**, San Diego, CA, 1997.

HORTON, R. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *New York: Geological Society of American Bulletin*, 1945. v.56. p. 807-813.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Banco de Dados Geomorfológicos do Brasil. Topodata. s.d. Disponível <http://www.dsr.inpe.br/topodata/dados.php>>. Acesso em: 18 de abr. 2023.

_____<https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/cnrh>. Disponível: Acesso em: 15/05/2023.

_____<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/fortalecimento-dos-entes-do-singreh/comites-de-bacia-hidrografica> Disponível: Acesso: 15/05/2023.

_____<https://www.eosconsultores.com.br/qual-o-papel-da-agencia-nacional-de-aguas>. Disponível: Acesso: 15/05/2023.

https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/vectoranalysis.html#qgis_nearestneighbouranalysis acesso em 15/07/2024

IBAMA,2009. Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite – PMDBBS. Disponível em: <http://siscom.ibama.gov.br/monitora_biomass>. Acesso em: 22/05/2023.

ICMBIO. **Cerrado**. 2020. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomass-brasileiros/cerrado>>. Acesso em 05. Maio.2023.

KUDLAVICZ, MIECESLAU. Dinâmica agrária e a territorialização do complexo celulose/papel na microrregião de Três Lagoas/MS. 2011.

LANZA, D. A.; POTT, A.; SILVA, J. S. V. **Vegetação e uso da Terra na Unidade de Planejamento e Gerenciamento Rio Verde, Mato Grosso do Sul**. Revista GeoPantanal • UFMS/AGB • Corumbá/MS • N. 16 • 251-262 • jan./jun. 2014.

LELIS, L.R.M.; PINTO, A.L.; SILVA, P.V.; PIROLI, E.L.; MEDEIROS, R.B.; GOMES, W.M.; **Qualidade das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, Bonito – MS**; Revista Formação, n.22, volume 2, 2015, p. 279-302

LIMA, J. E. F. F.; SILVA, E. M.; Estimativa de produção hídrica *superficial* do cerrado brasileiro, p. 63, 64, Planaltina, DF

LIMA, JORGE ENOCH FURQUIM WERNECK; SILVA, EUZEBIO MEDRADO DA. **Análise da situação dos recursos hídricos do Cerrado com base na importância econômica e socioambiental de suas águas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

LIMA, W. DE P. *O papel hidrológico da floresta na proteção dos recursos hídricos*. CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 5, 1986, Olinda PB. In: Silvicultura, p.59-62. 1986

Longo, R. M., Silva, A. L. da., Carvalho, M. M., & Ribeiro, A. Í. (2024). Métricas da paisagem e qualidade ambiental nos remanescentes florestais do Ribeirão Quilombo em Campinas/SP. *Ciência Florestal*, 34(1), e71899. <https://doi.org/10.5902/1980509871899>

LOURENÇO, R. W.; SILVA, D. C. C.; SALES, J. C. A..Development of a methodology for evaluation of the remaining forest fragments as a management tool and environmental planning. *Ambiência*, v.10, n.3, p.685-698, 2014.

LOPES, A. S. 1984. Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo. (2ª ed). Piracicaba: Potafos. 162p.

MACARTHUR, R.H.; WILSON, E.O. The theory of island biogeography. Princeton: Princeton University Press, 1967. 203 p.

MACEDO GAMARRA, ROBERTO ET AL. uso do ndvi na análise da estrutura da vegetação e efetividade da proteção de unidade de conservação no cerrado. *raega - o espaço geográfico em análise*, [s.l.], v. 37, p. 307 - 332, ago. 2016. issn 2177-2738. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/42454/29047>>. Acesso em: 31 jul. 2024. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/raega.v37i0.42454>.

MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Indicadores ambientais e recursos hídricos: Realidade e perspectiva para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. 686p.

MASSOLI, J. V.; STATELLA, T.; SANTOS, V. S. Estimativa da fragmentação florestal na microbacia Sepotubinha, Nova Marilândia - MT, entre os anos de 1990 a 2014. *Caminhos de Geografia*, v. 17, n. 60, p. 48–60, 2016. <https://doi.org/10.14393/RCG176004>

MEDEIROS, RAFAEL BRUGNOLLI. Procedimentos metodológicos para análise da vulnerabilidade ambiental em bacias hidrográficas com um estudo de caso da bacia hidrográfica do córrego Moeda, Três Lagoas/MS em 2014. 2016

MENEZES, J. P. C.; BITTENCOURT, R. P.; FARIAS, M. S.; BELLO, I. P.; FIA, R.; OLIVEIRA, R. F.C. 2016. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 21: 519-534. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522016145405>.

MELLO, N. A. DE. (2017). Gestão em Bacias Hidrográficas urbanas para superação de comprometimento ambiental. *Boletim Paulista De Geografia*, (76), 23–66. Recuperado de <https://publicacoes.agb.org.br/boletim-paulista/article/view/844>

MELLO N. A. de. Gestão em Bacias Hidrográficas Urbanas para Superação de Comprometimento Ambiental. In: *Boletim Paulista de Geografia*. N. 76. São Paulo. Dezembro/1999. P. 23-66.

MORENO, J. M.; VIEDMA, O.; ZAVALA, G.; LUNA, B. Landscape variables influencing forest fires in central Spain. *International Journal of Wildland Fire*, 20, 678–689. 2011.

MONDAL, P.; SOUTHWORTH, J. Evaluation of conservation interventions using a cellular automata-Markov model. *Forest Ecology and Management*, v.260, p.1716-1725, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2010.08.017>

NARDINI, D.D.; ROBAINA, L.E.S. Mapeamento de unidades do relevo no do RS:o caso da bacia hidrográfica do arroio Miracatu.XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2005 Anais...p. 3576-3588.Disponível em <www, ufsm.br>. Acesso em:25 fev.2009

NASCIMENTO, DIEGO TARLEY FERREIRA; NOVAIS, GIULIANO TOSTES. Clima do Cerrado: dinâmica atmosférica e características, variabilidades e tipologias climáticas. **Eliséé**, v. 9, n. 2, p. e922021, 2020.

NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G. Bacias Hidrográficas, Planejamento e Gerenciamento. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros-Seção Três Lagoas**. nº 7, ano 5. ISSN 1808-2653, maio de 2008.

NEWMAN, M. E.; MACLAREN, K. P.; WILSON, B. S. Assessing deforestation and fragmentation in a tropical moist forest over 68 years; the impact of roads and legal protection in the Cockpit Country, Jamaica. *Forest Ecology and Management*, v.315, p.138-152, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2013.12.033>

OLIVEIRA, M. F.; MATTOS, P. P. DE; GARRASTAZU, M. C.; BRAZ, E. M.; FIGUEIREDO FILHO, A.; ROSOT, N. C. Análise da estrutura horizontal por densidade de Kernel como subsídio ao manejo florestal na Amazônia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 41, 2021. DOI: 10.4336/2021.pfb.41e202002098. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/2098>. Acesso em: 13 ago. 2023.

PASSOS, M.M. **Biogeografia e Paisagem**. 2ª ed. Maringá – PR, 2003.

PEREIRA, L. A. D., & SOUZA, C. M. (2018). "Análise da Dinâmica de Uso e Ocupação do Solo em Bacias Hidrográficas". *Geografia: Ensino e Pesquisa*.

PÉRICO, E.; CEMIN, G.; LIMA, D.F.B.; REMPEL, C. Efeitos da fragmentação de habitats sobre comunidades animais: utilização de sistemas de informação geográfica e de métricas de paisagem para a seleção de áreas adequadas a testes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005. p. 2339-2346

PINHEIRO, ÉVELYN CAMILA CASADIAS; RAMOS, ANA PAULA MARQUES; JUNIOR, JOSÉ MARCATO. Validação da Aplicação de Imagens Planet à Regularização Ambiental de Imóveis Rurais no Mato Grosso do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, n. 3, p. 145-153.

PROJETO MAPBIOMAS ALERTA – SISTEMA DE VALIDAÇÃO E REFINAMENTO DE ALERTAS DE DESMATAMENTO COM IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO:
<https://alerta.mapbiomas.org/> acessado em 01/06/2024.

QUEIROZ, FÁBIO LUIZ LEONEL. Aspectos da dinâmica hidrossedimentológica e do uso e ocupação do solo na bacia do córrego Arapuá-MS. 2011.

RAMOS, C.; SIMONETTI, J. A.; Flores, J. D.; Ramos-Jiliberto, R. Modelling the management of fragmented forests: Is it possible to recover the original tree composition? The case of the Maulino forest in Central Chile. *Forest Ecology and Management*, v 255, p.2236- 2243, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2007.12.034>

RIBEIRO, JOSÉ FELIPE; WALTER, BRUNO MACHADO TELES. Fitofisionomias do bioma Cerrado. 1998.

RIBEIRO-SILVA, CRISTOVÃO HENRIQUE. **A lógica da territorialização da indústria: o parque industrial em Três Lagoas-MS de 1990-2010**. 2013. 218 f. 2013. Tese de Doutorado.

Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas.

RODRIGUES, V.A. *A educação ambiental na trilha*. Botucatu:UNESP-FCA,2000

ROSA, C. A.; BAGER, A. Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. *Oecologia Australis*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 6-19, 2013

ROSS, J. L. S. (2011). ANÁLISE EMPÍRICA DA FRAGILIDADE DOS AMBIENTES NATURAIS ANTROPIZADOS. *Revista Do Departamento De Geografia*, 8, 63-74. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>

ROUSE, J. W., HAAS, R. H., SCHELL, J. A., DEERING, D. W., 1974. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: FRADEN, S. C., MARCANTI, E. P., BECKER, M. A. *Earth Resources Technology Satellite- 1 Symposium*. Washington: NASA, 309-317

SALEHI, E.; ZEBARDAST, L.; YAVRI, A. R. Detecting Forest Fragmentation with Morphological Image Processing in Golestan National Park in northeast of Iran. *International Journal of Environmental Research*.6 (2): 531-536. 2011.

SALES, J. C. A.; SILVA, SILVA, D.C.C.; BITAR, O. Y.; LOURENÇO, R. W. Proposal of methodology for spatial analysis applied to human development index in water basins. *GEOJOURNAL*, v. 84, p. 813-828, 2019.<https://doi.org/10.1007/s10708-018-9894-z>

SALES, J. C. A.; SILVA, D. C. C.; LOURENÇO, R. W. Identificação de áreas prioritárias para conservação da avifauna na bacia hidrográfica do rio Una, Ibiuna/SP. *Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais*, v. 8, p. 128-142, 2017.<https://doi.org/10.6008/SPC2179-6858.2017.004.001>

SANTOS, A. R. Caracterização morfológica, hidrológica e ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Turvo Sujo, micro-região de Viçosa-MG. f.125 Doutorado (Doutorado em Engenharia Agrícola), Universidade federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

SANTOS, E.V; FERREIRA ,L.A.B; LAMBERT, D; SOUZA C.LUIS; MENDES, E.A. P;FERREIRA, I. M. *A ocupação do bioma cerrado: da expansão da fronteira agrícola aos dias atuais*. Disponível em:< http://www.catalao.ufg.br/historia/arquivosSimposios/historia/VIISIMPOSIO/comunicacoes/Eduardo%20Vieira/eduardo_vieira.pdf>. Acesso em 20.jan.2023.

SILVA, A. F. DA, & VALERIANO, M. M. (2010). *Gestão de Bacias Hidrográficas: Uma Abordagem Integrada*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

SILVA, A. L. DE M.; PINTO, J. E. S. DE S.; FREIRE, G. S. PIRÂMIDE DE VEGETAÇÃO COMO BASE PARA ESTUDO BIOGEOGRÁFICO NA MICRORREGIÃO DE BOQUIM/SE. *Geopauta*, [S. 1.], v. 3, n. 3, p. 5-21, 2019. DOI: 10.22481/rg.v3i3.5825. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/geo/article/view/5825>. Acesso em: 29 maio. 2023.

SILVA, A. L. DE M.; PINTO, J. E. S. DE S.; FREIRE, G. S. PIRÂMIDE DE VEGETAÇÃO COMO BASE PARA ESTUDO BIOGEOGRÁFICO NA MICRORREGIÃO DE BOQUIM/SE. *Geopauta*, [S. 1.], v. 3, n. 3, p. 5-21, 2019. DOI: 10.22481/rg.v3i3.5825. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/geo/article/view/5825>. Acesso em: 29 maio. 2023.

SCARIOT, ALDICIR; FELFILI, JEANINE M.; SILVA, JOSÉ CARLOS SOUSA. Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação. 2005.

SIQUEIRA, LYSSANDRO NORTON; RADIC, LUIZ FELIPE. A degradação do Cerrado e a questão hídrica Sul-Americana: possíveis implicações jurídicas para o Brasil. **Revista Vertentes Do Direito**, v. 8, n. 1, p. 470-490, 2021.

SILVEIRA, R. L.; LUCIANO, D. Avaliação das áreas de preservação permanente do rio Mogi Guaçu, no município de Pitangueiras- SP. *Nucleus*. v.9. n.1. p.123-130, 2012.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

SILVERMAN, B. W. *Density Estimation for Statistics and Data Analysis*. Nova York: Chapman and Hall, 1986.

SOUSA, C. O. M.; FREITAS, S. R.; DIAS, A. A.; GODOY, A. B. P.; METZGER, J. P. O papel das estradas na conservação da vegetação nativa no estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XVI, 2009, Natal. Resumos... Natal: INPE, 2009. p. 3087-3094.

SOUZA, NP DE ET AL. Aplicação do Estimador de Densidade kernel em Unidades de Conservação na Bacia do Rio São Francisco para análise de focos de desmatamento e focos de calor. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 16, p. 4958-4965, 2013.

SOUZA, F. M., *Análise da Qualidade Ambiental de Remanescentes Florestais da Sub-bacia do Rio Atibaia*, São Paulo: Aplicação do Método AHP – dissertação de mestrado, 2018.

SCON. 2023. Disponível em < <https://www.scon.com.br/produtos/imagens-planet/> > Acesso em: 15/08/2023. Stevaux, J.C.; Latrubesse, E.M. *Geomorfologia Fluvial*. 1 ed. São Paulo, 2017

STRAHLER, A. N. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, v. 63, n. 11, p. 1117-1142, 1952. [http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)

STRAHLER, A.N. *Quantitative analysis of watershed geomorphology*. New Haven: Transactions: American Geophysical Union, 1957. v.38. p. 913-920.

PEREIRA, S.G; AMARAL. A.F. *Mapeamento dos fragmentos de cerrado no perímetro urbano de Patos de Minas – MG*. Disponível em: <<http://perquirere.unipam.edu.br/documents/23456/33987/01.pdf>> Acesso em 20.fev.2012.

TEODORO, VALTER LUIZ IOST ET AL. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar-ReBraM**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves, v. 2, n. 1, p. Jan/Jun, 1997 p 135-152. ISSN 2318-0331.

TUCCI, C.E.M.(Org.). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.Ed. São Paulo: EDUSP, 1997

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 2003.

TUNDISI, J. G. **NOVAS PERSPECTIVAS PARA RECURSOS HIDRICOS** REVISTA USP, São Paulo, n.70, p. 24-35, junho/agosto 2006

TUNDISI, J. G., & MATSUMURA-TUNDISI, T. (2017). *Água: Sociedade e Meio Ambiente*. Instituto Internacional de Ecologia.

A TUNDISI, JOSÉ GALIZIA; MATSUMURA-TUNDISI, TAKAKO. *A Água* / José Galizia Tundisi; Takako Matsumura-Tundisi. São Carlos, 2020.

VALÉRIO FILHO, M. Gerenciamento de bacias hidrográficas com aplicação de técnicas de ge-oprocessamento. In: TAUKE-TORMELO, S. M. *Análise ambiental: estratégias e ações*. Rio Claro: Unesp, 1995. p. 135-140.

VIANA, V. M. *Tópicos em Ciências Florestais*, Piracicaba, Departamento de Ciências Florestais-ESALoJUSP, 1990. 43p. (não publicado)

VIANA, V. M.; PINHEIRO, L. A. F. V. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. *Série Técnica IPEF*, Piracicaba, v. 12, n. 32, p. 25-42, 1998.

VISSMAN, J. W.; HARBAUGH, T. E. E KNAPP, J. W. *Introduction to Hydrology*. New York: Intext educational, 1972. 415 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

VITAL, MARCOS HENRIQUE FIGUEIREDO. *Impacto ambiental de florestas de eucalipto*. 2007.

WATKINS, R. Z.; CHEN, J.; PICKENS, J.; BROSOFSKE, K. D. Effects of forest roads on understory plants in a managed hardwood landscape. *Conservation Biology*, 17, 411-419. 2003.

WILLIAMS, P. H.; MARGULES, C. R.; HILBERT, D. W. Data requirements and data sources for biodiversity priority area selection. *Journal of Biosciences*, Karnataka, v. 27, n. 4, p. 327-338, 2002.

.

• •
•

