



unifaema

CENTRO UNIVERSITÁRIO FAEMA – UNIFAEMA

HELOISA SOUZA BARROS

**DELIMITAÇÃO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM TOPO DE
MORRO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAMARI**

**ARIQUEMES - RO
2024**

HELOISA SOUZA BARROS

**DELIMITAÇÃO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM TOPO DE
MORRO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAMARI**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA como pré-requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima.

**ARIQUEMES - RO
2024**

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B277d Barros, Heloisa Souza.

Delimitação de área de preservação permanente em topo de morro na bacia hidrográfica do Rio Jamari. / Heloisa Souza Barros. Ariquemes, RO: Centro Universitário Faema – UNIFAEMA, 2024. 60 f. ; il.

Orientador: Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima.

Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Ambiental e Sanitária. – Centro Universitário Faema – UNIFAEMA, Ariquemes/RO, 2024.

1. Áreas de Preservação Permanente. 2. Topo de Morro. 3. Bacia Hidrográfica do Rio Jamari. I. Título. II. Lima, Felipe Cordeiro de.

CDD 628

Bibliotecária Responsável

Isabelle da Silva Souza

CRB 1148/11

HELOISA SOUZA BARROS

DELIMITAÇÃO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE EM TOPO DE MORRO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAMARI

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Centro Universitário FAEMA – UNIFAEMA como pré-requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima.

BANCA EXAMINADORA

Assinado digitalmente por: FELIPE CORDEIRO DE LIMA
Razão: Sou responsável pelo documento
Localização: UNIFAEMA - Ariquemes/RO

Prof. Me. Felipe Cordeiro de Lima
Centro Universitário FAEMA - UNIFAEMA

Documento assinado digitalmente
 **MATHEUS MARTINS FERREIRA**
Data: 28/11/2024 00:30:39-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Matheus Martins Ferreira
Centro Universitário FAEMA - UNIFAEMA

Documento assinado digitalmente
 **LETICIA MORSCH**
Data: 27/11/2024 22:14:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Letícia Morsch
Centro Universitário FAEMA - UNIFAEMA

ARIQUEMES – RO
2024

Dedico este trabalho aos meus pais, ao meu querido irmão e ao meu amado esposo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao Senhor Bom Deus, por ter permitido que essa etapa fosse concluída, sendo a calma em meio às tempestades e a força nos momentos de dúvida. Sem a fé e a confiança em ti, Senhor, essa jornada teria sido ainda mais desafiadora.

Aos meus pais, Elisângela e Ivo, que, mesmo residindo em outro estado, estiveram presentes de todas as formas possíveis, oferecendo amor, apoio e incentivo incondicional. Cada palavra de encorajamento e gesto de carinho foram fundamentais para que eu não desistisse nos momentos mais difíceis.

Ao meu esposo, Rafael, que me acompanhou de perto ao longo de toda essa trajetória, foi meu porto seguro, minha base e meu escudo, oferecendo apoio inestimável quando os desafios e incertezas se tornavam mais intensos. Agradeço por sua paciência e compreensão nas horas de ausência, por cada gesto de amor e pelo apoio constante que tornaram essa jornada possível.

Ao meu irmão, Inácio, que, ao me ver estudando, perguntava se eu já estava terminando para podermos brincar. Suas palavras inocentes e sinceras sempre estarão guardadas em meu coração com muito carinho.

Agradeço ao meu orientador, Me. Felipe Cordeiro de Lima, por todo o conhecimento compartilhado e pelo tempo dedicado. Sem dúvidas, um exemplo de ética, competência e profissionalismo, inspirações que levarei adiante.

Por fim, a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste sonho, minha sincera gratidão.

Grandes realizações não são feitas por impulso, mas por uma soma de pequenas realizações.

Vicent Van Gogh

RESUMO

As Áreas de Preservação Permanentes (APPs) em topos de morro atuam na regulação do escoamento superficial e na redução da erosão, essenciais para a sustentabilidade ambiental de bacias hidrográficas. Contudo, a presença de atividades antrópicas em algumas áreas de APP aponta para desafios na proteção integral desses espaços. A legislação ambiental brasileira busca equilibrar as exigências de proteção ambiental com o desenvolvimento socioeconômico do país, em particular às pressões oriundas do setor agropecuário, os quais tem levantado questões sobre a efetividade da aplicação legal em áreas sensíveis, como as bacias hidrográficas. Nesse aspecto, buscou-se analisar na Bacia Hidrográfica do Rio Jamari (BHRJ), a conformidade entre as APPs de topo de morro e a vegetação florestal ainda presente nessas áreas, conforme Código Florestal Brasileiro. A metodologia envolveu a aquisição de imagens de satélite e o processamento de Modelos Digitais de Elevação (MDE) para gerar mapas de declividade, hipsometria e delimitar as APPs de topo de morro utilizando o software livre QGIS, aliado aos recursos GRASS, SAGA e GDAL. A análise dos topos de morros revelou altitudes variando de 100 a 566 metros e declividades que atingem até 89. A área total delimitada como APP de topo de morro foi de 693,0 km², das quais 433,42 km² (62,54%) ainda apresentam vegetação florestal, 29,11% são compostas por pastagens, enquanto o restante (8,34%) é representado pelas classes de formação natural não florestal, áreas não vegetadas, corpos d'água e agricultura. A distribuição das APPs mostrou que a maior concentração está situada na porção sul da bacia.

Palavras-chave: Áreas de Preservação Permanente; Topo de Morro; Bacia Hidrográfica do Rio Jamari.

ABSTRACT

Permanent Preservation Areas (APPs) on hilltops regulate runoff and reduce erosion, which are essential for the environmental sustainability of river basins. However, the presence of human activities in some APP areas points to challenges in the full protection of these spaces. Brazilian environmental legislation seeks to balance environmental protection requirements with the country's socioeconomic development, particularly pressures from the agricultural sector, which have raised questions about the effectiveness of legal enforcement in sensitive areas, such as river basins. In this regard, we sought to analyze the compliance between hilltop APPs and the forest vegetation still present in these areas, in accordance with the Brazilian Forest Code, in the Jamari River Basin (BHRJ). The methodology involved the acquisition of satellite images and the processing of Digital Elevation Models (DEM) to generate slope and hypsometry maps and to delimit the hilltop APPs using the free software QGIS, combined with the GRASS, SAGA and GDAL resources. The analysis of the hilltops revealed altitudes ranging from 100 to 566 meters and slopes reaching up to 89. The total area delimited as hilltop APP was 693.0 km², of which 433.42 km² (62.54%) still have forest vegetation, 29.11% are composed of pastures, while the remainder (8.34%) is represented by the classes of non-forest natural formation, non-vegetated areas, water bodies and agriculture. The distribution of APPs showed that the largest concentration is located in the southern portion of the basin.

Keywords: Permanent Preservation Areas; Hilltops; Jamari River Basin.

LISTA DE SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP	Área de Preservação Permanente
BHO	Base Hidrográfica Ottocodificada
BHRJ	Bacia Hidrográfica do Rio Jamari
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CFB	Código Florestal Brasileiro
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GDAL	Geospatial Data Abstraction Library
GRASS	Geographic Resources Analysis Support System
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDEHC	Modelo Digital de Elevação Hidrológicamente Consistente
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
QGIS	Quantum GIS
RL	Reserva Legal
SAGA	System for Automated Geoscientific Analyses
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
USGS	United States Geological Survey
UTM	Univesal Transverse Mercator

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais leis florestais	17
Figura 2 – Compreensão do Topo de Morros conforme o Novo Código Florestal.....	22
Figura 3 – Modelo hipotético de morro com base de altura 0 metros e topo com altura 100 metros	32
Figura 4 – Mapa de localização da BHRJ	35
Figura 5 – Fluxograma das atividades realizadas sequencialmente	40
Figura 6 – Mapa de declividade da BHRJ	41
Figura 7 – Mapa Hipsométrico da BHRJ	43
Figura 8 – Modelo digital de elevação hidrológicamente consistente.....	44
Figura 9 – Topos de morro que se enquadram nos critérios da Lei nº 12.651/2012	45
Figura 10 – APPs em topo de morro na BHRJ.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição das classes de declividade.....	37
Tabela 2 – Resultados quantitativos obtidos dos dados de declividade	42
Tabela 3 – Resultados quantitativos obtidos dos dados altimétricos.....	44
Tabela 4 – Uso e ocupação do solo nas APPs de topo de morro na BHRJ	47

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. JUSTIFICATIVA	15
1.2. OBJETIVOS	15
1.2.1. Geral	15
1.2.2. Específicos	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. UMA BREVE ANÁLISE DA EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA	17
2.2. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE SOB A ÓTICA DA FUNÇÃO SOCIAL AMBIENTAL	21
2.3. LEI DE CRIMES AMBIENTAIS APLICADA AO CONTEXTO DA EXPLORAÇÃO ILEGAL EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	24
2.4. SIG COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL E SUA UTILIZAÇÃO NO PROCESSO DE DELIMITAÇÃO DA APPS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS	27
2.5. GEOTECNOLOGIAS NA DELIMITAÇÃO DE APP EM TOPO DE MORRO.....	30
3. METODOLOGIA	35
3.1. ÁREA DE ESTUDO	35
3.2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	36
3.2.1. Declividade e hipsometria da área de estudo	37
3.2.2. Delimitação de APP de topo de morro.....	38
3.2.3. Comparativo com vegetação nativa existente	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	41
4.2. DELIMITAÇÃO DE APPS DE TOPO DE MORRO	44
4.3. CONFORMIDADE DE COBERTURA FLORESTAL DAS APPS DE TOPO DE MORRO PERANTE A LEI 12.651/2012.....	47
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

A delimitação de Áreas de Preservação Permanente (APPs) é uma medida essencial para a conservação ambiental, desempenhando um papel central na proteção de recursos naturais vitais, como a biodiversidade e os recursos hídricos. Conforme disposto no Novo Código Florestal Brasileiro (Lei 12.651/2012), as APPs são áreas que devem ser protegidas para assegurar a integridade de ecossistemas frágeis, como encostas íngremes, margens de rios e topos de morros, que desempenham funções ecológicas cruciais (Brasil, 2012).

A introdução dos conceitos de APP e Reserva Legal no Código Florestal de 1965 representou um marco para o direito ambiental brasileiro, definindo critérios específicos para a proteção dos recursos florestais. Apesar de sua importância, o Código de 1965 foi revisado ao longo das décadas para se adequar às realidades socioeconômicas do país, visando conciliar a preservação ambiental com as demandas do desenvolvimento rural (Moreira, Oliveira e Lima, 2021).

No entanto, a evolução acelerada das atividades agropecuárias para atender às crescentes demandas econômicas do país tem gerado pressões ambientais significativas. A conversão de uso do solo e a ocupação indevida de APPs têm impactado negativamente a dinâmica hídrica local, contribuindo para processos erosivos, assoreamento dos corpos hídricos, fragmentação da vegetação e perda de conectividade ecológica, comprometendo a resiliência dos ecossistemas locais, conforme alega Coutinho *et al.* (2013).

Para Tambosi *et al.* (2015), as florestas situadas em encostas e morros exercem funções ecológicas indispensáveis, como a interceptação de precipitações, redução do escoamento superficial, facilitação da infiltração e controle da erosão hídrica em regiões elevadas. Dessa forma, as áreas mais baixas da bacia são diretamente influenciadas pela quantidade e qualidade da água que escoam dessas áreas superiores. A preservação dessas áreas não apenas garante a estabilidade ecológica, mas também protege os recursos hídricos que alimentam o sistema fluvial da região.

No entanto, a delimitação das APPs em topos de morro enfrenta desafios técnicos consideráveis. Embora o Código Florestal de 2012 apresente diretrizes claras para a proteção dessas áreas, a implementação prática é dificultada por questões técnicas, como a falta de precisão nos modelos topográficos e nas escalas cartográficas utilizadas. Estudos como o de Oliveira, Filho e Francelino (2019) e Francelino e Silva (2014) corroboram ao destacar que a

ausência de uma padronização nos métodos de delimitação pode resultar em inconsistências na aplicação da legislação e/ou exclusão de áreas que deveriam ser protegidas.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Jamari (BHRJ), esses desafios se mostram ainda mais relevantes, dada a importância ecológica e hídrica da região. A questão da delimitação de APPs em topos de morro torna-se, portanto, de grande relevância científica para a região, suscitando a seguinte indagação: há coerência entre as APPs de topo de morro delimitadas segundo o Código Florestal e a vegetação florestal remanescente nessas áreas?

Portanto, esta pesquisa tem como objetivo as APPs de topo de morro utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, sustentadas por um sólido embasamento legal. Com essa abordagem, busca-se gerar dados empíricos que possam apoiar a gestão ambiental.

1.1. JUSTIFICATIVA

A BHRJ possui grande importância ambiental e econômica, mas enfrenta desafios significativos na conservação de suas APPs. Embora a Lei nº 12.651/2012 estabeleça diretrizes claras para a proteção dessas áreas, a escassez de estudos técnicos e científicos voltados para APPs em topo de morro na BHRJ limita a análise de sua conformidade com essas normas, dificultando a formulação de estratégias eficazes para a conservação e recuperação.

Além disso, ainda existem lacunas na definição de uma metodologia específica por parte do Código Florestal e dos órgãos ambientais competentes do Estado de Rondônia, no qual a área de estudo está inserida. Essa carência metodológica resulta em interpretações diversas e, muitas vezes, inconsistentes. Sem um padrão claro e adaptado às características locais, torna-se desafiador garantir a aplicação uniforme da legislação e a proteção adequada dos recursos naturais. Dessa forma, o presente estudo visa preencher essa lacuna por meio da aplicação de métodos de geoprocessamento em conjunto com a legislação vigente.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Geral

Delimitar e quantificar as APPs de topo de morro na Bacia Hidrográfica do Rio Jamari, conforme definido pelo Código Florestal Brasileiro.

1.2.2. Específicos

- Analisar a legislação vigente sobre áreas de preservação permanente, destacando as diretrizes estabelecidas pelo Código Florestal Brasileiro e sua aplicação nas áreas de topo de morro na Bacia Hidrográfica do Rio Jamari;
- Mapear as áreas de preservação permanente (APPs) de topo de morro na Bacia Hidrográfica do Rio Jamari utilizando técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto;
- Comparar as APPs de topo de morro delimitadas de acordo com o Código Florestal Brasileiro com a vegetação florestal existente.

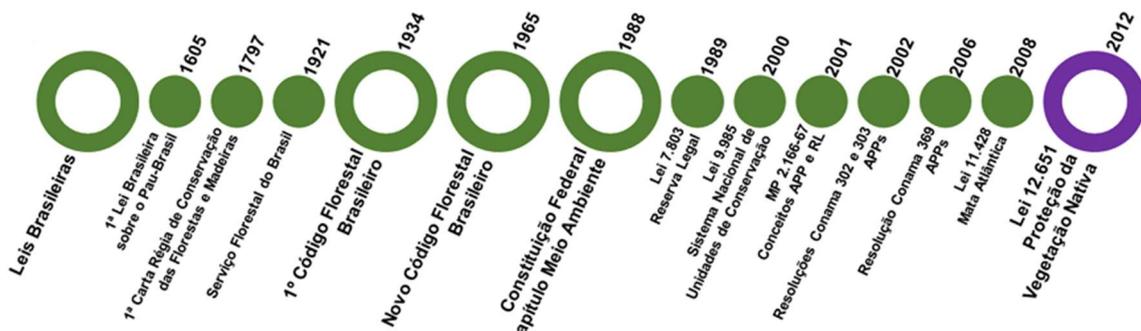
2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. UMA BREVE ANÁLISE DA EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA

Ao longo da história, os Códigos Florestais Brasileiros (CFB) foram impulsionados pelas preocupações crescentes quanto à preservação dos recursos naturais, especialmente em busca do desenvolvimento econômico, social e ambiental ecologicamente equilibrado, assemelhando-se ao disposto no artigo 225 da Constituição federal de 1988 que direciona o ordenamento jurídico atual. Nesse caso, Fabiani *et al.* (2023) destaca que diante de diversos impasses provenientes do desenvolvimento desordenado e utilização dos recursos, houve uma série de eventos globais e iniciativas em busca da preservação e conservação do meio ambiente que resultaram nessa evolução legislativa.

Concomitantemente a esta perspectiva, Rocha (2020), esclarece que um total 13 normas florestais foram implementadas no Brasil ao longo de 407 anos e, em seu estudo, apresentou um resumo das principais leis discutidas durante essa época conforme poderá ser visualizado na Figura 1 disposta a baixo:

Figura 1 – Principais leis florestais



Fonte: Adaptado de Rocha (2020).

Segundo a perspectiva do autor supracitado, a primeira regulamentação florestal significativa foi estabelecida em 1934, com o Código Florestal de 1934, criado pelo Decreto Federal nº 23.793 e tinha foco tanto na conservação quanto na exploração sustentável dos recursos naturais. Em tal diploma legal, o conceito de florestas foi definido inicialmente como bens de interesse comum e permaneceu nos códigos subsequentes, principalmente quanto á proteção da vegetação nativa e sua importância para a sociedade como um todo (Brasil, 1934).

Em uma análise crítica quanto a definição, Fabiani *et al.* (2023) afirma que, para a época a publicação de um decreto que apontava uma clara preocupação com a preservação da vegetação nativa e papel da população brasileira neste encargo, foi algo inédito. Assim, as florestas foram classificadas em 4 (quatro) tipos, como disposto nos Art. 3º à 7º da Lei 23.793/1934, sendo elas florestas protetoras, remanescentes, modelos e de rendimento, mas possuem alguns enquadramentos específicos:

Art. 4º Serão consideradas florestas protetoras as que, por sua localização, servissem, conjunta ou separadamente, para qualquer dos fins seguintes: a) conservar o regime das águas; b) evitar a erosão das terras pela ação dos agentes naturais; c) fixar dunas; d) auxiliar a defesa das fronteiras, de modo julgado necessário pelas autoridades militares; e) assegurar condições de salubridade pública; f) proteger sítios que por sua “beleza natural mereçam ser conservados”; e g) asilar espécimes raros da fauna indígena;

Art. 5º Serão declaradas florestas remanescentes: a) as que formarem os parques nacionais, estaduais ou municipais; b) as em que abundarem ou se cultivarem espécimens preciosos, cuja conservação se considerar necessária por motivo de interesse biológico ou estético; c) as que o poder público reservar para pequenos parques ou bosques, de gozo público.

Art. 6º Serão classificadas como floresta modelo as artificiais, constituídas apenas por uma, ou por limitado número de essências florestais, indígenas e exóticas, cuja disseminação convenha fazer-se na região.

Art. 7º As demais florestas, não compreendidas na discriminação dos arts. 4º a 6º, considerar-se-ão de rendimento. (Brasil, 1934).

Carvalho (2016) e Fabiane *et al.* (2023), ressaltam que mesmo sendo um modelo conservacionista, o Código Florestal de 1934 mostrou-se ineficiente devido à aplicação prática ser limitada, tornando-o muitas vezes uma "decoração legislativa" que não refletia efetivamente a preservação das florestas brasileiras. Além disso, o próprio Código autorizava a substituição de florestas heterogêneas pelo plantio de florestas homogêneas para futura utilização e melhor aproveitamento industrial (Brasil, 1934), o que evidenciava contradições em relação aos objetivos de conservação florestal.

Ante a evolução histórica, o CBF de 1934 foi revogado pela Lei nº 4.771/1965, sendo o Segundo Código Florestal. De acordo com Fabiani *et al.* (2023), a promulgação da lei representou um marco considerável na fase de direito ambiental do Brasil, pois regulamentou as atividades florestais e manteve o disposto no CFB de 1934, que as florestas presentes no país, são bens de interesse comum de todos os habitantes, de modo que fez com que contexto sociojurídico brasileiro experimentasse uma fase de transição econômica e social, e tentava equilibrar os interesses econômicos com a necessidade emergente de proteção ambiental.

O Código Florestal Brasileiro de 1965, trouxe mudanças fundamentais em relação à regulamentação das florestas e ao uso do solo no Brasil. Ele introduziu conceitos essenciais para a preservação ambiental, como as APPs e as Reservas Legais (RLs), estabelecendo diretrizes claras para a proteção dos recursos naturais em propriedades rurais (Brasil, 1965).

Nesse sentido, observa-se que tal codificação legal, permitiu que as APPs fossem criadas com a intenção de proteger áreas sensíveis, como margens de corpos d'água, topos de morros e encostas íngremes, movimentando recursos hídricos, solo e biodiversidade, conforme destaca o artigo 2º, nestes termos:

- a) ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será:
 - 1- de 5 (cinco) metros para os rios de menos de 10 (dez) metros de largura;
 - 2- igual à metade da largura dos cursos que meçam de 10 (dez) a 200 (duzentos) metros de distância entre as margens;
 - 3- de 100 (cem) metros para todos os cursos cuja largura seja superior a 200 (duzentos) metros.
- b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;
- c) nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica;
- d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;
- e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;
- f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;
- g) nas bordas dos tabeleiros ou chapadas;
- h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, nos campos naturais ou artificiais, as florestas nativas e as vegetações campestres. (Brasil, 1965)

Passos e Klock (2019) observou que, de acordo com o estabelecido pela CFB de 1965, os ambientes que possuíam características hídricas, de relevo e vegetação, obtiveram uma atenção especial e conseqüentemente, mecanismos de proteção desses ambientes. Na visão de Moreira, Oliveira e Filho (2021), com a evolução da proteção das florestas e do meio ambiente como um todo, foram instituídos importantes normas legislativas, como a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981) e a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998).

Seguindo a cronologia legislativa, um marco ambiental que foi crucial para o âmbito das proteções ecológicas, foi a Constituição Federal de 1988, o qual representou um marco significativo na incorporação de questões ecológicas no ordenamento jurídico brasileiro, sendo considerada a primeira Constituição a dedicar um capítulo específico à proteção ambiental. Além de tal dedicação, foi consolidada a concepção do cumprimento da função social ecológica da propriedade, o qual reconhece o meio ambiente como um bem de uso comum e impõe ao

poder público e à sociedade a responsabilidade pela sua proteção (Delaroche; Le Tourneau; Daugeard, 2022).

Moreira, Oliveira e Filho (2021) destaca que diante do contínuo desenvolvimento e fortalecimento do arcabouço jurídico-ambiental, houve um aumento progressivo na fiscalização das atividades ligadas ao meio ambiente, o que incluiu tentativas de uma aplicação mais rigorosa do Código Florestal de 1965. Essa intensificação das medidas de controle gerou debates sobre a necessidade de adequar a legislação às novas demandas socioeconômicas, resultando em um processo de revisão do código, com o objetivo de torná-lo mais flexível. Esse movimento culminou na elaboração do Projeto de Lei 1.876/1999, proposto pelo deputado Aldo Rebelo, que visava promover alterações substanciais na legislação florestal, flexibilizando algumas das exigências impostas.

Posterior a isto, o Novo Código Florestal de 2012 surgiu em um momento de intensos debates entre os setores ambientalistas e os representantes do agronegócio, tendo como principal objetivo a tentativa de harmonizar a exigência de proteção ambiental com a realidade do desenvolvimento econômico. No entanto, as modificações feitas em 2012 geraram uma flexibilização das regras para o uso de áreas protegidas e modificou uma série de concessões às propriedades rurais, muitas das quais foram interpretadas como uma espécie de “anistia” para desmatamentos ilegais ocorridos antes de 2008 (Rocha, 2018).

Um dos instrumentos relevantes introduzidos pelo Código Florestal é o Cadastro Ambiental Rural (CAR), no qual é um cadastro público eletrônico, obrigatório para todos os imóveis rurais, que constitui uma inovação importante na gestão ambiental do país (Brasil, 2012). O CAR busca criar uma base de dados integrada, reunindo informações sobre uso do solo e cobertura vegetal nas propriedades rurais, incluindo remanescentes de vegetação nativa, APPs, RLs e áreas de uso consolidado (Matias, Milare, Escada e Monteiro, 2024).

Com isso, o CAR facilita o monitoramento, a regularização ambiental e a recuperação de áreas degradadas, promovendo a conformidade com as normas ambientais e fortalecendo o controle sobre o uso sustentável do território rural (Luiz; Steinke, 2022). No entanto, Tupiassu, Gros-Desormaux e Cruz (2017) alertam que, devido ao caráter autodeclaratório do CAR, os dados registrados podem apresentar baixa confiabilidade e abrir margem para fraudes, comprometendo, em alguns casos, a eficácia do monitoramento e da fiscalização ambiental.

Do ponto de vista técnico, as áreas acima de 100 metros de altura exigem uma análise criteriosa para seu correto enquadramento como APP. Conforme apontado por Tupiassu, Gros-Desormaux e Cruz (2017), a vetorização incorreta dessas áreas devido o caráter autodeclaratório do CAR pode resultar em inconsistências que comprometem a precisão das

delimitações. Um exemplo comum ocorre quando o relevo da área é registrado como plano, enquanto, na realidade, o terreno é acidentado, com declividades que exigiriam proteção legal. Essas inconsistências podem dificultar a efetiva aplicação das políticas de preservação, aumentando o risco de degradação ambiental em áreas que deveriam estar protegidas.

2.2. ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE SOB A ÓTICA DA FUNÇÃO SOCIAL AMBIENTAL

Conforme descrito nas evoluções legislativas ambientais, deve-se compreender que o conceito de APP, se traduz como um importante instrumento jurídico de proteção ambiental, definido originalmente, pelo Código Florestal de 1965 com base na presença de vegetação, o que gerava ambiguidade jurídica. No entanto, com a Constituição Federal e o Código Florestal de 2012, algumas delimitações territoriais foram utilizadas e houve a delimitação das principais características das APPs em topos de morro, por exemplo, incluindo a obrigatoriedade de proteger áreas elevadas que apresentam declividade acentuada, sendo fundamentais para a estabilidade geológica e o controle da erosão (Castro; May; Garcias, 2018).

Conforme conceituação legal, portanto, as APPs, conforme definido pela Lei nº 12.651/2012, são áreas protegidas que podem ou não serem cobertas por vegetação nativa e têm funções ambientais essenciais. O artigo 3º, inciso II, da referida lei, define APP como:

II - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (Brasil, 2012).

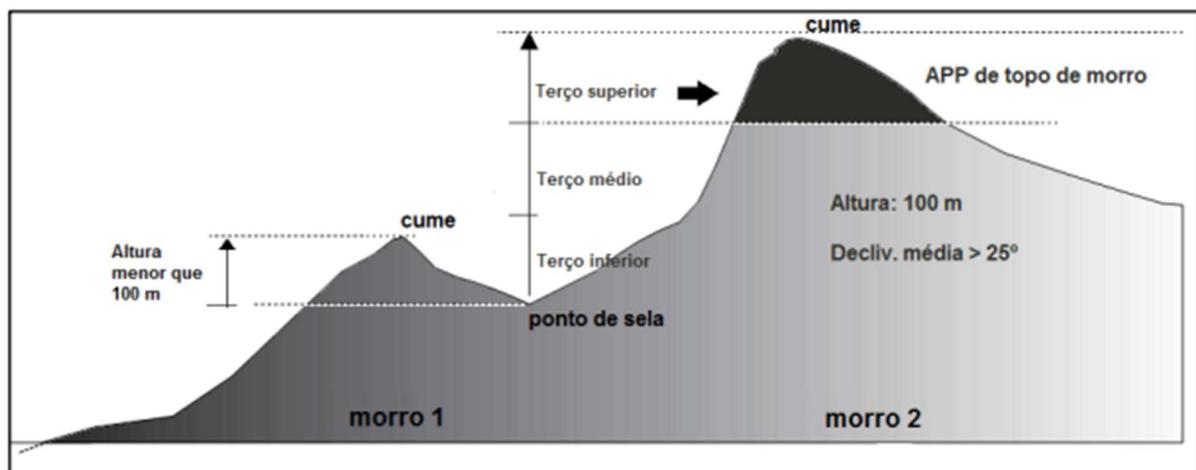
Logo após a definição do que seria uma APP, o Código Florestal estabelece em seu artigo, as diretrizes fundamentais para a proteção das APPs, definindo as situações e os critérios em que as APPs devem ser fornecidas, garantindo a proteção de áreas ecologicamente sensíveis, tais como margens de rios, encostas, topos de morro, nascentes e outras regiões de relevância ambiental, conforme pode-se observar na transcrição do dispositivo abaixo:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular (...); II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais (...); III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento; IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45º, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive; VI - as restingas,

como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues; VII - os manguezais, em toda a sua extensão; VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais; **IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°**, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação; X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação; XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado (Brasil, 2012).

Desse modo, observa-se que objetivo primordial é garantir que cada um dos espaços delimitados cumpra sua função de proteção ambiental, contribuindo para a preservação dos recursos hídricos, o controle da erosão, a manutenção da biodiversidade, a estabilidade geológica e o bem-estar das populações humanas (Castro; May; Garcias, 2018). Nesse sentido, o artigo 4º delimita as faixas de proteção para cursos d'água de acordo com sua largura, estabelece raios de proteção em torno de nascentes e olhos d'água, e define as condições para a proteção de encostas e áreas de elevações, como topos de morros e montanhas, conforme poderá ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 – Compreensão do Topo de Morros conforme o Novo Código Florestal



Fonte: Rocha (2020).

Embora o Código Florestal estabeleça critérios mínimos para a delimitação de APPs de topo de morro, ele não define uma metodologia específica para sua execução. Em função dessa lacuna, alguns estados brasileiros elaboraram seus próprios decretos com diretrizes metodológicas a serem seguidas, como é o caso da Resolução INEA nº 93/2014, do Estado do

Rio de Janeiro. Este documento busca garantir o princípio da segurança jurídica e, para isso, especifica aspectos como a base cartográfica recomendada, as particularidades do território do estado do RJ a serem consideradas e os procedimentos metodológicos aceitos para a delimitação das APPs de topo de morro (INEA, 2014).

Em linhas interpretativas, observa-se que as áreas de topo de morro, montes, montanhas e serras fornecem diversos tipos de serviços que contribuem para manter o ecossistema equilibrado e manter o bem-estar das comunidades próximas e/ou que dependem dos recursos situados nessas áreas. Com isso, as montanhas desempenham um papel vital na provisão de diversos serviços ambientais essenciais, pois facilitam a ciclagem de nutrientes; protegem, filtram e regulam o ciclo hidrológico; mantêm e liberam água indispensável para o crescimento da biodiversidade local e para o consumo humano; por fim oferecem paisagens que proporcionam oportunidades para recreação e ecoturismo, como explica FAO (2015).

Diante do narrado, convém esclarecer que conforme delimitações apresentadas pelos legisladores brasileiros. As áreas de APP de topos de morros, são definidas aquelas áreas, com altura mínima de 100 m e inclinação média maior que 25°, conforme pode ser analisado na ótica de Oliveira e Francisco (2018, p. 7):

Áreas de preservação são delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação em relação à base, sendo definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação. Enquanto a Resolução do CONAMA no 303/2002, que complementava o Código Florestal de 1965, considerava as elevações com no mínimo 50 m, encostas com declividade superior a 17° e, como base, a cota da depressão mais baixa ao seu redor. Além disso, também era considerado como APP o conjunto de morros ou montanhas, delimitadas na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas cujos cumes estivessem separados entre si por distâncias inferiores a 500 m, a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto, fixando-se a curva de nível para cada segmento da linha de cumeada equivalente a mil metros (Oliveira; Francisco, 2018, p. 07).

A afirmação descrita acima, se analisada conforme a ótica do Código Florestal de 1965, demonstrará que os critérios para delimitação das APPs em topos de morros eram mais abrangentes, considerando elevações com declividade acentuada o que favorecia a uma proteção de tais áreas de forma mais rigorosa. Contudo, com a promulgação da Lei nº 12.651/2012, a nova norma flexibilizou esses parâmetros ao elevar os valores de altura mínima e a inclinação necessária para que uma elevação seja considerada APP (Castro; May; Garcias, 2018). A proteção, que antes abrangia áreas mais amplas, passou a ser delimitada de forma mais

restrita, conforme as novas definições que utilizam a curva de nível de dois terços da altura da elevação como ponto de partida para a delimitação da área protegida.

Assim, com a alteração legal, houve o surgimento de precedentes que fizeram com que em áreas de APP nos topos de morros restassem acerca de 1% da área total sem ação antrópica (Oliveira; Francisco, 2018), o que afetou drasticamente o equilíbrio ecológico, além de funcionarem como áreas de conexão para a fauna e flora, permitindo o fluxo gênico necessário à preservação da biodiversidade.

2.3. LEI DE CRIMES AMBIENTAIS APLICADA AO CONTEXTO DA EXPLORAÇÃO ILEGAL EM ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

A manipulação das APPs em topos de morro na BHRJ resulta em uma série de impactos ecológicos e sociais, podendo se destacar como efeitos, o aumento da erosão, a contaminação dos recursos hídricos e a perda de habitat para a fauna local. Esses impactos afetam diretamente a capacidade da região de sustentar atividades econômicas e de fornecer água de qualidade para o consumo humano e como forma de mitigar os efeitos catastróficos do antropoceno, aplica-se nos contextos de degradação ambiental aspectos criminais, civis e administrativos de contenção das ações humanas.

A Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998) define uma série de condutas como crimes ambientais, especificando avaliações administrativas e penais para atividades que causam degradação ao meio ambiente. Esses crimes incluem ações como desmatamento ilegal, poluição de corpos d'água e ocupação irregular de áreas protegidas (Reis; Calderon, 2023). Nesse caso, deve-se compreender que nas APPs de topo de morro, os crimes mais comuns nessa região incluem o desmatamento ilegal, o lançamento de poluentes e a ocupação de áreas proibidas para fins econômicos, os quais são motivados tanto pela expansão da agricultura e pecuária quanto pela exploração madeireira e imobiliária (Oliveira; Nora, 2023).

Deve-se ter em mente que a responsabilização de infratores que executam uma das condutas descritas acima – sejam pessoas físicas ou jurídicas – que ocasiona danos causados ao meio ambiente, impõe a estes o ônus de suas ações lesivas. Essa responsabilização é tratada com rigor ao estabelecer que a conduta danosa implica deliberações abrangentes, que vão desde a prestação de serviços à comunidade, multas, até a pena de detenção. De modo objetivo, o Capítulo I – Das Disposições Gerais – apresenta que:

Art. 2º Quem, de qualquer forma, concorre para a prática dos crimes previstos nesta Lei, incide nas penas a estes cominadas, na medida da sua culpabilidade, bem como o diretor, o administrador, o membro de conselho e de órgão técnico, o auditor, o gerente, o preposto ou mandatário de pessoa jurídica, que, sabendo da conduta criminosa de outrem, deixar de impedir a sua prática, quando podia agir para evitá-la. Art. 3º As pessoas jurídicas serão responsabilizadas administrativa, civil e penalmente conforme o disposto nesta Lei, nos casos em que a infração seja cometida por decisão de seu representante legal ou contratual, ou de seu órgão colegiado, no interesse ou benefício da sua entidade. Parágrafo único. A responsabilidade das pessoas jurídicas não exclui a das pessoas físicas, autoras, co-autoras ou partícipes do mesmo fato. Art. 4º Poderá ser desconsiderada a pessoa jurídica sempre que sua personalidade for obstáculo ao ressarcimento de prejuízos causados à qualidade do meio ambiente (Brasil, 1998).

Ante a diretriz do artigo 2º, compreende-se que esta fornece o alicerce para toda a Lei, ao importa que qualquer envolvimento, seja como autor ou como participante, em ação danosa ao meio ambiente incorreto em crime, reforçando, nesse contexto, a necessidade de análises que efetivamente promovam a recuperação do meio ambiente (Oliveira; Nora, 2023). No que tange às APPs, a lei impõe sanções severas para a destruição ou dano à vegetação nativa, um exemplo seria o artigo 38. Em particular, o dispositivo prevê multa e detenção, cumulativamente, para o caso de manipulação de florestas em APPs, ainda que estejam em fase de regeneração, ou o uso dessas áreas em desacordo com as normas de proteção ambiental, reafirmando assim o compromisso de resguardar os ecossistemas mais frágeis e restritos para o equilíbrio ambiental (Garcia, 2023).

Paralelamente, Rocha *et al.* (2023), introduz o desmatamento ilegal como uma ação que gera destruição à vegetação nativa o qual abrange as atividades de supressão de vegetação, sendo uma das infrações mais recorrentes tornando-se um fator-chave de manipulação ecológica. Conforme análise bibliográfica realizada por Garcia (2023), a ocorrência de atividades ilegais em áreas que deveriam ser preservadas tem resultado na degradação da fauna e flora, apesar da existência de uma legislação que exige licença ou autorização prévia para qualquer intervenção em áreas protegidas.

Com isso em mente, o desmatamento não expõe apenas a biodiversidade local, mas aumenta o risco de penetração nas florestas e compromete as nascentes, que são essenciais para o abastecimento da BHRJ, o que acaba se enquadrando na conduta tipificada no artigo 50-A da Lei de crimes ambientais, o qual poderá ter sua pena aumentada em razão das consequências biológicas causadas na região, nestes termos:

Art. 50-A. Desmatar, explorar economicamente ou degradar floresta, plantada ou nativa, em terras de domínio público ou devolutas, sem autorização do órgão competente: Pena - reclusão de 2 (dois) a 4 (quatro) anos e multa (...) Art. 53. Nos crimes previstos nesta Seção, a

pena é aumentada de um sexto a um terço se: I - do fato resulta a diminuição de águas naturais, a erosão do solo ou a modificação do regime climático (...) (Brasil, 1998)

Outro crime ambiental recorrente nas APPs é a poluição dos corpos d'água por resíduos industriais e agrícolas. Na região de Ribeirão Marumbi, no estado do Paraná, o uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes, combinado ao descarte inadequado de efluentes em APPs, tem resultado na contaminação de rios e igarapés, comprometendo a qualidade da água, afetando a saúde da fauna aquática e gerando impactos negativos ao ecossistema local (Emerenciano; Lima, 2024). Nesse contexto, tais ações antrópicas podem enquadrar-se nos crimes descritos na Seção III – Da Poluição e Outros Crimes Ambientais da Lei de Crimes Ambientais, sujeitando os responsáveis a sanções penais, podendo ainda ocorrer uma responsabilização estatal dado que há uma carência significativa de infraestrutura para monitorar tais fontes de poluição (Rocha *et al.* 2023).

Seguindo a presente linha argumentativa, deve-se retomar as concepções criminais dispostas no art. 38 da lei de crimes ambientais que dispõe sobre a criminalização da destruição ou dano de vegetação em APPs, incluindo os topos de morro, considerando essa prática uma violação grave das normas ambientais externas à proteção das encostas e nascentes (Reis, Calderon, 2023). Esse dispositivo legal prevê avaliações penais para aqueles que ocupam e exploram ilegalmente essas áreas, alterando seu uso natural e comprometendo a estabilidade ambiental e a recarga hídrica.

Na prática, a ocupação desordenada das APPs compromete a integridade do solo, favorecendo a erosão e prejudicando diretamente a recarga dos aquíferos (Garcia, 2023). Em áreas de topo de morro desmatadas para a implantação de pastagens ou deixadas expostas, a ausência de cobertura vegetal pode aumentar a vulnerabilidade do solo às chuvas, podendo contribuir no escoamento de sedimentos para os corpos d'água da bacia. Esse processo resulta em assoreamento e redução significativa da qualidade da água o que é agravado pela escassez de incentivos econômicos para práticas de conservação e pelo enfraquecimento das políticas de fiscalização, que permite a continuidade de práticas irregulares na região (Emerenciano, Lima, 2024).

Diante do narrado, nota-se que as infrações ambientais nas APPs da BHRJ são impulsionadas por uma combinação de fatores econômicos, sociais e institucionais, o que dificulta a aplicação concreta do arcabouço legislativo em cada caso concreto, sendo necessário o uso de tecnologias de monitoramento, como drones e imagens de satélite para o acompanhamento de APPs e identificação rápida de atividades ilegais. De acordo com

Emerenciano e Lima (2024), a integração entre o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e sistemas de monitoramento por satélite pode ser uma solução para tais práticas ilegais.

Além disso, será discutido a seguir o papel das ferramentas de gestão ambiental na delimitação e proteção das APPs de topos de morro, com foco nos critérios estabelecidos pelo Código Florestal, que incluem elevações com altura mínima de 100 metros e inclinação média superior a 25 graus, no qual visam contribuir para a conservação dos recursos naturais da BHRJ.

2.4. SIG COMO FERRAMENTA DE GESTÃO AMBIENTAL E SUA UTILIZAÇÃO NO PROCESSO DE DELIMITAÇÃO DA APPS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS

Inicialmente, convém esclarecer que Sistema de Informações Geográficas (SIG), refere-se a uma ferramenta que integra técnicas de geoprocessamento para analisar, manipular e visualizar dados geoespaciais com precisão. Desse modo, o presente tópico buscará expor que a sua aplicação em áreas ambientais, como a delimitação e monitoramento das APPs, destaca-se por sua capacidade de transformar dados espaciais em informações valiosas para a gestão territorial, dado que o SIG permite o processamento de dados obtidos via sensoriamento remoto, possibilitando a criação de mapas detalhados que refletem com exatidão as características topográficas e ambientais de uma região.

Ante a perspectiva acima, deve-se ressaltar que segundo Mattedi *et al.* (2024) o SIG, nada mais seria do que uma ferramenta essencial para mapear e classificar vulnerabilidades socioambientais, dado que este se faz em uso para elaborar índices de suscetibilidade ambiental e vulnerabilidade social, permitindo a criação de mapas de impacto que identificam áreas de risco a desastres naturais. Nesse contexto, por meio de cruzamento, dados demográficos e cartográficos o SIG oferece uma visão integrada e multidimensional dos riscos ambientais, cruzando informações ambientais e sociais para fornecer uma análise detalhada das áreas mais vulneráveis, como no caso da BHRJ.

Outra visão doutrinária que traz uma perspectiva de tal ferramenta, é a descrita por Lima (2023), o qual narra que o SIG é amplamente utilizado na gestão de bacias hidrográficas e estudos ambientais urbanos, sendo uma ferramenta de apoio para planejamento regional e empresarial, destacando que o instrumento facilita a transformação de dados espaciais em informações práticas para uso em políticas ambientais e preservação de áreas ecologicamente sensíveis, como as APPs. Tal fato, associado a visão de Biesdorf *et al.* (2022) evidencia que o SIG, ao ser integrado a outros métodos analíticos, como a análise analítica (AHP) e algoritmos

de evapotranspiração, permite uma visão mais detalhada e precisa do território, auxiliando na tomada de decisões em gestão ambiental e manutenção do meio ecologicamente equilibrado.

Assim, deve-se esclarecer que segundo Lima (2023, p. 01) o SIG “busca oferecer ferramentas para seleção e monitoramento de fornecedores, evitando sanções e penalidades”. Nesse contexto, deve-se observar que cada um dos ciclos presentes na gestão ambiental e no geoprocessamento seguem contextos capazes de integrar melhorias, planejamento, suporte, operações, avaliações e lideranças.

Em conformidade com o que é apontado por Lima (2023), o SIG é utilizado para mapear diversas variáveis aplicadas em bacias hidrográficas, neste sentido, Vendruscolo *et al.* (2019) abordou em seu estudo a utilização de dados altimétricos do SRTM e ferramentas como o TauDEM para a realizar a caracterização morformétrica da Sub-bacia do Alto Rio Jamari, sub-bacia esta que constitui a BHRJ. Os autores obtiveram dados quantitativos e qualitativos para a caracterização da sub-bacia, como de rede de drenagem, índice de sinuosidade e tempo de concentração.

De forma semelhante, Costa *et al.* (2019) utilizaram o SIG, com o suporte de ferramentas como QGIS, SRTM e TauDEM, para analisar a morfometria e a dinâmica do desmatamento na microbacia do Canaã, pertencente à sub-bacia do Alto Rio Jamari. Essa análise permitiu a avaliação de parâmetros geométricos, relevo, drenagem e a evolução do desmatamento entre 1988 e 2018. Além da caracterização morformétrica, o SIG tem sido amplamente aplicado em diversas metodologias, servindo como ferramenta central para avaliar diferentes áreas de estudo e alcançar variados objetivos.

Por outro lado, Cavalheiro *et al.* (2019), ao avaliar o comportamento hidrológico da sub-bacia do Alto Rio Candeias, destacaram que a região apresenta baixa suscetibilidade a enchentes e uma rede de drenagem bem definida. Os resultados obtidos pelos estudiosos, associados ao uso de ferramentas como o SIG, podem contribuir para a formulação de políticas públicas voltadas ao gerenciamento eficiente dos recursos hídricos.

A aplicação do SIG no contexto da BHRJ possibilita a integração de informações técnicas que auxiliam na fiscalização e gestão ambiental. Esse processo não apenas favorece o cumprimento da legislação, mas também promove a sustentabilidade da bacia, minimizando os impactos da ocupação irregular e fortalecendo a proteção dos recursos hídricos e da biodiversidade.

De modo a enfrentar a escassez de recursos e os problemas relacionados aos impactos negativos das ações antrópicas, surgiu a expressão gestão ambiental, o qual na sua origem

buscou evidenciar questões ambientais e traçar rotas para que diversos agentes pudessem agir com consciência ambiental. Tal prática, segundo Mattedi *et al.* 2024, surgiu, inicialmente, pela necessidade de preservação dos recursos para o uso humano e, posteriormente, pela consciência ambiental global, o que historicamente, evoluiu a partir de medidas de proteção de recursos naturais por necessidade, conforme trecho a seguir:

As ações para combater a poluição só começaram efetivamente a partir da Revolução Industrial, embora desde a Antiguidade diversas experiências houvessem sido tentadas para remover o lixo urbano que infestava as ruas das cidades, tornando o ar irrespirável e prejudicando a saúde de seus habitantes. Na segunda metade do século XIX, começa um intenso debate entre membros da comunidade científica e artística para delimitar áreas do ambiente natural a serem protegidas das ações humanas, a fim de criar santuários onde a vida selvagem pudesse ser preservada. Destaca-se, nesse aspecto, a criação do Parque Nacional de Yellowstone nos Estados Unidos em 1872, considerado o primeiro no mundo. O crescimento da consciência ambiental por amplos setores da sociedade é outro fato indutor da emergência da gestão ambiental. A preocupação com o meio ambiente, antes restrita a pequenos grupos de artistas, cientistas e alguns políticos, extravasou para amplos setores da população de praticamente todo o mundo, dado o elevado grau de degradação observado em todas as partes do planeta. Contribuíram para isso catástrofes ambientais de grande proporção, como Seveso, Minamata, Three Mile Island, Bophal, Exxon Valdez, Chernobil, Golfo do México, Cubatão, Baía de Guanabara, Brumadinho, Mariana. As informações sobre problemas ambientais diversos, tornadas possíveis por meio de pesquisas e divulgadas pela grande imprensa, têm sido uma constante nas últimas décadas, de modo que dificilmente alguém minimamente letrado desconhece a existência de problemas ambientais, principalmente os decorrentes da poluição, pois estes são os problemas que afetam mais diretamente as pessoas (Barbieri, 2023, p. 14).

Ante ao transcrito e trazendo tal narrativa, para o contexto do objeto de pesquisa do presente estudo, é possível compreender que o papel da gestão ambiental na BHRJ se insere diretamente no contexto de ações planejadas para garantir a sustentabilidade e proteção dos recursos naturais, especialmente as APPs em topos de morros, e envolve a adoção de tecnologias avançadas, como o SIG, que representa um salto na administração ambiental.

Diante do abordado acima, menciona-se que SIG surge como uma ferramenta histórica e técnica revolucionária no campo da gestão ambiental, permitindo realizar uma análise satisfatória, como também o monitoramento de áreas vulneráveis (Lima, 2023). Tal fato, se faz notório dado que ao contrário das abordagens históricas de gestão ambiental, que eram reativas e baseadas em tentativas de mitigar danos já ocorridos, o SIG permite uma abordagem proativa e preditiva (Biesdorf *et al.* 2022).

Isso significa que, com o auxílio dessa ferramenta, é possível identificar áreas de risco de manipulação antes que ocorra um dano significativo, planos estratégicos planejados e

promoção da preservação e recuperação ambiental de forma mais eficaz. Assim, o SIG permite que os gestores ambientais da região não apenas cumpram as exigências legais do Código Florestal, mas também adotem uma postura ativa na proteção da bacia, integrando a história de evolução da gestão ambiental com a inovação tecnológica necessária para enfrentar os desafios ambientais atuais e futuros.

Por fim, o presente tópico apresenta o SIG como uma ferramenta necessária para a modelagem ambiental e caracterização de APPs, destacando a capacidade do SIG de analisar grandes volumes de dados e integrar múltiplas fontes de informação, o que é particularmente útil na delimitação de APPs em topos de morros, onde a precisão topográfica é indispensável, permitindo a criação de modelos digitais de elevação que ajudam a identificar áreas que devem ser protegidas segundo os critérios do Código Florestal. Dessa forma, nota-se que o SIG é uma ferramenta poderosa para a gestão ambiental, especialmente na caracterização de APPs em topos de morro, proporcionando precisão, eficiência e integração de dados fundamentais para a proteção ambiental.

2.5. GEOTECNOLOGIAS NA DELIMITAÇÃO DE APP EM TOPO DE MORRO

Diante do descrito acima e da relação direta entre o SIG e a gestão ambiental, pode-se compreender que o uso de geotecnologias para a delimitação de APPs tem sido uma ferramenta fundamental para a gestão ambiental, especialmente no monitoramento e planejamento territorial (Santos, 2013). Nesse contexto, observa-se que a aplicação de geotecnologias possibilita uma análise detalhada da topografia e das características hidrológicas das áreas, facilitando a delimitação das faixas de APPs ao longo de cursos d'água, encostas e na definição de topos de morros.

Estudos demonstram que o uso de modelos digitais de elevação (MDE) e SIG em sub-bacias hidrográficas, como o do Ribeirão Lavapés, em São Paulo, permitiram uma melhor identificação das áreas de preservação, com ênfase nas zonas de influência, essenciais para a proteção contra a erosão e o escoamento superficial (Santos, 2013). Nesse contexto, o autor ao interpretar outros autores esclarece que com base nos benefícios dos avanços tecnológicos o geoprocessamento poderá ser compreendido como:

Uma estruturação simplificada da realidade que supostamente apresenta, de forma geral, características e relações importantes, através de dados espaciais. O geoprocessamento, tecnologia aplicada no Sistema de Informação Geográfica (SIG), pode ser definido como o conjunto de técnicas e metodologias que implicam na aquisição,

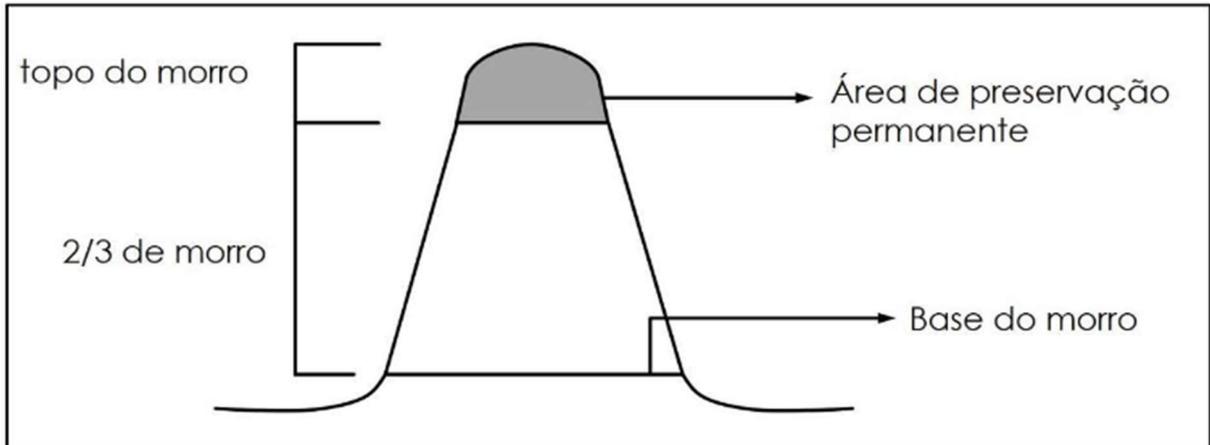
arquivamento, processamento e representação de dados georreferenciados. Um dado georreferenciado é aquele que possui coordenada geográfica (latitude e longitude). Sendo seu objetivo principal fornecer ferramentas computacionais para que sejam determinadas as evoluções temporais e espaciais de um fenômeno geográfico (Santos, 2013, p. 22)

Além disso, conforme Aranda *et al.* (2023), a utilização de dados orbitais e cartográficos associados a técnicas de geoprocessamento tornaram-se eficaz na delimitação e monitoramento das APPs, os quais revelam as mudanças no uso do solo e na gestão das áreas de preservação, apontando para a necessidade de uma ocupação mais sustentável nessas regiões. Segundo, Melo (2020) as geotecnologias amplamente utilizadas no planejamento ambiental capazes de manter uma boa gestão ambiental são “os Sistemas de Informação Geográfica - SIG, a Cartografia Digital, o Sensoriamento Remoto por Satélites, o Sistema de Posicionamento Global (e.g. GPS) e os Veículos Aéreos Não-Tripulados (VANTs)” (Melo, 2020, p. 14).

Em seu estudo, o autor narra acerca da delimitação de APPs de cursos d'água utilizando veículos aéreos não tripulados (VANTs), onde este destaca a importância dessas tecnologias na obtenção de imagens de alta resolução para a correta demarcação das áreas de preservação. Em seu estudo analítico desenvolvido no estado de Minas Gerais, Melo obteve resultados que indicaram que a aplicação de geoprocessamento de dados e geotecnologias reduzem as incertezas na definição dos limites das APPs, minimizando erros e subjetividades que podem surgir em métodos convencionais.

Nesse sentido, compreende-se ao analisar o estudo feito por Melo (2020) que as geotecnologias se consolidam como uma solução eficiente e de baixo custo para a delimitação e monitoramento das APPs, promovendo uma gestão ambiental mais sustentável e precisa. Segundo Aranda *et al.* (2023), no contexto das APPs em topo de morro, sua aplicação possibilitaria uma melhor integração entre o planejamento ambiental e o desenvolvimento econômico, uma vez que facilita a identificação de áreas críticas para a conservação, possibilitando intervenções mais estratégicas e eficazes, como aquelas que podem ser visualizadas na Figura 3.

Figura 3 – Modelo hipotético de morro com base de altura 0 metros e topo com altura 100 metros



Fonte: Viegas, *et al.* (2023).

Nesse contexto, tecnologias como o Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) permitem a criação de modelos digitais de elevação detalhados, que auxiliam na delimitação precisa das APPs, especialmente em topos de morros. A missão SRTM, realizada em fevereiro de 2000 a bordo do ônibus espacial *Endeavor*, mapeou a elevação da superfície terrestre utilizando interferometria de passagem única, técnica em que dois radares, separados por uma distância de 60 metros, captam simultaneamente sinais que, ao serem comparados, permitem calcular com precisão as variações de altitude (USGS, 2018).

Além disso, o MapBiomias, com seu monitoramento contínuo da cobertura do solo, oferece uma visão detalhada das alterações de uso e ocupação ao longo dos anos. Essa ferramenta é eficaz para identificar mudanças no uso do solo em áreas de APP, permitindo observar a perda de vegetação nativa e a pressão de atividades antrópicas sobre as áreas de preservação (MAPBIOMAS, 2019).

Evidencia-se por meio do descrito acima, que a complexidade da importância e a necessidade de conservar ecossistemas frágeis, como a definição das bases dos morros e a criação da concepção do que seria de fato os topos dos morros, tornam o uso de SIG e sensoriamento remoto fundamentais. Conforme Aranda *et al.* (2023), a capacidade dessas tecnologias de fornecer uma visão detalhada e atualizada da paisagem possibilita uma gestão ambiental, contudo há limitações no que diz respeito às áreas de transição entre zonas de preservação e uso econômico.

Santos (2013) destaca que, apesar da precisão técnica fornecida pelas geotecnologias, o uso de SIG ainda depende da correta proteção dos dados e do conhecimento profundo das características geológicas e hidrológicas das áreas em estudo. Segundo a visão do autor, uma análise topográfica pode, por exemplo, subestimar pequenos afloramentos ou detalhes

geomorfológicos que impactam significativamente a dinâmica de escoamento superficial e a estabilidade do solo.

Nessa panorâmica, embora as imagens de alta resolução ofereçam vantagens significativas na detecção de mudanças no uso do solo e nas condições ambientais, é importante abordar criticamente o nível de subjetividade que ainda persiste na interpretação dessas imagens. A correta identificação da largura da calha dos rios, das margens protegidas por lei, dos topos de morros das áreas de preservação, poderão variar conforme os critérios utilizados, o que sugere que a precisão técnica das ferramentas de geoprocessamento deve ser constantemente revisada e acompanhada de validação em campo para garantir que as decisões tomadas sejam base em dados (Melo, 2020).

O estudioso ainda cita o que segue para fundamentar o seu posicionamento:

O georreferenciamento realizado diretamente na base do SICAR, é promovido a partir de imagens de satélite RapidEye, fornecidas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), que possuem pixel de 5 metros. Scolforo *et al* (2014) descrevem que especialistas apontam que o método de vetorização de áreas disponibilizado pelo próprio sistema compreende a opção menos precisa dentre as disponíveis, haja vista que a escala das imagens RapidEye é 1:50.000, diferindo significativamente do potencial de visualização no módulo de cadastro do CAR que pode atingir até a escala 1:5.000. Por sua vez, o carregamento de arquivos predefinidos no sistema, geralmente é pautado em técnicas de geoprocessamento e utilização de softwares SIG, contudo, é passível de certa subjetividade, visto que fica a cargo do técnico responsável pelo cadastro a escolha da base de imagens para geração dos dados. (Melo, 2020, p. 65)

Em paralelo a isto, convém ressaltar uma crítica adicional que deve ser feita é em relação à escalabilidade das técnicas de geoprocessamento. Segundo Aranda *et al.* (2023) em regiões com relevância mais acidentada, solos frágeis ou intensa atividade antrópica a utilização das mesmas metodologias e critérios de geoprocessamento de dados não serão condizentes a realizada biológica da região, exigindo assim exigir um maior cuidado na interpretação dos dados obtidos, considerando as variáveis locais.

Ainda assim, a integração dessas tecnologias com políticas públicas é essencial para garantir que as unidades destinadas a manutenção de um meio ambiente equilibrado. A legislação ambiental, como o Código Florestal Brasileiro, estabelece diretrizes claras para a proteção das APPs, mas sua aplicação prática pode enfrentar desafios, conforme demonstrado por Melo (2020), ao mencionar a subjetividade na delimitação das margens dos cursos d'água. Desse modo, a introdução de tecnologias de precisão, como os VANTs, oferece uma

oportunidade para reduzir essas incertezas, mas apenas se houver uma padronização adequada dos métodos de análise e interpretação dos dados.

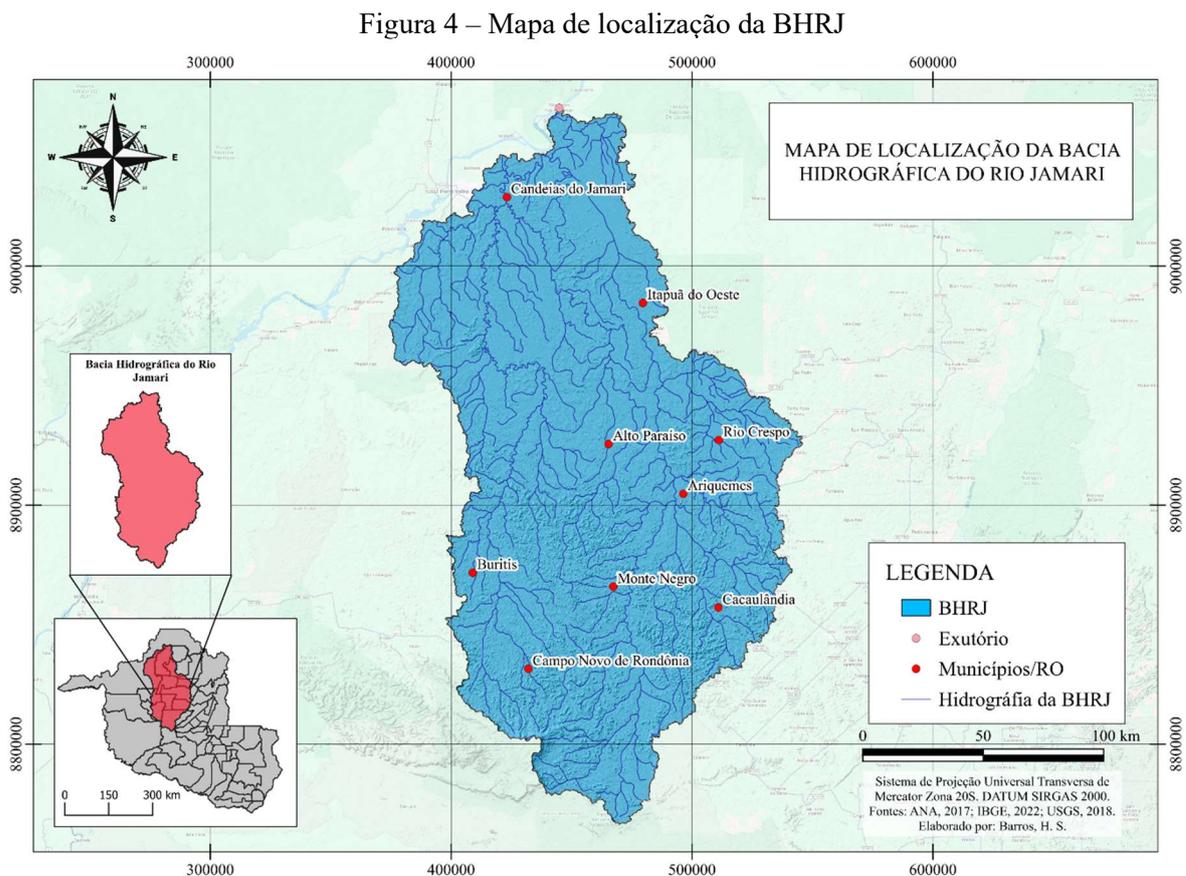
Nesse contexto, no próximo capítulo será possível observar a aplicação práticas das geotecnologias, que segundo a visão deste autor, são um avanço significativo na delimitação de APPs, mas sua aplicação requer um pensamento crítico e uma abordagem multidisciplinar. Desse modo, a combinação de geoprocessamento com dados de campo, conhecimentos geológicos e um entendimento claro da legislação ambiental é imprescindível para garantir que as APPs em topos de morros cumpram sua função ecológica e social, sendo necessário um refinamento contínuo das técnicas e uma maior integração entre todas as partes envolvidas na proteção ambiental.

3. METODOLOGIA

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área territorial da BHRJ é de 28.997,75 km², está situada no estado de Rondônia e faz parte das sete bacias hidrográficas que compõem o território estadual (Figura 4), conforme o Decreto nº 10.114 20 de setembro de 2002 do Estado de Rondônia. Esta bacia abrange 15 municípios de Rondônia, incluindo Alto Paraíso, Ariquemes, Buritis, Cacaupândia, Campo Novo de Rondônia, Candeias do Jamari, Cujubim, Governador Jorge Teixeira, Guajará-Mirim, Itapuã do Oeste, Jaru, Monte Negro, Porto Velho, Rio Crespo e Theobroma (Rondônia, 2018).

Desse modo, poderá ser observado na Figura 4 que a delimitação da bacia está destacada em azul, diminuindo a extensão de sua área de drenagem e a rede hidrográfica associada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A BHRJ está dividida em quatro sub-bacias: Alto Jamari, Baixo Jamari, Alto Candeias e Baixo Candeias. Dentre elas, a sub-bacia do Alto Rio Jamari se destaca pois contém três

Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), sendo Jamari, Santa Cruz e Canaã (Vendruscolo *et al.* 2019; INCRA, 2018). Por sua vez, Carvalho (2019) enfatiza que a bacia é composta por diversos corpos hídricos que são fundamentais para sustentar uma rica biodiversidade.

Desse modo, observa-se que o Rio Jamari, principal curso d'água da bacia, tem sua nascente no interior da bacia e atravessa vários municípios até desaguar no rio Madeira. Nesse contexto, a escala do mapa indica que a área da bacia cobre mais de 100 quilômetros de extensão longitudinal, demonstrando a relevância territorial da bacia dentro da hidrografia de Rondônia. Concomitantemente, a Figura 4 também identifica os limites da bacia com o restante do estado e o ponto de exutório, ou seja, o ponto de saída das águas da bacia.

O clima da bacia é predominantemente tropical úmido, característico da Amazônia, e conta com uma estação chuvosa ocorre de forma bem definida entre os meses de outubro e abril, que influencia diretamente a recarga dos aquíferos e das águas superficiais (Nascimento *et al.* 2011; Soares, Dall'Igna e Mendes, 2024). De acordo com a classificação de Köppen, a região climática é caracterizada por temperaturas médias acima de 18°C no mês mais frio e apresenta médias pluviométricas anuais variando entre 1400 e 2600 mm/ano.

A vegetação predominante da bacia é caracterizada por formações florestais ombrófilas densas e abertas, típicas da Amazônia, marcada por uma rica biodiversidade (IBGE, 2006). De acordo com Mu, Biggs e Sales (2021), as florestas presentes na Amazônia, forneceram 47,9% da umidade responsável pela precipitação entre os anos de 1981 a 2018 no estado de Rondônia.

A BHRJ está inserida em um contexto de fragmentação florestal crescente, resultado de pressão antrópica como desmatamento e expansão agropecuária. Conforme destacam Moreira *et al.* (2023), desde a década de 1970, a região tem enfrentado desafios relacionados com a supressão de florestas primárias e a conversão do uso do solo.

3.2.PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos adotados neste estudo foram realizados com o suporte dos softwares QGIS, GRASS, GDAL e SAGA, que, por meio de suas bibliotecas de algoritmos, permitiram a análise dos dados geoespaciais. A base teórica para o uso dessas ferramentas está ancorada nos estudos de Hanashiro (2019), Oliveira e Filho (2016) e Silva *et al.* (2016), os quais destacam a eficácia dessas plataformas para a gestão ambiental e delimitação de APPs em topo de morro. Além disso, todos os procedimentos seguiram os critérios estabelecidos disposto no Novo Código Florestal, visando que o estudo esteja alinhado

às normas de preservação ambiental vigentes, sendo topos de morros com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25° (Brasil, 2012).

Para a aquisição de dados, foram utilizadas as imagens SRTM 1 Arc-Second Global fornecidas pelo United States Geological Survey (USGS), que oferecem uma resolução de aproximadamente 30 metros, no total 6 cartas/folhas foram manuseadas. Também foi integrada ao estudo a Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) disponibilizada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2015), foi fundamental para a obtenção dos limites da área de estudo que possui escala de 1:1.000.000.

Posteriormente, as 6 cartas foram mescladas com o algoritmo mosaico presente na aba “*raster*” na barra de ferramentas do QGIS. Para fazer o recorte das cenas delimitadas a partir do polígono da área de estudo, foi utilizado o algoritmo *recortar raster pela camada de máscara*, ferramenta pertencente ao módulo GDAL. Em seguida os arquivos foram reprojutados para o DATUM SIRGAS 2000 e Sistema de projeção Universal Transverse Mercator (UTM). Após a preparação, iniciou-se a preparação dos dados.

3.2.1. Declividade e hipsometria da área de estudo

Inicialmente, foi executado o comando *fill sinks xll* (Wang & Liu) para obter o MDEHC corrigido. A partir do MDEHC foi possível realizar os comandos para a elaboração dos mapas de declividade e altitude.

A classificação adotada para a geração do mapa de declividade foi baseada em unidades percentuais, conforme os critérios estabelecidos pela EMBRAPA (1979), conforme Tabela a seguir:

Tabela 1 – Distribuição das classes de declividade

Declividade (%)	Relevo
0 – 3	Relevo plano
3 – 8	Suave ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte ondulado
45 – 75	Montanhoso
>75	Escarpado

Fonte: EMBRAPA, 1979.

Posteriormente utilizou-se o algoritmo *declividade* e em seguida o comando *reclassificar por camada* de modo que o produto final atenda aos intervalos de declividade adotados.

Para a hipsometria, foi adotado a metodologia proposta por Neto et al. (2021), no qual o MDEHC é classificado em metros por meio do processamento no algoritmo *reclassificar por tabela*. Em seguida, utiliza-se o comando *sombreamento* para dar criar aspecto de profundidade no mapa.

3.2.2. Delimitação de APP de topo de morro

A elaboração do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) justifica-se por preencher as depressões espúrias do MDE. Ao executar o algoritmo *fill sinks xxl* (Wang & Liu), obteve-se o MDEHC corrigido que indica o fluxo preferencial dos escoamentos superficiais. Em seguida, para delimitar a base dos morros foi necessário fazer a inversão do MDEHC por meio da *calculadora raster* do QGIS com a seguinte equação:

$$MDEHC_{inv} = (MDEHC - 10.000) * (-1)$$

Hanashiro (2019) explica que um MDEHC invertido tem a função de indicar os topos de morro do MDEHC inicial com base na direção do fluxo hídrico. A etapa subsequente consistiu em processar o MDEHC invertido no algoritmo *r.terraflow*, que está incluso no módulo GRASS como uma de suas ferramentas, a saída resultou na obtenção das bases dos morros.

O arquivo resultante da etapa anterior foi convertido em formato vetor por meio do comando o *r.to.vect* do GRASS. Em seguida, o MDEHC foi processado no comando *Estatísticas Zonais* para extrair os valores de altitude máximos e mínimos, o terceiro valor extraído trate-se da diferença entre os valores máximos e mínimos, intitulado como *range*. Os dados obtidos foram atribuídos na tabela de atributos no shapefile “limites_bases_EZ”.

Para determinação de declividade, o MDEHC foi processado no algoritmo *Slope, Aspecte, Curvature* do SAGA, e para determinar a declividade média, o arquivo resultante foi executado no comando *Estatísticas Zonais*, por fim, foi adicionado como atributo no shapefile “limites_bases_EZ”.

A partir desse momento, inicia-se o processo de afinilar os morros em que se enquadram simultaneamente no disposto do Inciso IX do Art. 4º da Lei 12.651/2012, ou seja, atendem aos critérios de altura maior que 100 (cem) metros e inclinação superior à 25º graus. Ao fim da seleção, foi gerado o arquivo “Topo_Morro”. Com essa segregação, partiu-se para o cálculo do

terço superior do morro, sendo esta área a que deverá ser a APP de cada morro, com a seguinte equação:

$$\text{Terço} = \text{Altura}_{\text{max}} - (\text{range}/3)$$

O formato do arquivo resultante se trata de um vetor, no entanto, precisa-se fazer a conversão para raster utilizando o comando *v.to.rast* do GRASS, de forma que apenas o atributo do terço superior fosse extraído. Com a *calculadora raster* separou-se os valores superior ao do terço superior. O arquivo resultante é convertido de raster para vetor, e obtém-se por fim, o arquivo “APP_Topo_Morro”.

Os autores supracitados tornaram-se referência na criação de metodologias que permitem a delimitação automatizada de APPs, especialmente em áreas de topo de morro, de forma eficiente e conforme os critérios legais estabelecidos pelo Código Florestal (ENGIE, 2020). Como caracteriza Oliveira e Filho (2013), as técnicas automatizadas de mapeamento digital surgiram como uma solução eficiente para reduzir os custos elevados e o tempo necessário para a realização de mapeamentos em campo como pelo fato de a tomada de decisão ser executada por meio de algoritmos, dessa forma o processo torna-se mais preciso, desde que a metodologia seja definida.

3.2.3. Comparativo com vegetação nativa existente

Para realizar o comparativo entre as áreas delimitadas com base nos critérios estabelecidos pelo Novo Código Florestal (NCF), foi aplicada a metodologia descrita por Muniz (2022), que envolve o mapeamento de uso e cobertura do solo em plataforma de computação em nuvem Google Earth Engine (GEE) vinculado ao Projeto MapBiomias. O conjunto de dados da plataforma são construídos a partir de uma classificação detalhada realizada em nível de pixel, utilizando imagens de satélite Landsat (MAPBIOMAS, 2015).

Para realizar o mapeamento de uso e cobertura do solo nas APPs de topo de morro na BHRJ, foi adotado um fluxo de trabalho detalhado que integra diversas etapas de processamento em ambientes SIG. Inicialmente, os dados raster foram obtidos através da plataforma GEE. Neste ambiente SIG, utilizou-se a camada shapefile da BHRJ para definir os limites da área de estudo, garantindo que o recorte do uso e cobertura do solo fosse realizado dentro dos limites específicos da bacia.

Após a obtenção os arquivos em GeoTIF, iniciou-se o processo de reclassificação do solo no software QGIS, onde as classes de uso foram ajustadas de acordo com a coleção 9 do Código de Legendas do MapBiomias. Foram adotadas 5 (cinco) classes de interesse, sendo: Floresta, Formação Natural Não Florestal, Pastagem, Áreas Não Vegetadas, Corpos d'Água e

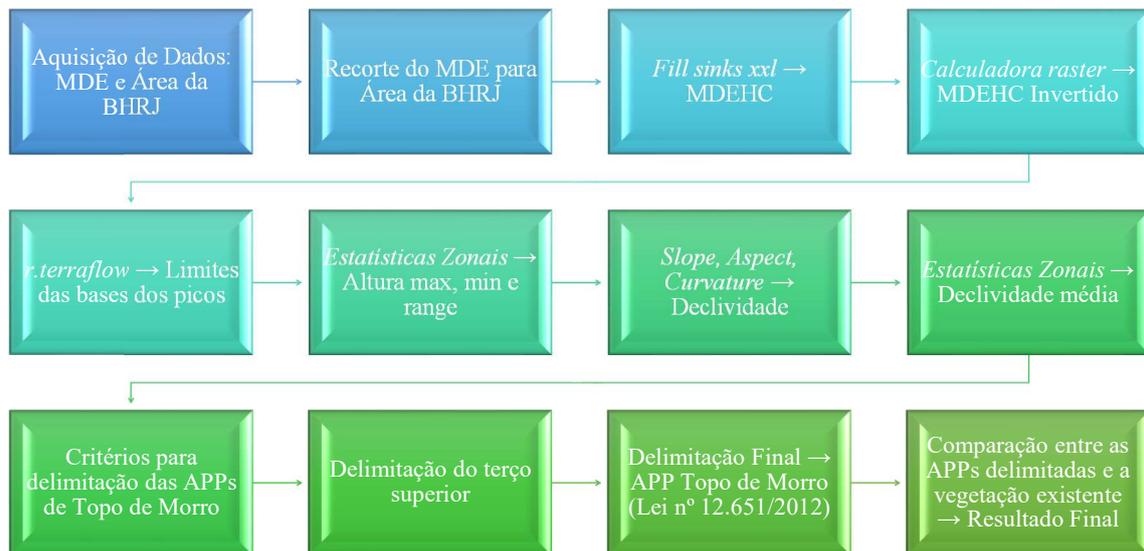
Agricultura. Essas classes foram escolhidas devido à sua relevância para o contexto local da bacia, com base na importância ambiental e no impacto socioeconômico regional.

Após a reclassificação das imagens com base nas classes mencionadas, foi realizado o recorte dos dados *raster* a partir dos limites previamente delimitados das APPs em topo de morro. Esse recorte foi essencial para isolar as áreas específicas de interesse, permitindo que o estudo se concentrasse apenas nas APPs conforme os critérios estabelecidos pelo Novo Código Florestal.

Com o arquivo recortado, os dados foram exportados para planilhas no Excel. Esse processo envolveu a quantificação da área ocupada por cada classe de uso do solo nas APPs delimitadas para verificar a conformidade com a legislação ambiental vigente e, conseqüentemente, o uso indevido do solo nas áreas protegidas.

O fluxograma a seguir ilustra, resumidamente, a sequência de atividades realizadas para delimitar as APPs em topo de morro e o processo comparativo entre as áreas delimitadas com a cobertura vegetal em ambiente SIG.

Figura 5 – Fluxograma das atividades realizadas sequencialmente



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

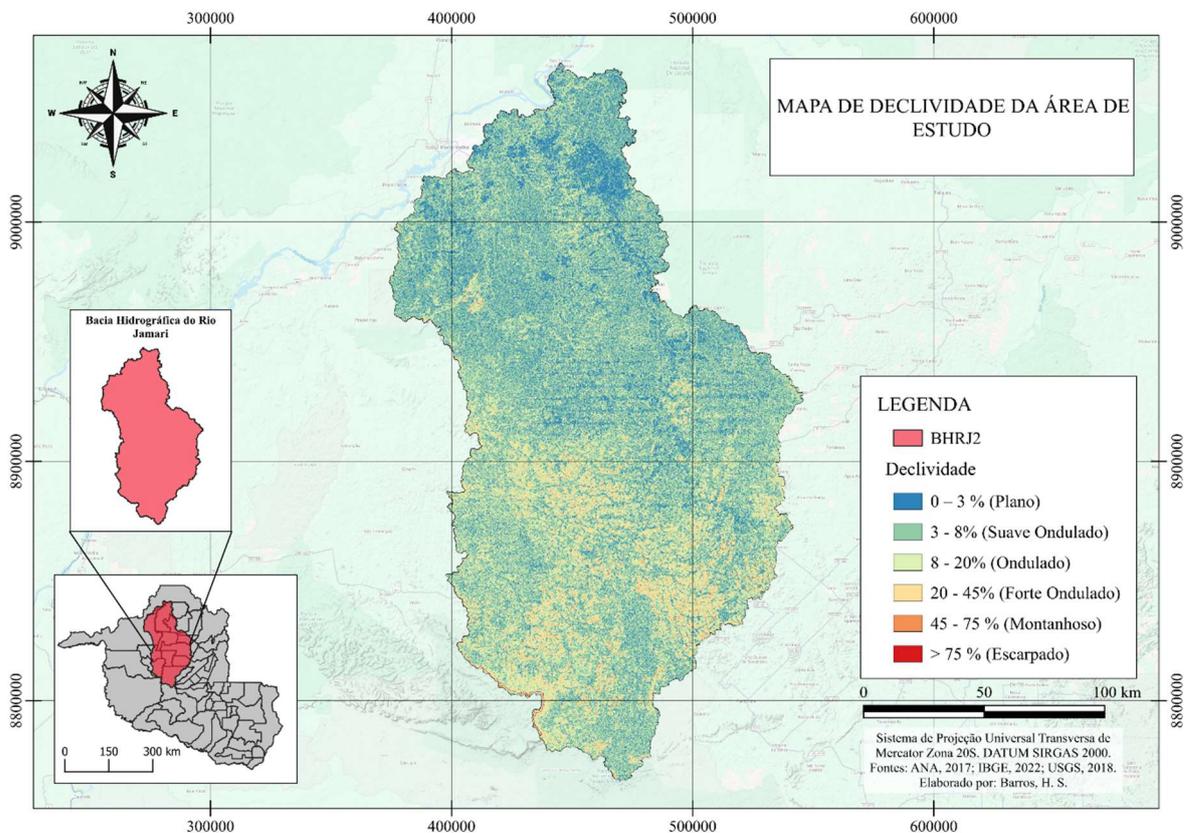
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa apresentam a delimitação das APPs em topos de morro, conforme os critérios da Lei nº 12.651/2012. Por meio da aplicação de técnicas de geoprocessamento, caracterizou-se a área, identificou-se os topos de morros que atendem simultaneamente os critérios do CFB de 2012 e delimitou-se as áreas que devem ser protegidas perante a legislação ambiental, comparando-as com a cobertura vegetal existente, ou seja, se estão em conformidade ou em desacordo com o estabelecido pela lei.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Os resultados obtidos foram compilados em mapas temáticos e em tabelas com valores quantitativos, ao integrar essas duas ferramentas, permite-se visualizar os resultados de forma clara e detalhada. Nesse contexto, deve-se observar a declividade da bacia hidrográfica conforme Figura 6.

Figura 6 – Mapa de declividade da BHRJ



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A figura acima apresenta o mapa de declividade da BHRJ, que classifica a relevo da região em diferentes faixas, variando de áreas planas (0–3%) a escarpadas (>75%). Ao analisar a Tabela 2, observa-se que as áreas que se enquadram nas classes forte ondulado, montanhoso e escarpado, tendem a possuir uma quantidade significativa de APPs de topo de morro, dado que de acordo com a legislação, áreas com inclinação superiores a 25 graus, como encostas íngremes e topos de morros, devem ser obrigatoriamente preservadas.

Além disso, a Tabela 2 também indica que a bacia possui uma predominância de áreas com declividade plana (entre 0% e 3%), suave ondulado (entre 3% e 8%) e ondulado (8 - 20%), esse resultado é corroborado por Vendruscolo *et al.* (2019), que identificaram, com base nas classes de declividade, a predominância de relevo plano a suave ondulado. Há também zonas de forte ondulação (20–45%) e áreas montanhosas (>45%), especialmente ao sul da área de estudo, conforme destacado pela representação percentual. Fato este que evidencia que essas áreas são críticas para a formação de APPs em topos de morro.

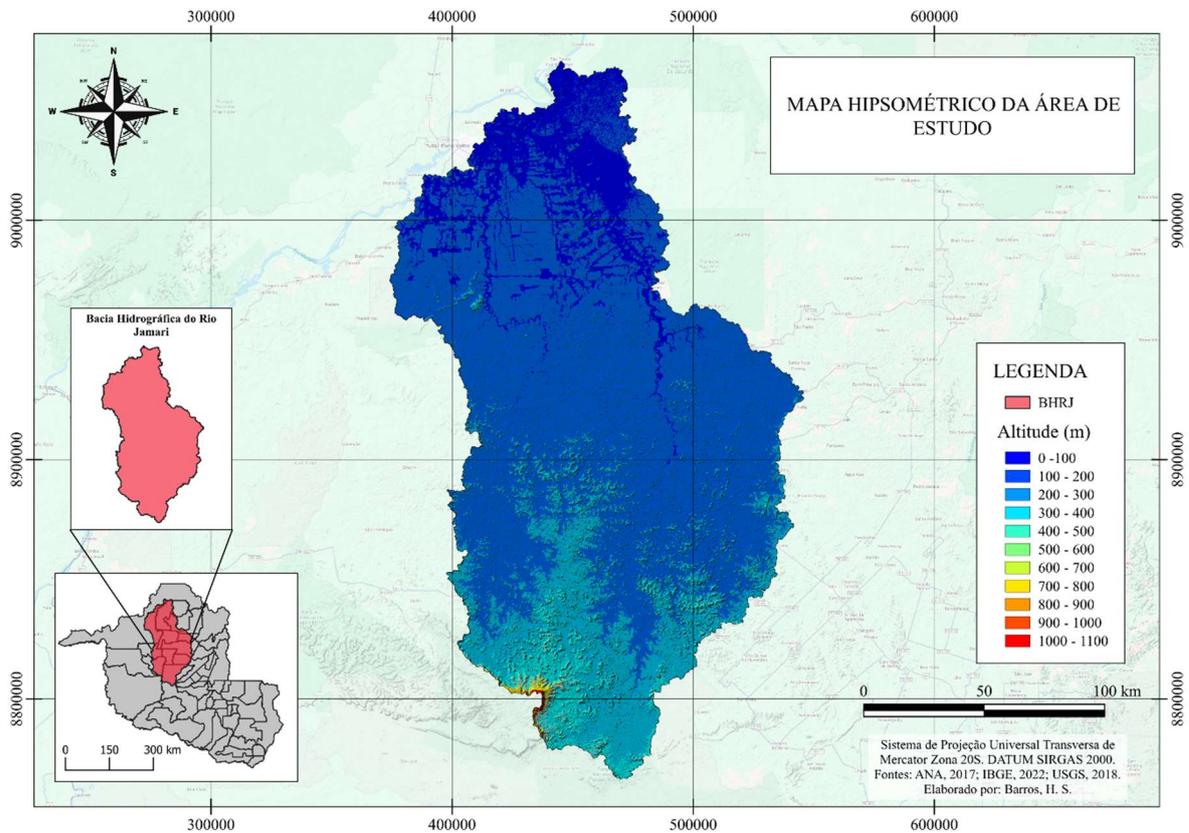
Tabela 2 – Resultados quantitativos obtidos dos dados de declividade

Classe	Área da Classe (km²)	Área da Classe (%)
0 - 3% Plano	6052,33	20,28
3 - 8% Suave Ondulado	12.765,88	42,78
8 - 20% Ondulado	8.349,73	27,98
20 - 45% Forte Ondulado	2.494,50	8,36
45 - 75% Montanhoso	165,47	0,55
> 75% Escarpado	11,48	0,04

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Diante disso, deve-se observar na Figura 7 a caracterização hipsométrica da região objeto de estudo ao qual oferece uma representação das altitudes da BHRJ com uma escala que varia do azul ao vermelho, correspondendo a altitudes de 0 a 1100 metros.

Figura 7 – Mapa Hipsométrico da BHRJ



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em uma interpretação crítica à Figura 7, pode-se observar que maior parte da bacia está situada em áreas de altitudes relativamente baixas, entre 0 a 400 metros (representadas pelos núcleos em tons de azul). Ante o exposto, essa faixa de altitude é representada por um percentual de 98,45% em relação a área ocupada pela BHRJ, conforme destaca a Tabela 3. Essas áreas tendem a ser menos suscetíveis a processos erosivos, mas a proteção dos recursos hídricos e da vegetação nativa ainda é essencial, especialmente nas áreas de várzea e margens de rios.

No entanto, os topos de morro que se enquadram ao estipulado pela legislação ambiental estão situados, em sua maioria, na parte sul da bacia, um dos aspectos relacionados com este fator é a presença de elevações mais significativas nesta região da BHRJ, com altitudes que variam de 500 a 1100 metros (representadas nas cores verde, amarelo, laranja e vermelho), ocupando um total de 0,56% da área territorial da bacia (Tabela 3).

Diante disso, alguns autores estudando a BHRJ, com Cavalheiro *et al.* (2019) e Vendruscolo *et al.* (2019) identificaram, respectivamente, altitude mínima de 87 metros e máxima de 1.093 metros na sub-bacia do Alto Rio Candeias, enquanto na sub-bacia do Alto Rio Jamari a altitude mínima identificada foi de 88 metros e máxima de 1.107 metros.

Tabela 3 – Resultados quantitativos obtidos dos dados altimétricos

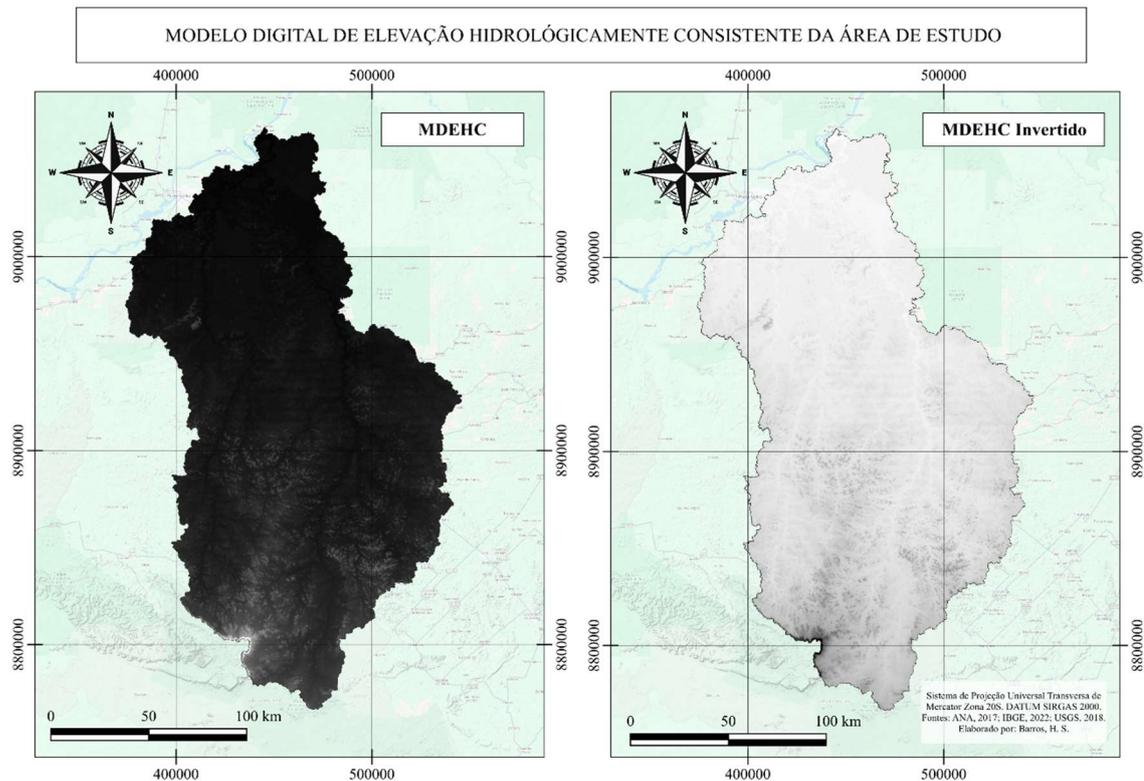
Altitude (m)	Área da Classe (km ²)	Área da Classe (%)
0 - 100	3.635,38	12,16
100 - 200	19.164,15	64,12
200 - 300	5.124,10	17,14
300 - 400	1.502,30	5,03
400 - 500	295,47	0,99
500 - 600	81,49	0,27
600 - 700	39,10	0,13
700 - 800	16,97	0,06
800 - 900	12,81	0,04
900 - 1000	10,37	0,03
1000 - 1100	7,89	0,03

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

4.2.DELIMITAÇÃO DE APPS DE TOPO DE MORRO

A Figura 8 consiste em dois Modelos Digitais de Elevação Hidrológicamente Consistentes (MDEHC) que foram indispensáveis para a delimitação das APPs de topo de morro na BHRJ.

Figura 8 – Modelo digital de elevação hidrológicamente consistente.



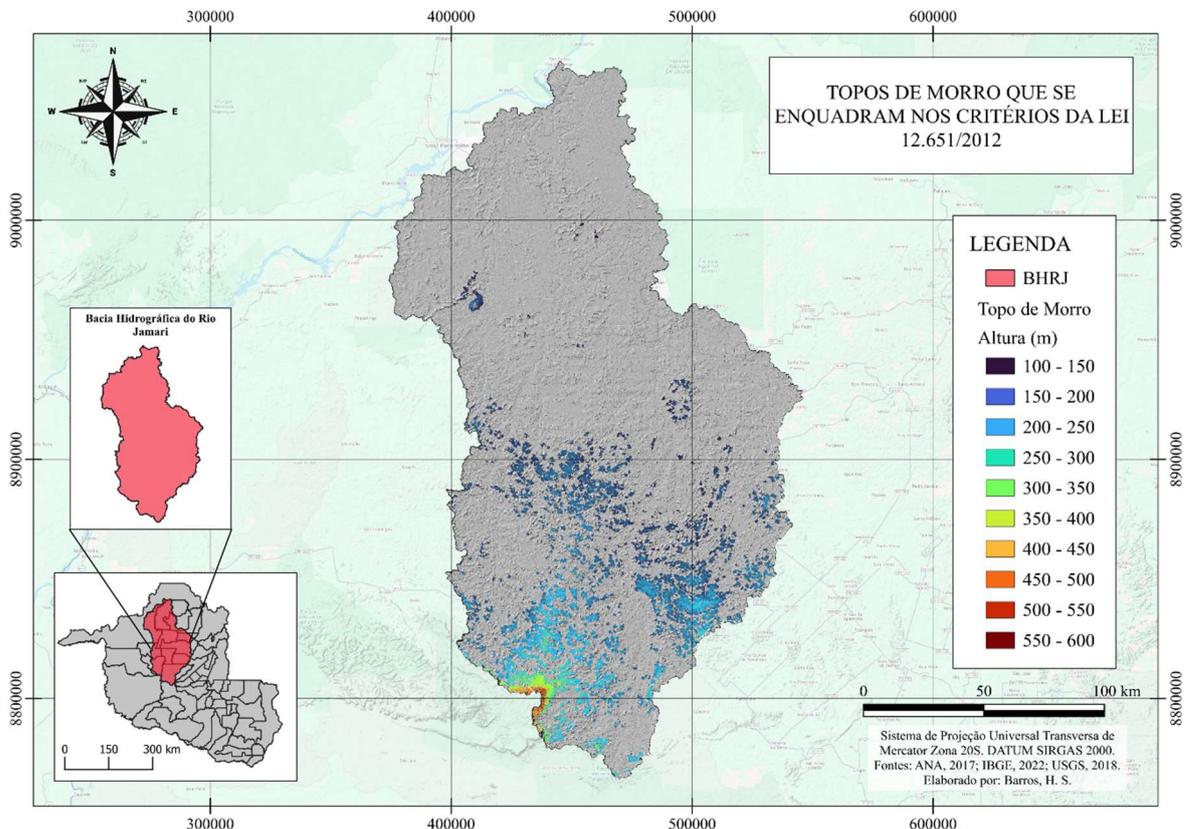
Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

O modelo à esquerda mostra o MDEHC após correção pelo algoritmo *fill sinks xxi* (Wang & Liu), enquanto o à direita exibe o mesmo modelo em sua versão invertida, que é usado para destacar a morfologia e padrões de drenagem da bacia. Ante ao disposto no mapa, deve-se esclarecer que no MDEHC original, é possível observar as elevações e relevos da BHRJ, no qual as áreas mais claras envolvem regiões mais elevadas, como topos de morro e montanhas, que estão localizadas predominantemente na região sul da bacia.

Paralelamente, o MDEHC invertido proporciona uma visão complementar, pois indica as regiões mais suscetíveis à acumulação de água representadas pelas cores mais claras, mas em contrapartida, fornece recursos para a delimitação dos limites das bases de topo de morro, uma vez que, visualmente, ao inverter os dados topográficos, evidencia os locais em que o fluxo hídrico se direciona.

Conforme pode-se observar na Figura 9, são apresentados em destaque as áreas de topo de morro da BHRJ que se enquadram nos critérios de APPs conforme o art. 4º da Lei nº 12.651/2012 e ilustra a altura dos topos de morro, com intervalos de 50 metros, mas vale ressaltar que a área mais elevada encontrada foi de 566 metros (vermelho) e altura mínima de 100 metros (em azul), sendo a permitida por lei.

Figura 9 – Topos de morro que se enquadram nos critérios da Lei nº 12.651/2012

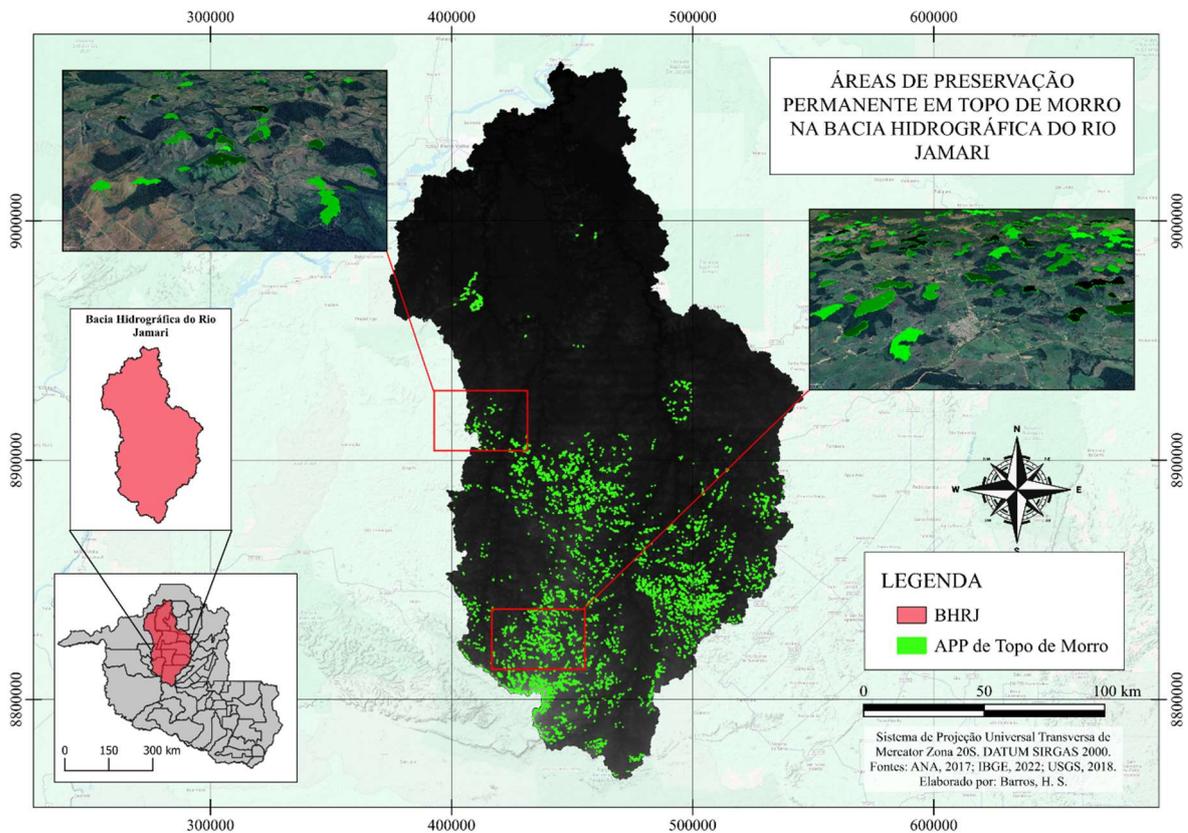


Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A análise permitiu delimitar um total de 4.789 morros aptos às APPs, além disso, contabilizando a partir de base dos morros ou encostas íngremes, possuem uma área preenchida de 2.722,88 km². Fatos estes, os quais esclarecem que as áreas em destaque no mapa indicam regiões que possuem elevação suficiente e características de declividade que são classificadas como APPs, em conformidade com a legislação ambiental vigente. Além disso, vale ressaltar que a maior inclinação obtida após a implementação dos critérios legislativos à base de dados processados, foi de 89,9 graus e a menor de 30,2 graus.

Desse modo, nota-se ao analisar o mapa que as áreas do topo de morro estão situadas majoritariamente na parte sul da bacia, com algumas áreas mais elevadas espalhadas ao longo do território. Nesse contexto, o mapa revela que as APPs de topo de morro estão distribuídas de maneira desigual pela bacia, com uma concentração maior em regiões que necessitam de proteção para preservação ambiental. Assim, analisa-se na Figura 10 as APPs os topos de morro.

Figura 10 – APPs em topo de morro na BHRJ



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Após os mapeamentos, constatou-se que as APPs de topo do morro da BHRJ, ocupam uma área de 693,0 km², e a área preenchida variou de acordo com a altura total de cada morro

ou encosta íngreme, estando situadas, conforme descrito na revisão de literatura, apenas no terço superior de cada morro, resultando em áreas diferentes devido as particularidades de cada morro.

4.3.CONFORMIDADE DE COBERTURA FLORESTAL DAS APPS DE TOPO DE MORRO PERANTE A LEI 12.651/2012

Os resultados de uso e ocupação do solo na BHRJ são apresentados na Tabela 4 e Figura 11, os quais ilustram a situação atual das APPs e fornecem subsídios para refletir sobre as ações necessárias para aprimorar a gestão ambiental visando a proteção das APPs de topo de morro.

Tabela 4 – Uso e ocupação do solo nas APPs de topo de morro na BHRJ

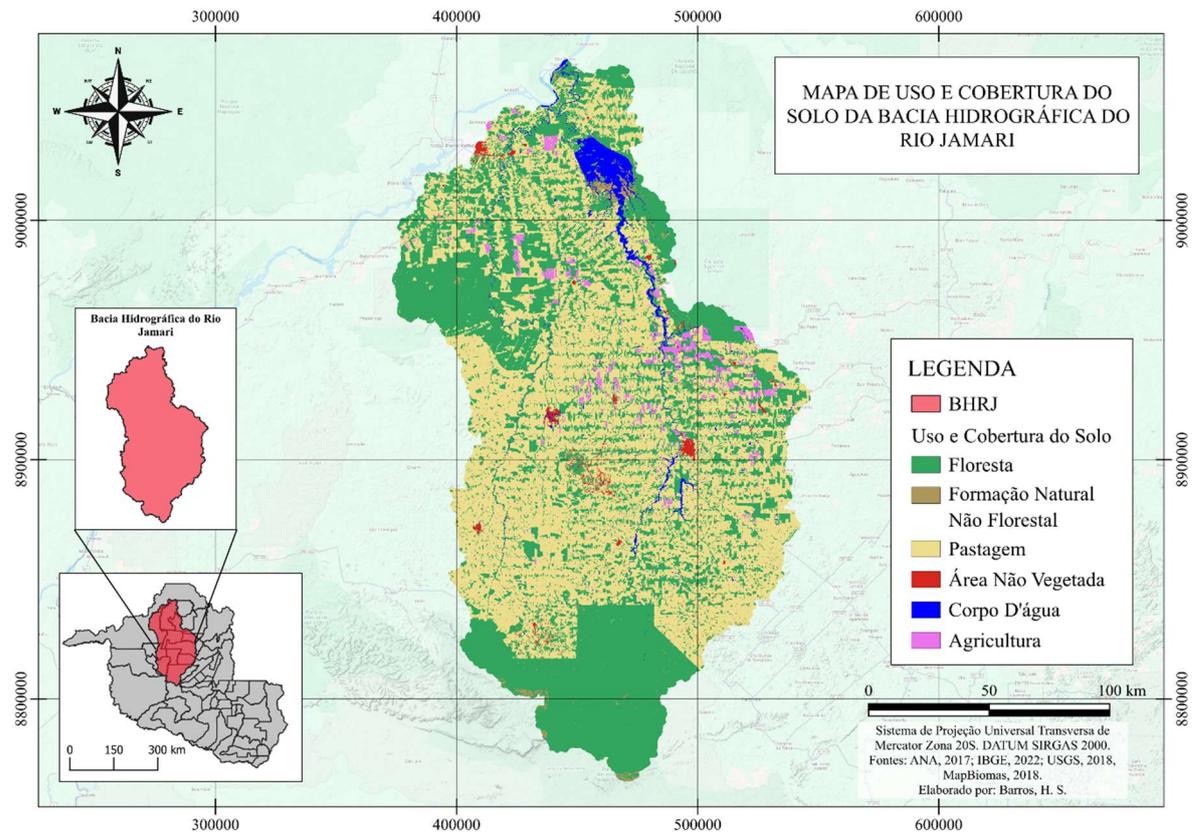
Classe	Área da Classe (km²)	Área da Classe (%)
Floresta	433,425	62,544
Formação Natural Não Florestal	57,594	8,311
Pastagem	201,763	29,115
Área Não Vegetada	0,119	0,017
Corpo D'Água	0,021	0,003
Agricultura	0,076	0,010

Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A avaliação do uso e ocupação do solo das APPs delimitadas revelou uma cobertura florestal de 62,54%, conforme destaca a Tabela 4. Esse índice, no entanto, representa uma inconformidade com o que é estabelecido pela Lei 12.651/2012, que prevê a preservação integral da vegetação nativa nas APPs.

Ante o exposto e considerando que a visualização exclusiva das classes dentro das APPs não proporciona uma análise clara e detalhada, optou-se por apresentar um mapa abrangendo toda a área de estudo. Essa abordagem amplia a perspectiva, permitindo uma melhor compreensão da distribuição do uso e cobertura vegetal, facilitando a identificação de padrões e a contextualização das APPs em relação ao entorno.

Figura 11 – Uso e cobertura do solo da área de estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A análise das APPs na BHRJ demonstra que uma parcela significativa da cobertura do solo é ocupada por pastagem, que correspondem a aproximadamente 29,11% do território delimitado. Essa ocupação indevida pode refletir as possíveis pressões econômicas que influenciam o uso do solo em regiões protegidas. Conforme Oliveira e Nora (2023) e Rocha *et al.* (2023), tais atividades antrópicas, visam, predominantemente, fins econômicos e lucrativos, que conseqüentemente não apenas violam as diretrizes de proteção das APPs como também contribuem para a degradação ambiental e a perda da vegetação nativa, comprometendo a estabilidade ecológica e os serviços ambientais fundamentais dessas áreas protegidas.

A Figura 12 ilustra as APPs em topos de morro distribuídas pela BHRJ e, com auxílio da ferramenta de projeção em 3D da plataforma Google Earth Pro, pode-se visualizar de maneira mais objetiva alguns dos 4.789 morros delimitados.

Figura 12 – Projeção das APPs em topo de morro na BHRJ



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

A Figura 13 apresenta a cidade de Campo Novo de Rondônia rodeada por APPs em morros ou encostas íngremes enquadradas na legislação, por estar situada ao sul da BHRJ, o município constitui quantidade considerável de topos de morros, como também área territorial mais próxima da nascente do Rio Jamari.

Figura 13 – Projeção das APPs no município de Campo Novo de Rondônia/RO



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Nas áreas em que há ausência de cobertura florestal, observou-se alguns locais destinados à usos agropecuários, especialmente pastagens, este fator pode resultar em impactos negativos significativos relacionados com a estabilidade ecológica nas regiões degradadas.

Dentre esses efeitos nocivos, Domingues *et al.* (2020) destaca que a conversão de cobertura florestal para pastagens na região Norte do país exerce uma pressão significativa que impactam diretamente serviços ecossistêmicos essenciais, como a captura e o armazenamento de carbono. No entanto, Thomaz, Nunes e Watanabe (2020) relatam que, a redução das áreas florestadas limita a capacidade da região de atuar como um sumidouro global de carbono, contribuindo para emissões significativas de gases de efeito estufa e agravando os efeitos das mudanças climáticas globais.

Outro fator agregado à falta de vegetação nativa é a redução das interações ecológicas, resultando na perda de habitats, alimentos e recursos essenciais para a fauna e flora, o que conseqüentemente leva ao declínio da biodiversidade. Conforme Domingues *et al.* (2020), os efeitos do desflorestamento têm se intensificado com a expansão da fronteira agrícola, promovendo uma fragmentação crescente dos ecossistemas e dificultando a resiliência das espécies às mudanças da cobertura vegetal.

A presença de pastagens são notáveis na BHRJ, inserindo-se também em áreas cuja preservação é prevista por Lei, como as APPs em suas diversas classificações, incluindo as de topo de morro, sendo assim um dos fatores que promove a degradação do solo é sua compactação. Desse modo, solos compactados apresentam menor porosidade, dificultando o crescimento das raízes e reduzindo a capacidade de infiltração de água, isso não apenas degrada a qualidade do solo, mas também intensifica a erosão, resultando em perda de nutrientes e comprometendo o potencial produtivo das áreas convertidas (Barros *et al.* 2020).

De acordo com Caviglia-Harris (2018), a substituição de florestas por outros usos gera o aumento de temperatura superficial e a diminuição da precipitação, afetam não apenas os ecossistemas, mas também as atividades econômicas como pecuária, agricultura e pesca, que dependem de um equilíbrio climático para sua viabilidade. Além disso, a remoção das florestas intensifica o escoamento superficial, contribuindo para o assoreamento dos rios e a redução da qualidade da água.

É imprescindível a realização de uma análise temporal para monitorar o uso e ocupação do solo nas APPs de topo de morro, pois, conforme estabelece a Lei 9.605/1998, em casos de degradação ambiental, o responsável deve adotar medidas de recuperação das áreas impactadas. O Art. 66 da Lei 12.651/2012 prevê que essa recuperação pode ser realizada por meio de recomposição, regeneração natural ou compensação ambiental, dependendo da aprovação do órgão ambiental competente.

Essas medidas, alinhadas à regularização do imóvel e ao Programa de Regularização Ambiental (PRA), buscam assegurar a restauração das áreas degradadas, contribuindo para a

sustentabilidade e a conformidade legal. Neste contexto, para facilitar a regularização dos imóveis rurais, o Código Florestal de 2012 introduziu um recurso significativo para os proprietários rurais ao permitir o cômputo das APPs no cálculo do percentual da RL do imóvel visando auxiliar na regularização e restauração ambiental das propriedades rurais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise permitiu delimitar um total de 4.789 morros aptos às APPs, com área preenchida de 2.722,88 km², a classificação atendeu aos critérios estabelecido pela Lei 12.651/2012, sendo altura mínima de 100 metros e inclinação média maior que 25°, delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços). Após os mapeamentos, constatou-se que as APPs de topo do morro da BHRJ ocupam uma área de 693,0 km². Os resultados indicaram que apenas 62,54% das áreas delimitadas como APPs de topo de morro apresentam vegetação florestal, enquanto 29,11% dessas áreas estão ocupadas por pastagens. As classes formação natural não florestal, áreas não vegetadas, corpos d'água e agricultura totalizam 8,34% das APPs de topo de morro delimitadas. A distribuição das APPs mostrou que a maior concentração de áreas de preservação encontra-se na porção sul da bacia.

Contudo, cabe ao órgão ambiental competente analisar, acompanhar e, se cabível, autuar os infratores que possuem áreas com ausência de cobertura florestal nas APPs de topo de morro, pois a degradação de áreas sensíveis como as APPs acarretam em diversos impactos para a região, como a destruição de vegetação nativa, interferência na dinâmica hídrica, erosão e assoreamentos dos corpos hídricos. Além disso, a metodologia empregada nas APPs de topo de morro na BHRJ pode ser replicada em outras áreas de estudos com interesse ambiental.

Vale ressaltar que algumas limitações técnicas foram observadas, como o uso de caracteres especiais no título das pastas de armazenamento, o que dificultou a geração de alguns arquivos pelo QGIS. Além disso, a resolução espacial de 30m utilizada, proveniente de MDEs gratuitos, pode ter limitado a identificação precisa de certas APPs, particularmente em áreas de relevo complexo. Quanto aos próximos passos da pesquisa, sugere-se a continuidade do monitoramento das APPs utilizando técnicas de geoprocessamento mais aprimoradas com recursos de alta resolução.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas –ANA. (2015). Base hidrográfica ottocodificada. Brasília: ANA.

ARANDA, Lucas Candido Rodrigues; DOS SANTOS, Noé Barroso; DA SILVA DOURADO, Camila. Uso de geotecnologias como ferramenta para delimitação e monitoramento das áreas de preservação permanente do município de Bonito-MS. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 5, n. 1, p. 1-13, 2023. DOI: 10.48075/ijerrs.v5i1.30573. Disponível em: <https://saber.unioeste.br/index.php/ijerrs/article/view/30573>. Acesso em: 22 set. 2024.

BARBIERI, José C. Gestão ambiental empresarial. 5th ed. Rio de Janeiro: **Saraiva Uni**, 2023. *E-book*. p.12. ISBN 9788571441453. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788571441453/>. Acesso em: 22 out. 2024.

BARROS, Jamilly Alves de et al. Human disturbance affects enzyme activity, microbial biomass and organic carbon in tropical dry sub-humid pasture and forest soils. **Archives Of Agronomy And Soil Science**, [S.L.], v. 66, n. 4, p. 458-472, 30 maio 2019. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/03650340.2019.1622095>. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03650340.2019.1622095>. Acesso em: 16 nov. 2024.

BIESDORF, Diane Luiza *et al.* Estudo bibliométrico sobre o uso de geotecnologias na análise da vulnerabilidade ambiental: perspectivas para a gestão ambiental. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 10, p. e155111032548, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i10.32548. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32548>. Acesso em: 22 set. 2024.

BRASIL. **Decreto 23.793, de 23 de janeiro de 1934**. Aprova Código Florestal. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1930-1949/d23793.htm. Acesso em: 5 set. 2024

BRASIL. **Lei 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Institui o novo Código Florestal. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14771.htm. Acesso em: 5 set. 2024

BRASIL. **Lei n.º 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras disposições. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm. Acesso em: 5 set. 2024.

BRASIL. **Lei n.º 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 5 set. 2024.

BERNARDES, Marina Pinho; LUIZ, Edna Lindaura. APP em topos de morro em dois maciços cristalinos de Florianópolis/SC: aplicação para diferentes modelados de relevo e segundo critérios de delimitação do Antigo e do Novo Código Florestal. **GEOUSP Espaço e**

Tempo (Online), São Paulo, Brasil, v. 27, n. 2, p. e-193254, 2023. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2023.193254. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/193254>.. Acesso em: 27 set. 2024.

CASTRO, Stéphanie Louise Inácio; MAY, Leda Ramos; GARCÍAS, Carlos Mello. Meio Ambiente E Cidades-Áreas De Preservação Permanente (Apps) Marginais Urbanas Na Lei Federal N. 12.651/12. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 1340-1349, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/qZvTJxKZVxYfgmrJtJFvhkS/?format=html>. Acesso em: 22 Set. 2024.

CARVALHO, E. B. de. O Código Florestal brasileiro de 1934: a legislação florestal nas disputas pelo território. **Anos 90**, [S. l.], v. 23, n. 43, p. 417–442, 2016. DOI: 10.22456/1983-201X.47974. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/anos90/article/view/47974>. Acesso em: 17 ago. 2024.

CAVALHEIRO, Wanderson Cleiton Schmidt *et al.* Hydrogeomorphological detail of the Alto Candeias River sub-basin, Western Amazon, Brazil. **Venezuelan Geographical Magazine**, 2019. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7358631>> Acesso em: 15 nov. 2024.

CAVIGLIA-HARRIS, Jill L.. Agricultural innovation and climate change policy in the Brazilian Amazon: intensification practices and the derived demand for pasture. **Journal Of Environmental Economics And Management**, [S.L.], v. 90, p. 232-248, jul. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeem.2018.06.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0095069616301358?via%3Dihub>. Acesso em: 20 nov. 2024.

COSTA, Diego Pereira et al. Morfometria e dinâmica de desmatamento da microbacia Canaã, Amazônia, Brasil. *Brazilian Journal Of Development*, [S.L.], v. 5, n. 12, p. 30754-30772, 2019. **Brazilian Journal of Development**. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv5n12-187>. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/5402>. Acesso em: 15 nov. 2024.

COUTINHO, Luciano Melo *et al.* Land Use and Permanent Preservation Areas (PPA) in the Watershed of Rio da Prata, Brazi. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 4, p. 425-434, nov. 2013. Disponível em: <https://www.floram.org/doi/10.4322/floram.2013.043>. Acesso em: 22 set. 2024.

DELAROCHE, Martin; LE TOURNEAU, François-Michel; DAUGEARD, Marion. Como a classificação e o mapeamento da vegetação podem influenciar a conservação: o exemplo da Lei de Proteção à Vegetação Nativa do Brasil. **Política de Uso da Terra**, v. 122, 2022. Disponível em : <https://www.sciencedirect.com / journal / land -use -policy> . Acesso em: 22 Set. 2024.

DOMINGUES, S. C. O. *et al.* Agricultural activity: Legal Amazon: Ambiental degradation. **Scientific Electronic Archives**, [S. l.], v. 13, n. 8, p. 104–110, 2020. DOI: 10.36560/13820201035. Disponível em: <<https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/view/1035>>. Acesso em: 20 nov. 2024.

EMERENCIANO, I. B. A.; LIMA, V. Brazilian environmental legislation and its impact on Permanent Preservation Areas (PPAs): case study of Ribeirão Marumbi, PR. **CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES**, [S. l.], v. 17, n. 2, p. e5131, 2024. DOI: 10.55905/revconv.17n.2-102. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/5131>. Acesso em: 4 out. 2024.

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. Micelânea, 1)

ENGIE TRANSMISSÃO DE ENERGIA LTDA (Pr). Nota técnica de atualização das áreas de preservação permanente apresentados no Estudo de Impacto Ambiental dos empreendimentos Linha de Transmissão 525KV Ivaiporã - Ponta Grossa (C1 E C2) (Grupo 1). **Geoconsultores Engenharia e Meio Ambiente**, 2020. 27 p. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-09/239._nota_tecnica_app_grupo_i.pdf. Acesso em: 14 set. 2024.

FABIANI, T.; CAMILLO DE CARVALHO, M. A.; TEIXEIRA, A. D. ; YAMASHITA, O. M.; LIMA, M. G. de. Brazilian Forest Code: evolution of environmental standards between 1934 and 2012: Código Florestal Brasileiro: evolução das normas ambientais entre 1934 e 2012. **Concilium**, [S. l.], v. 23, n. 14, p. 564–585, 2023. DOI: 10.53660/CLM-1592-23J21. Disponível em: <https://www.clium.org/index.php/edicoes/article/view/1592>. Acesso em: 13 set. 2024.

FALKENMARK, M. et al. Water, a reflection of land use: options for counteracting land and water mismanagement. **Stockholm, Sweden: Swedish Natural Science Research Council**, 1999.

FERREIRA, Sarah da Rocha. POLÍTICA FLORESTAL BRASILEIRA: uma análise sobre a tendência histórica à centralização de competências. 2017. 59 f. Monografia (Especialização) - Curso de Ciência Política, **Universidade de Brasília**, Brasília, 2017. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/18334/1/2017_SarahdaRochaFerreira.pdf. Acesso em: 15 set. 2024.

FRANCELINO, Márcio Rocha; SILVA, José de Arimatea. Impacto da Inclinação Média na Delimitação de Área de Preservação Permanente. **Floresta e Ambiente**, v. 21(4):441-448, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.060913>>. Acesso em: 22 Set. 2024

GARCIA, M. L. Discutindo a lei de crime ambiental e suas variáveis. **Integrar - Revista Acadêmica** , [S. l.], v. 1, n. 1, p. 1–11, 2023. Disponível em: <<http://periodicos.grupointegrado.br/revista/index.php/integrar/article/view/3680>>. Acesso em: 4 out. 2024.

HANASHIRO, Felipe Sinbo. USO DO GEOPROCESSAMENTO NA DELIMITAÇÃO DE APP EM TOPO DE MORRO NO MUNICÍPIO DE ITAPERUNA-RJ. 2019. 16 f. Monografia (Especialização) - Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Geoprocessamento e Georreferenciamento, **Universidade de Candido Mendes**, Feira de Santana, 2019.

INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE – INEA. ESTABELECE A METODOLOGIA A SER UTILIZADA PARA DELIMITAÇÃO DE ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE TOPO DE MORRO NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro: Disponível em: <<http://www.inea.rj.gov.br>>.

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA). 2018. Acervo fundiário. Disponível em: <<http://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/acv.php>>. Acesso em: 4 out. 2024.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. Wall-map 150cmx200cm.

LIMA, Adriana Binda. Uso das técnicas de geoprocessamento em sistema de gestão ambiental (SGA) no Brasil: Revisão sistemática da literatura. 2023. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2023/papers/uso-das-tecnicas-de-geoprocessamento-em-sistema-de-gestao-ambiental-sga-no-brasi?lang=en>. Acesso em: 19 set. 2024.

LUIZ, Carlos Henrique Pires; STEINKE, Valdir Adilson. Recent Environmental Legislation in Brazil and the Impact on Cerrado Deforestation Rates. *Sustainability*, [S.L.], v. 14, n. 13, p. 8096, 2 jul. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su14138096>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/13/8096>. Acesso em: 10 set. 2024.

MATTEDI, Marcos Antônio; MELLO, Bruno Jandir; SOUZA, Cristiane Mansur de Moraes; VICENTAINER, Denis Augusto; KORMANN, Tanice Cristina. Aplicação do índice de vulnerabilidade socioambiental a desastres por meio de Sistema de Informação Geográfica (SIG): estudo de caso do município de Blumenau (SC). *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, [S. l.], v. 13, n. 1, p. e23423, 2024. DOI: 10.5585/2024.23423. Disponível em: <https://ununove.emnuvens.com.br/geas/article/view/23423>. Acesso em: 22 set. 2024.

MATIAS, Máira Ramalho; MILARE, Gisele; ESCADA, Maria Isabel Sobral; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **As Geometrias do Cadastro Ambiental Rural (CAR): Uma Proposta Metodológica para Análise e Remoção da Sobreposição de Imóveis Rurais Declarados na Base de Dados do CAR**. *Revista Brasileira de Cartografia*, [S. l.], v. 76, 2024. DOI: 10.14393/rbcv76n0a-66995. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/66995>. Acesso em: 5 out. 2024.

MELO, Emanuelle Zordan de *et al.* **Geotecnologias aplicadas à análise e delimitação de Área de Preservação Permanente (APP) de cursos d'água**. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/29056>. Acesso em: 22 set. 2024.

MOREIRA, Danielle de Andrade; MARQUES DE CARVALHO DE OLIVEIRA, Daniela; RÊGO TEIXEIRA LIMA, Letícia Maria. O Código Florestal de 2012 sob a ótica do Supremo Tribunal Federal: a consolidação do retrocesso socioambiental / Brazilian Forest Code of 2012 according to the Supreme Court: the consolidation of social and environmental retrogression. *Revista de Direito da Cidade*, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 314–347, 2021. DOI: 10.12957/rdc.2021.44459. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/rdc/article/view/44459>. Acesso em: 29 set. 2024.

MU, Ye; BIGGS, Trent W.; SALES, Fernando De. Forests mitigate drought in an agricultural region of the Brazilian Amazon: Atmospheric moisture tracking to identify critical source areas. **Geophysical Research Letters**, v. 48, issue 5, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1029/2020GL091380>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2020GL091380>. Acesso em: 22 ago. 2024.

NASCIMENTO, Gerson Flôres et al. CARACTERÍSTICAS DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS JAMARI E MACHADO/RO. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 2011, Maceió. Anais [...]. Maceió: Sbrh, 2011. p. 1-18. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=11161>. Acesso em: 31 ago. 2024.

NERY, César Vinícius Mendes; BRAGA, Fernando Luiz; MOREIRA, Adriana Aparecida; FERNANDES, Fernando Hiago Souza. *Aplicação do Novo Código Florestal na Avaliação das Áreas de Preservação Permanente no Topo de Morro na Sub-Bacia do Rio Canoas no Município de Montes Claros/MG*. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, pág. 1673-1688, 2013. Disponível em : <https://www.researchgate.net/publication/273998407> . Acesso em: 22 out. 2024.

NUNES, Felipe SM; SOARES-FILHO, Britaldo S.; OLIVEIRA, Amanda R.; VELOSO, Laura VS; SCHMITT, Jair; VAN DER HOFF, Richard; ASSIS, Débora C.; COSTA, Rayane P.; BÖRNER, Jan; RIBEIRO, Sônia MC; RAJÃO, Raoni GL; OLIVEIRA, Ubirajara; COSTA, Marcelo A. Lições da dinâmica histórica da aplicação da legislação ambiental na Amazônia brasileira. **Relatórios Científicos**, v. 14, n. 1828, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-52180-7. Disponível em : <https://www.nature.com/articles/s41598-024-52180-7> . Acesso em: 22 ago. 2024.

OLIVEIRA, J. B. M. de; NORA, G. G. D. REFLEXÕES SOBRE A ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DO RIO COXIPÓ E O CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, [S. l.], v. 1, n. 1, 2023. Disponível em: <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/539>. Acesso em: 4 out. 2024.

OLIVEIRA, T. G. de; FRANCISCO, C. N.; BOHRER, C. B. de A. Áreas de Preservação Permanente (APP) no topo de morros no estado do Rio de Janeiro: uma avaliação dos dispositivos legais em diferentes unidades geomorfológicas. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 491–514, 2021. DOI: 10.5902/1980509832492. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/32492>. Acesso em: 21 set. 2024.

OLIVEIRA, Thuany Gomes de; FRANCISCO, Cristiane Nunes. **Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente e as Mudanças no Código Florestal. 2018. Disponível em:** <https://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/download/17510/13326>. Acesso em: 22 Set. 2024.

OLIVEIRA, Livânia Norberta; AQUINO, Cláudia Maria Sabóia. Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Gurguéia, Piauí-Brasil: Análise do Efeito da Expansão Agrícola. *Revista Georaguaia*, v. 2, pág. 126-143, dez. 2020. Disponível em: < <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/1083> >. Acesso em: 14 ago. 2024.

OLIVEIRA, Guilherme de Castro; FILHO, Elpídio Inácio Fernandes; FRANCELINO, Márcio Rocha. Automated Mapping of Permanent Preservation Areas on Hilltops. **Revista CERNE**, v. 1, pág. 111-120, 2019. DOI: 10.1590/01047760201622012100. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/01047760201622012100>>. Acesso em: 22 out. 2024.

PASSOS, Bruna Pavão; KLOCK, Andrea Bulgakov. Análise comparativa do antigo e o Novo Código Florestal: progresso ou retrocesso?. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, [S. l.], v. 9, n. 2, 2019. Disponível em: <https://sou.ucs.br/etc/revistas/index.php/direitoambiental/article/view/7890>. Acesso em: 18 ago. 2024.

PIRES *et al.* Forest restoration can increase the Rio Doce watershed resilience. **Perspectives in ecology and conservation**, v. 15, pág. 187-193, 2017. DOI: 10.1016/j.pecon.2017.08.003. Disponível em: <<https://www.perspectacolconserv.com/en-forest-restoration-can-increase-rio-articulo-S2530064417300676>>. Acesso em: 16 ago. 2024

REIS, CLAYTON; CALDERON, NEI. A DEFESA DO MEIO AMBIENTE E A IMPORTÂNCIA DA TIPIFICAÇÃO DOS CRIMES AMBIENTAIS E DE SUAS PENAS. **Revista Jurídica**, v. 4, n. 76, p. 434-457, 2023. Disponível em: <https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/RevJur/article/view/25699>. Acesso em: 5 out. 2024.

ROCHA MARTINS, Bianca; SILVA, Michele Barros de Deus Chuquel da; NAREZI, Gabriela; BECEGATO, Valter Antonio. CRIMES AMBIENTAIS NO PARQUE NACIONAL DO PAU BRASIL E NA SUA ZONA DE AMORTECIMENTO NO PERÍODO DE 2011 A 2021. **Geoambiente On-line**, Goiânia, n. 46, 2023. Disponível em: <https://revistas.ufj.edu.br/geoambiente/article/view/76649>. Acesso em: 6 out. 2024.

ROCHA, Rodrigo Tavares da. **Impacto da Lei Federal nº 12.651/2012 nas Áreas de Preservação Permanente de Topo de Morros: Estudo de Caso da APA Federal da Bacia do Rio São João/Mico-leão-dourado, RJ. 2020.** Dissertação (Mestrado Profissional em Biodiversidade em Unidades de Conservação) – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://w2files.solucaoatrio.net.br/atrio/jbrj-mpenbt_upl//THESIS/140/ppgp_dissertacao_rodrigo_rocha_versao_final_2020071718411941.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2024.

ROCHA, Victor Martins. Desenvolvimento de uma Ferramenta no QGIS para Delimitação de APP em Topos de Morro em Acordo com o Código Florestal Brasileiro. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) – **Universidade Federal de Uberlândia**, Uberlândia, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/34913>>. Acesso em: 14 ago. 2024.

RONDÔNIA. **Decreto nº 29.028, de 8 de abril de 2024.** Institui o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Rondônia - PERH/RO. Disponível em: <<https://leisestaduais.com.br/ro/decreto-n-29028-2024-rondonia-institui-o-plano-estadual-de-recursos-hidricos-de-rondonia-perh-ro>>. Acesso em: 29 set. 2024.

RONDÔNIA. Regulamenta a Lei Complementar nº 255, de 25 de janeiro de 2002, que “Institui a Política, cria o Sistema de Gerenciamento e o Fundo de Recursos Hídricos do Estado de Rondônia, e dá outras providências”. Disponível em: https://rondonia.ro.gov.br/wp-content/uploads/2019/02/Decreto_Estadual_10.114-2002.pdf. Acesso em: 27 ago. 2024.

SANTOS, Juliano Boeck. Geotecnologias na delimitação de áreas prioritárias à recomposição florestal na sub-bacia do Ribeirão Lavapés, Botucatu-SP. 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/2a093064-09a6-4f97-8178-bc43044d7085/content>. Acesso em: 19 set. 2024.

SILVA, JLG; WEGNER, N.; OSMAN, Y.; ALVES, AR. Delimitação de Áreas de Preservação Permanente em Topo de Morro Utilizando o QGIS. **SELPER**, 2016. Disponível em: <<https://selperargentina2016.org/actas/>>. Acesso em: 10 ago. 2024.

SILVA, Sheila Muniz da. Uso e Ocupação do Solo da Microbacia Hidrográfica do Rio Canaã. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – **Centro Universitário FAEMA**, Ariquemes, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.unifaema.edu.br/handle/123456789/3208>>. Acesso em: 11 out. 2024.

SILVA, CCM; SOUZA, UP; GIORDANO, F.; RIBEIRO, RB. Variação Temporal do NDVI da Bacia Hidrográfica do Rio Itanhaém – São Paulo, Brasil. **Anais do Encontro Naci**. Disponível em: < <https://ojs.unisantabr/ENPG/article/view/1887> >. Acesso 11 out. 2024.

SOARES, Hérlon de Moura; DALL’IGNA, Fernando; MENDES, Renata Cardoso. APLICAÇÃO DE GEOTECNOLOGIA NO MAPEAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JAMARI ESTADO DE RONDÔNIA: aspectos legais e regulatórios. **Revista Ft**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 135, p. 1-38, 17 jun. 2024. Disponível em: <https://revistافت.com.br/aplicacao-de-geotecnologia-no-mapeamento-da-bacia-hidrografica-do-rio-jamari-estado-de-rondonia-aspectos-legais-e-regulatorios/>. Acesso em: 29 ago. 2024.

TACHIZAWA, Takeshi. **Gestão Ambiental Responsabilidade Social Corporativa, 9ª edição**. Rio de Janeiro: **Atlas**, 2019. *E-book*. pi ISBN 9788597019803. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597019803/>. Acesso em: 12 out. 2024.

TAMANINI, Cristina Rincon. ANÁLISE CRÍTICA DO CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO. 2012. 190 f. Monografia (Doutorado) - Curso de Gerenciamento de Recursos Hídricos e Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas, **Universidade Estadual Paulista – Unesp-Sp**, Ourinhos, 2012. Disponível em: http://vampira.ourinhos.unesp.br/bou/tcc/P%C3%B3s_gradua%C3%A7%C3%A3o_1%C2%AA_edi%C3%A7%C3%A3o/Cristina%20Rincon%20Tamanini/monografia%20final.pdf. Acesso em: 18 set. 2024.

TAMBOSI, Leandro Reverberi et al. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142015000200010>. Acesso em: 15 set. 2024.

THOMAZ, Edivaldo L.; NUNES, Dorisvalder D.; WATANABE, Michel. Effects of tropical forest conversion on soil and aquatic systems in southwestern Brazilian Amazonia: a synthesis. **Environmental Research**, [S.L.], v. 183, p. 109220, abr. 2020. Elsevier BV.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2020.109220>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935120301122?via%3Dihub>.
Acesso em: 16 nov. 2024.

TUPIASSU, Lise; GROS-DESORMAUX, Jean-Raphael; CRUZ, Gisleno Augusto Costa da. REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA E POLÍTICA AMBIENTAL: incongruências do cadastro ambiental rural no estado do Pará. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, [S.L.], v. 7, n. 2, p. 187-202, 3 out. 2017. Disponível em:
<https://www.publicacoes.uniceub.br/RBPP/article/view/4777>. Acesso em: 28 ago. 2024.

USGS EROS Archive Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global. Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. United States Geological Survey (USGS). Disponível em: <
<https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1>>. Acesso em: 7 set. 2024.

VENDRUSCOLO, Jhony *et al.* Geomorphometry of the Alto Jamari River sub-basin, Western Amazon, Brazil. **Venezuelan Geographical Magazine**, 2019. Disponível em:
<<https://link.gale.com/apps/doc/A611825231/IFME?u=anon~39991df3&sid=googleScholar&xid=4a39e3c1>> Acesso em: 15 nov. 2024.

RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO DE PLÁGIO

DISCENTE: Heloisa Souza Barros

CURSO: Engenharia Ambiental e Sanitária

DATA DE ANÁLISE: 22.11.2024

RESULTADO DA ANÁLISE

Estatísticas

Suspeitas na Internet: **0,68%**

Percentual do texto com expressões localizadas na internet [▲](#)

Suspeitas confirmadas: **0,41%**

Confirmada existência dos trechos suspeitos nos endereços encontrados [▲](#)

Texto analisado: **93,45%**

Percentual do texto efetivamente analisado (frases curtas, caracteres especiais, texto quebrado não são analisados).

Sucesso da análise: **100%**

Percentual das pesquisas com sucesso, indica a qualidade da análise, quanto maior, melhor.

Analisado por Plagius - Detector de Plágio 2.9.6
sexta-feira, 22 de novembro de 2024

PARECER FINAL

Declaro para devidos fins, que o trabalho da discente HELOISA SOUZA BARROS n. de matrícula **44837**, do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, foi aprovado na verificação de plágio, com porcentagem conferida em 0,68%. Devendo a aluna realizar as correções necessárias.

Assinado digitalmente por: ISABELLE DA SILVA SOUZA
Razão: Responsável pelo documento
Localização: UNIFAEMA - Ariqueme/RO
O tempo: 25-11-2024 21:36:54

ISABELLE DA SILVA SOUZA
Bibliotecária CRB 1148/11
Biblioteca Central Júlio Bordignon
Centro Universitário Faema – UNIFAEMA