

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS – UFMG
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS – IGC DEPARTAMENTO DE CARTOGRAFIA
Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

Nayara Lage Silva

**Mudanças do uso e cobertura da terra e avaliação do potencial de impactos na
Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros - MG**

Belo Horizonte
2022

Nayara Lage Silva

**Mudanças do uso e cobertura da terra e avaliação do potencial de impactos na
Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros - MG**

Versão final

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Bráulio Magalhães Fonseca

Belo Horizonte
2022

S586m
2022

Silva, Nayara Lage.

Mudanças do uso e cobertura da terra e avaliação do potencial de impactos na área de proteção ambiental do Rio Pandeiros – MG [manuscrito] / Nayara Lage Silva. – 2022.

121 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Bráulio Magalhães Fonseca.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2022.

Bibliografia: f. 108-113.

Inclui anexos.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Solo – Uso – Teses. 3. Áreas protegidas – Minas Gerais – Teses. 4. Desenvolvimento sustentável – Teses. 5. Análise multivariada – Teses. I. Fonseca, Bráulio Magalhães II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 911.2:519.6(815.1)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

"Detecção de mudanças do uso e cobertura da terra e avaliação do potencial de impactos na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros - MG"

NAYARA LAGE SILVA

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **13 de junho de 2022**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Diego Alves de Oliveira

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais

Sônia Maria Carvalho Ribeiro

Universidade Federal de Minas Gerais

Bráulio Magalhães Fonseca - Orientador

Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte, 13 de junho de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Braulio Magalhaes Fonseca, Professor do Magistério Superior**, em 13/06/2022, às 17:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Sonia Maria Carvalho Ribeiro, Professora do Magistério Superior**, em 14/06/2022, às 08:44, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Diego Alves de Oliveira, Usuário Externo**, em 17/06/2022, às 09:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1519169** e o código CRC **56A3B718**.

“Mas o que salva a humanidade
É que não há quem cure a curiosidade”

Tom Zé

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Bráulio Magalhães Fonseca, pela disponibilidade, atenção, orientação assertiva e objetiva, que permitiu o desenvolvimento deste trabalho. Aos professores do programa, em especial, Ricardo Alexandrino, que nos ensinaram e nos mostraram sobre como fazer e ser pesquisa nos tempos atuais, apontando o caminho seguro para superação de nós mesmos. Aos colegas de turma e, em destaque, Fernanda Faria, Nathália Drummond, Carolina Guimarães, Charles Fonseca, Bruno Alemão, Bruna Guimarães, Danielle Corrêa, Déborah Silva e Deleon Gonçalves, pelas trocas, pelo apoio e pela união demonstrada durante essa fase da vida. À equipe do Laboratório de Geotecnologia – GeoTecLab - Isadora Toledo e Pedro Figueiredo. Aos colegas de trabalho Douglas Silva e Thais Couto. Aos funcionários do Instituto de Geociências da UFMG, pela atenção e trabalho prestado durante o curso. Ao Instituto Estadual de Florestas (IEF), pelos materiais cedidos e à Cemig Distribuição S.A., pela flexibilidade e apoio no desenvolvimento do trabalho. À comunidade da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) pelo apoio. A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para esta pesquisa.

RESUMO

Uma grande questão de pesquisa que tem sido proeminente nas últimas décadas é como aliar o desenvolvimento e a conservação dos recursos naturais. Nesse contexto, surgem diversas possibilidades e objetivos que subsidiam a criação de Unidades de Conservação (UC). Quantificar mudanças no uso e cobertura da terra em UC, por meio do geoprocessamento, possibilita conhecer o padrão de organização territorial e identificar problemas e conflitos de interesse na sua ocupação e ordenação. Partindo de uma visão mais integrada, as análises geoespaciais proporcionam realizar diagnósticos em diversas escalas, correlacionar fatores e fenômenos que, por sua vez, possibilitam uma gestão proativa do território. O presente estudo foi desenvolvido na unidade de conservação categorizada como de uso sustentável, denominada Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros (APARP), localizada nos municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho. De forma central, o papel da APARP é manter ações de conservação da sua biodiversidade única, principalmente das áreas úmidas (veredas), mas também possibilitar o desenvolvimento social e econômico das comunidades que lá vivem. O objetivo é verificar, por meio de análises multicritério, as áreas em potencial para expansão da atividade antrópica e para preservação ambiental, bem como a existência de conflitos de interesse na ocupação e uso da terra. Foi analisado o Plano de Manejo (PM) existente e foram realizadas análises exploratórias dos dados, visando identificar possível correlação entre a ocorrência de incêndios e a degradação das ottobacias que compõem a bacia hidrográfica. Utilizando as ferramentas de sensoriamento remoto e álgebra de mapas, foram elaborados o mapa de uso e cobertura da terra no ano de 2020, o NDVI e NRVI, a detecção de mudanças quali-quantitativas nas classes de uso, juntamente com os mapas potenciais para expansão antrópica e para preservação ambiental, a matriz de uso conflitante e o índice global e local de Moran relacionados à ocorrência de incêndios e NRVI. Os resultados mostraram que: a APARP se encontra em processo sucessional ecológico satisfatório no tocante à cobertura vegetal nativa e apresenta 93% de cobertura do território; há uma pressão antrópica resistente e sistemática nas áreas úmidas e no pantanal mineiro; a ocorrência dos incêndios possivelmente está associada à manutenção das atividades de agricultura e pastagem; é recomendada uma revisão do PM no que se refere ao zoneamento, principalmente na região definida como Zona Rural Consolidada, região de alta relevância ambiental. Verificou-se também que, no geral, as metas estabelecidas no PM têm sido cumpridas, porém, considerando a difícil realidade econômica e a preservação ambiental constatada, ainda há a necessidade de implementação de ações tangíveis destinadas ao desenvolvimento socioeconômico das comunidades, tais como a execução de incentivos para atividades cooperativistas, conscientização e educação ambiental associadas às práticas de conservação de desenvolvimento na natureza.

Palavras-chave: APA Rio Pandeiros, uso sustentável, veredas, análise multicritério, matriz de uso conflitante, NRVI, I-Moran Global.

ASBTRAC

A major research question that has been prominent in recent decades is how to combine development and conservation of natural resources. In this context, several possibilities and objectives arise that subsidize the creation of conservation units (UC). Quantifying changes in land use and land cover in UC, through geoprocessing, allows to know the pattern of territorial organization and to identify problems and conflicts of interest in its occupation and ordination. Starting from a more integrated view, geospatial analyzes allow for diagnostics at different scales, correlating factors and phenomena, which, in turn, allow for a proactive management of the territory. The present study was developed in a conservation unit categorized as sustainable use, called the Rio Pandeiros Environmental Protection Area (APARP), located in the municipalities of Januária, Bonito de Minas and Cônego Marinho. Centrally, APARP's role is to maintain conservation actions for its unique biodiversity, mainly in wetlands (veredas), but also to enable the social and economic development of the communities that live there. The objective is to verify, through multicriteria analyses, the potential areas for expansion of anthropic activity and for environmental preservation, as well as if there are conflicts of interest in the occupation and use of the land. The existing Management Plan (MP) was analyzed and exploratory data analyzes were carried out in order to identify a possible correlation between the occurrence of fires and the degradation of the ottobacias that make up the watershed. Using remote sensing tools and map algebra, the land use and land cover map in the year 2020, the NDVI and NRVI, the detection of quali-quantitative changes in the use classes, along with the potential maps for anthropic expansion and for environmental preservation, the conflicting use matrix and the Moran global and local index related to the occurrence of fires and NRVI. The results showed that: the APARP is in a satisfactory ecological successional process with regard to native vegetation cover and present 93% of territory coverage, there is a resistant and systematic anthropic pressure in the wetlands and in the pantanal of Minas Gerais, the occurrence of fires is possibly associated with the maintenance of agriculture and pasture activities and that a review of the PM is recommended with regard to zoning, especially in the region defined as Consolidated Rural Zone, a region of high environmental relevance. It was also verified that, in general, the goals established in the PM, have been fulfilled, but, considering the difficult economic reality and the observed environmental preservation, there is still a need to implement tangible actions aimed at the socioeconomic development of communities, such as the implementation of incentives aimed at cooperative activities, environmental awareness and education associated with conservation practices and development in nature.

Keywords: APA Rio Pandeiros, sustainable use, wetlands, multi-criteria analysis, conflicting use matrix, NRVI, I-Moran Global.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Resposta espectral da vegetação	24
Figura 2 – Mapa de localização da PCH Pandeiros	30
Figura 3 – Contexto regional do Mosaico Sertão Veredas-Peruaçu.....	32
Figura 4 - Mapa hidrográfico	34
Figura 5 - Mapa geológico	36
Figura 6 - Modelo Digital de Elevação da APA Rio Pandeiros	37
Figura 7 - Declividade da APA Rio Pandeiros.....	38
Figura 8 - Unidades geomorfológicas na APA Rio Pandeiros	38
Figura 9 - Mapa pedológico da APA Rio Pandeiros	41
Figura 10 - Voçoroca profunda (30m) localizada na principal cabeceira do Rio Pandeiros (E: 475435 / S: 8332386)	42
Figura 11 - Mapa de compartimentação geomorfológica da bacia do Rio Pandeiros.....	43
Figura 12 - Mapa espeleológico	44
Figura 13 - Área de prioritária para conservação da biodiversidade.....	45
Figura 14 - Vista aérea de uma vereda na APARP	46
Figura 15 - Área de pântano na APARP. Coordenadas geográficas: Y = 15°38'31,82" / X = 44°39'35,83"	47
Figura 16 - Distribuição das comunidades mapeadas no Plano de Manejo elaborado pelo IEF (2019)	51
Figura 17 - Zoneamento definido no Plano de Manejo da APARP.	56
Figura 18 - Fluxograma metodológico.....	59
Figura 19 - Variáveis normalizadas para o mapa de potencial de expansão das atividades antrópicas	64
Figura 20 - Variáveis normalizadas para o mapa de potencial de expansão das atividades antrópicas	68
Figura 25 - Mapa de uso e cobertura da terra no ano de 2020 na APA Rio Pandeiros	74
Figura 26 - Pontos de validação em campo. Os pontos verificados com drone foram identificados de forma cardinal e os registros fotográficos foram identificados pelo alfabeto ...	74
Figura 21 - Classe de agricultura e pastagem em duas formas de ocorrência: i) agricultura de subsistência - identificados como B e H no mapa de pontos de validação e ii) agricultura em larga escala - identificados como P e 22 no mapa de pontos de validação	75
Figura 22 - Classe de solo exposto (extinta vereda) - identificado como F no mapa de pontos de validação	75
Figura 23 - Classe de vegetação densa - identificadas como A e 4 no mapa de pontos de validação	76
Figura 24 - Classe de vegetação espaçada - identificada como K e 19 no mapa de pontos de validação	76
Figura 27 – Mapa do NDVI – Ano 2020	79
Figura 28 - Pontos de validação em campo. Os pontos verificados com drone foram identificados de forma cardinal e os registros fotográficos foram identificados pelo alfabeto ...	79
Figura 29 – Vereda ocupada territorialmente no riacho Lameirão - identificado como B e 2 no mapa de pontos de validação.....	80
Figura 30 - Vereda ocupada territorialmente em afluente do córrego Borrachudo - identificado como 6 e H no mapa de pontos de validação	80

Figura 31 - Vereda preservada no Rio Catolé - identificado como I e 8 no mapa de pontos de validação	81
Figura 32 - Vereda preservada no ribeirão São Pedro (Várzea Bonita) - identificado como 11 e M no mapa de pontos de validação	81
Figura 33 – Mapa do NRVI.....	83
Figura 34 - Vereda ocupada por pecuária (Campo maio/22). Coordenadas geográficas: E = 485111 / N = 8302744.....	84
Figura 35 – Mapa de registro de incêndios durante o período de 2016 a 2020.....	85
Figura 36 – Focos de incêndio – Período 2013 a 2017	85
Figura 37 – Gráfico das mudanças no uso e cobertura da terra – período 2001 a 2015.....	86
Figura 38 – Gráfico das mudanças no uso e cobertura da terra – período 2001 a 2015.....	87
Figura 39 – Gráfico da contribuição das classes para a conversão da vegetação espaçada - período 2015 a 2020.....	87
Figura 40 – Imagens de satélite comparativas dos anos 2010 e 2020 da tipologia solo exposto para vegetação densa nas coordenadas E: 5518530/ N: 8313170.....	88
Figura 41 – Gráfico da contribuição das classes para a conversão em agricultura e pastagem - período 2015 a 2020.....	88
Figura 42 – Sucessão ecológica na APARP	89
Figura 43 - Mapa potencial para expansão de atividade antrópica - 2020	90
Figura 44 - Mapa potencial para preservação ambiental – cenário i.....	92
Figura 45 - Mapa de zonas homogêneas de vazões específicas – Ano 2014	93
Figura 46 - Mapa potencial para preservação ambiental – cenário ii.....	94
Figura 47 - Mapa de interesse conflitante – cenário i - 2020	95
Figura 48 - Mapa de interesse conflitante – cenário ii - 2020.....	96
Figura 49 - Área de pântano e a pressão antrópica no entorno - comunidade de Campos (Campo maio/22). Coordenadas geográficas: E = 532308 / N = 8274938	97
Figura 50 - Processo de recente ocupação de vereda próximo da Serra da Mescla (Campo maio/22)	99
Figura 51 - Diagrama de dispersão do I-Moran Global para a ocorrência de incêndios - 2022..	99
Figura 52 – LISA, análise univariada de ocorrência de incêndios	100
Figura 53 - Diagrama de dispersão do I-Moran Global para o NRVI - 2020.....	101
Figura 54 – LISA, análise univariada do NRVI.....	101
Figura 55 - Diagrama de dispersão do I-Moran Global para a análise bivariada entre NRVI e incêndio - 2020.....	102
Figura 56 – LISA, análise bivariada entre o NRVI e incêndio	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características do índice Kappa (K).....	60
Tabela 2- Pesos obtidos para identificação do potencial de expansão das atividades antrópicas	66
Tabela 3 - Pesos obtidos para identificação do potencial de preservação ambiental	70
Tabela 4- Síntese da matriz de confusão da imagem classificada do ano de 2020	76
Tabela 5 - Dados temporais da cobertura vegetal na APARP.....	77
Tabela 6 – Quantificação das mudanças destaque no uso e cobertura da terra – período de 2001 a 2015	86
Tabela 7 – Quantificação das mudanças destaque no uso e cobertura da terra período 2015 a 2020.....	87
Tabela 8 – Percentual de área oriunda da matriz de interesses conflitantes.....	98

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de Unidades de Conservação segundo a Lei do SNUC	19
Quadro 2 – Matriz de notas	27
Quadro 3 – Síntese dos domínios geomorfológicos da APARP	39
Quadro 4 - Censo demográfico 2000 e 2010.....	48
Quadro 5 - Situação fundiária dos municípios da APARP – Contagem de propriedades.....	49
Quadro 6 - Síntese do zoneamento da Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros (APARP).	54
Quadro 7 - Base de dados cartográficos.....	56
Quadro 8 – Variáveis selecionadas para o mapa do potencial de expansão das atividades antrópicas	63
Quadro 9- Notas atribuídas às classes de declividade	65
Quadro 10 - Notas atribuídas às classes de uso e cobertura da terra.....	65
Quadro 11 – Variáveis selecionadas para o mapa de potencial de preservação ambiental	67
Quadro 12 – Notas atribuídas às classes de reserva legal	69
Quadro 13 - Notas atribuídas às classes de uso e cobertura da terra.....	70
Quadro 14 – Valores de reclassificação e combinação para a matriz de interesses conflitantes	71

LISTA DE ABREVIATURAS

- AHP – Análise hierárquica de pesos
- AMC – Análise multicritério
- APA – Área de Proteção Ambiental
- APARP – Área de Proteção Ambiental Rio Pandeiros
- APP – Área de preservação permanente
- CAR – Cadastro Ambiental Rural
- CDB – Convenção sobre Diversidade Biológica
- CODEMGE - Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais
- CR – Razão de consistência
- DD – Densidade de drenagem
- DTBC - Plano de Desenvolvimento Territorial de Base Conservacionista
- EIA – Estudo de Impacto Ambiental
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
- Funatura – Fundação Pró-Natureza
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IC – Matriz de interesses conflitantes
- ICR – Índice de concentração da rugosidade
- IDE SISEMA – Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- IDH – Índice de Desenvolvimento Humano
- IEF – Instituto Estadual de Florestas
- IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas
- IGDR – Índice global de dissecação do relevo
- IH – Índice de Hack
- I-Moran Global – *Global Spatial Autocorrelation Index*
- INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
- IQA – Índice de Qualidade das Águas
- LCM – *Land Change Modeler*
- LISA – *Local Indicators of Spatial Association*
- MMA – Ministério de Meio Ambiente
- NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*
- NRVI – *Normalized Remaining Vegetation Index*

ONG – Organização não-governamental
PCH – Pequena Central Hidrelétrica
PDSP – Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Pandeiros
PIB – Produto Interno Bruto
PM - Plano de Manejo
RL – Reserva Legal
RVSRP – Refúgio de Vida Silvestre do Rio Pandeiros
SF9 – Afluentes Mineiros do Médio São Francisco
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação
UC – Unidade de Conservação
UICN – União Internacional para Conservação da Natureza
UPGRH – Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
USGS – *United States Geological Survey*
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVO GERAL	16
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO	17
2.2 GEOPROCESSAMENTO APLICADO A ANÁLISES DO USO E COBERTURA DA TERRA.....	21
2.3 ANÁLISE MULTICRITÉRIO.....	26
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	29
3.1 HISTÓRICO.....	29
3.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	32
3.2.1 Aspectos físicos.....	32
3.2.2 Aspectos bióticos	44
3.2.3 Aspectos socioeconômicos.....	48
3.2.4 Plano de Manejo.....	52
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	56
4.1 MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA PARA O ANO 2020	60
4.2 DETECÇÃO DE MUDANÇAS	62
4.3 POTENCIAL PARA EXPANSÃO DE ATIVIDADES ANTRÓPICAS.....	62
4.4 POTENCIAL DE PRESERVAÇÃO AMBIENTAL	67
4.5 MATRIZ DE INTERESSES CONFLITANTES	71
4.6 ANÁLISE EXPLORATÓRIA	72
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	73
5.1 MAPEAMENTO DO USO E COBERTURA DA TERRA PARA O ANO 2020	73
5.1.1. NDVI.....	77
5.1.2. NRVI.....	82
5.2 DETECÇÃO DE MUDANÇAS	86
5.3 ANÁLISES MULTICRITÉRIAS	89
5.4 ANÁLISE EXPLORATÓRIA	99
6. CONCLUSÃO	104
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
9. ANEXO.....	114

1. INTRODUÇÃO

As Unidades de Conservação (UCs) têm se configurado como uma ferramenta estratégica para preservação e conservação dos elementos que compõem a natureza e dos recursos naturais. Ademais têm sido boas aliadas ao conceito de desenvolvimento sustentável proposto na Primeira Conferência das Nações Unidas, em 1972. Entretanto, os desafios são constantes frente ao avanço da expansão de atividades antrópicas e crescimento exponencial da população, que acarretam a mudança do uso e cobertura da terra e no modo de consumo desses recursos (BRAGA *et al.*, 2005; HASSLER, 2005), bem como a gestão de grandes territórios e o conflito de interesses que se originam para isso.

A ocupação de um território sem o devido planejamento pode reduzir, em espaço e tempo, a fonte de recursos naturais para o desenvolvimento humano (HOUGHTON, 1994). Assim, o mapeamento da cobertura da terra pode ser uma forma importante para observar os aspectos e impactos das atividades antrópicas e fundamental para a compreensão dos padrões de organização do espaço estudado (ROSA, 2009). Conhecer as dinâmicas passadas das mudanças no uso e cobertura da terra pode propiciar uma avaliação de futuros possíveis, baseados em tendências históricas de uma determinada área de estudo.

Soesbergen (2016) trouxe reflexões acerca do tema, indicando a necessidade contemporânea de assegurar o equilíbrio entre a demanda de recursos e ocupação dos seres humanos no território e as consequências adversas ao ecossistema provenientes dessa expansão populacional. Ressalta-se assim a importância de subsídios consistentes para as tomadas de decisões frente às perdas e ganhos de cada escolha.

No Brasil, a Constituição Federal de 1988, que pretendeu instituir um Estado Democrático de Direito para assegurar o exercício dos direitos sociais e individuais, como, por exemplo, a liberdade, a segurança, o bem-estar, o desenvolvimento, a igualdade e a justiça, traz no artigo 23, em seus incisos VI e VII, e no artigo 24, incisos VI, VII e VIII, a competência comum entre os órgãos federativos na proteção do meio ambiente, das florestas, fauna e flora, bem como no artigo 225, que abrange a coletividade.

Conforme exposto por Bethonico (2009, p. 31) *“O espaço não é, dessa forma, algo estático, mas modifica-se com o tempo: o tempo da natureza e o tempo do homem, isto é, a dinâmica da paisagem reage ante a ação natural e a interferência antrópica.”* E uma das formas mais usuais

para planejamento e gestão territorial é a análise do uso e cobertura da terra e as variáveis predominantes que compõem o sistema, visando identificar o principal padrão espacial para as atividades e usos preditos, em consonância com o diagnóstico observado em tais análises (MALCZEWSKI, 2006).

Segundo Valente (2005), a instrumentalização das ferramentas de geoprocessamento tem contribuído positivamente e facilitado o processo de tomada de decisão para definição de áreas prioritárias para conservação da natureza. Adicionalmente, a possibilidade de cruzar diferentes tipos de dados e informações geoespaciais nos ambientes do Sistema de Informação Geográfica (SIG) favorece análises mais objetivas e complexas para diversos campos do conhecimento, em especial, para definição de áreas prioritárias para conservação dos recursos naturais.

Nessa seara, o mapeamento do uso e cobertura da terra e sua dinâmica de alteração, contribui para uma análise holística dos processos que podem explicar o funcionamento e um comportamento padrão de uma determinada área de estudo, sendo um importante instrumento na avaliação de impactos ambientais. Por meio de modelos e algoritmos computacionais de detecção de mudança que consideram processos sociais, ambientais, institucionais e econômicos, pode-se verificar as mudanças ocorridas e observadas na dinâmica do uso e cobertura da terra, compreendendo uma grande quantidade de variáveis em diferentes abordagens metodológicas (EASTMAN, 2012; MAS *et al.*, 2014; SOARES-FILHO; RODRIGUES; FOLLADOR, 2013; STOMPH; FRESCO; KEULEN, 1994).

Numa visão dos aspectos legais, para a proteção do meio ambiente, no ano de 2000, é aprovada a Lei Federal nº 9.985 que regulamenta o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza com o objetivo de estabelecer diretrizes para a criação e gestão de espaços territoriais especialmente protegidos, visando à preservação de recursos ambientais, com características naturais relevantes. Antes disso, quaisquer áreas que necessitassem de mecanismos de proteção, deveriam ser alvo de dispositivo legal específico.

As Unidades de Conservação (UC) são alguns dos instrumentos que auxiliam no controle da expansão das atividades antrópicas e preservação de regiões que apresentam vulnerabilidade natural alta e de grande relevância para a manutenção do ecossistema. Corroborando, Nunes *et al.* (2009) afirma que a criação de UCs tem sido uma forma de conservar os ecossistemas e reduzir a perda da biodiversidade.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) estabelece dois grupos de conservação, as áreas de proteção integral, que prevê basicamente a manutenção de ecossistemas sem a interferência humana e as de uso sustentável, que permitem a exploração do ambiente, mas com a garantia da manutenção da biodiversidade e recursos naturais. As Áreas de Proteção Ambiental (APA) constituem-se como áreas extensas, podendo ser públicas ou privadas, com ocupações humanas e características ecossistêmicas ou culturais relevantes para a qualidade de vida e bem-estar humano, objetivando assegurar a sustentabilidade por meio da ordenação do território.

Nesse contexto, introduz-se a área de estudo do presente trabalho denominada de APA Rio Pandeiros – APARP, a maior APA do estado de Minas Gerais, que, correspondeu aos requisitos estabelecidos no artigo 15º da Lei Federal nº 9.985/2000, consoante com a Lei Estadual nº 11.901/1995, de estabelecimento de interesse ecológico da bacia hidrográfica do Rio Pandeiros.

A APARP é uma UC, localizada no norte do estado de Minas Gerais, entre os municípios de Cônego Marinho, Januária e Bonito de Minas, e abrange a bacia hidrográfica do Rio Pandeiros, um dos afluentes principais da margem esquerda do Rio São Francisco. Foi criada no ano de 1995 por meio da Lei Estadual nº 11.901, anteriormente a Lei do SNUC, visando minimizar os impactos das atividades antrópicas que ocorriam na região, principalmente as atividades de pecuária e plantios de eucaliptos para produção de carvão intensificadas nas décadas de 1970 a 1980, considerando o interesse ecológico na região.

A região é marcada pela alta relevância ecossistêmica, tanto pela vulnerabilidade natural de sua composição geológica, pedológica, geomorfológica e florística, quanto pela existência de uma região alagada, no encontro do Rio Pandeiros com o Rio São Francisco, numa extensão longitudinal de 1,5 km, denominada de “pantanal mineiro”, com uma riqueza faunística e importância ecológica. Ainda faz parte do Mosaico Sertão Veredas – Peruaçu, que tem o objetivo de desenvolver a região com base na sustentabilidade e nas diretrizes das áreas protegidas.

No cumprimento do que é determinado na legislação e para efetivar ações consistentes de proteção da APARP, em março de 2019, foi publicado o seu Plano de Manejo (PM), estabelecendo diversas diretrizes de trabalho, destacando-se, a seguir, a missão estabelecida:

Tornar efetiva a proteção do Rio Pandeiros, manter o equilíbrio ecológico e a diversidade biológica em ecossistemas aquáticos e terras úmidas adjacentes ao rio, além de proteger paisagens naturais de beleza cênica notável e contribuir para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades presentes no território através de atividades sustentáveis (IEF, 2019, Encarte 2 - p. 8).

Assim sendo, considerando a importância do ecossistema da região, a atual forma de ocupação antrópica e a necessidade de acompanhar a efetividade das medidas de conservação da maior área de proteção ambiental do estado de Minas Gerais, é proposta a avaliação do potencial de expansão antrópica, de preservação ambiental e possíveis conflitos de interesses, a detecção de mudanças no uso e cobertura da terra e uma análise exploratória dos dados, com intuito de contribuir com os órgãos públicos nas priorizações de ações e de regiões para manutenção e conservação da APARP, bem como permitir uma análise crítica do PM elaborado.

1.1 Objetivo geral

Identificar e zonar a APARP para integrar as dimensões de conservação e desenvolvimento sustentável.

1.2 Objetivos específicos

Com base no objetivo geral, os objetivos específicos estão descritos a seguir.

- Identificar as áreas potenciais para conservação da natureza.
- Identificar áreas para ocupação de atividades antrópicas (novo modo de ocupação do território).
- Elaborar e avaliar a matriz de uso conflitante.
- Detectar e quantificar as mudanças de uso e cobertura da terra na APARP no período de 1988 a 2020.
- Realizar uma análise exploratória dos dados, visando identificar uma correlação entre a ocorrência de incêndios e a degradação das ottobacias.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi realizado o levantamento bibliográfico das temáticas relacionadas, visando construir uma base científica válida a fim de conferir legitimidade à metodologia proposta, ao desenvolvimento do raciocínio e conseqüentemente dos resultados alcançados.

Os temas abordados são detalhados nos subitens seguintes.

2.1 Unidades de Conservação

Para se entender a importância da delimitação de áreas protegidas como as UCs, é preciso entender como se desenvolveu esse conceito e como ocorre sua aplicação nas políticas públicas atuais.

Farinha *et al.* (2017) aprofundou no estudo da arte dessa temática e, segundo os autores estudados, verificou-se que inicialmente o estabelecimento das Unidades de Conservação estava relacionado à preservação da beleza cênica, sendo posteriormente considerada a manutenção da biodiversidade. Com o avanço do conhecimento sobre o funcionamento do ecossistema ao qual estamos inseridos, conforme discutido por Braga *et al.* (2005), denotou-se a importância de conservação ambiental para a preservação dos recursos naturais e da saúde humana. Nesse sentido, destacam-se as décadas de 1970 e 1980, quando novas estratégias e conceitos para a conservação começaram a insurgir no Brasil e no mundo (ACEVEDO *et al.*, 2013), sendo a criação de UCs firmada como a principal e mais disseminada estratégia para a proteção da natureza (DRUMMOND; FRANCO; SILVA, 2010).

Drummond, Franco e Silva (2010) ressaltam que, ao longo do tempo, novos objetivos foram sendo estabelecidos para a justificar a criação de uma UC, criando-se diversas categorias, mas sem desvincular da meta geral de proteção à natureza. Isso ocorreu em diversos fóruns nacionais e internacionais e foi consagrado na Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) celebrada em 1992, na qual foram estabelecidas metas para a conservação da biodiversidade e para o uso sustentável dos recursos naturais, entre outras.

Assim, a criação das UCs tem o objetivo de garantir a manutenção de espaços, reduzindo-se os impactos das atividades antrópicas, como alteração dos habitats e biodiversidade, limitação dos recursos naturais, redução das espécies nativas, aumento de doenças, lançamento de elementos tóxicos no meio ambiente e interferência climática (CHIVIAN e BERNSTEIN, 2008; HASSLER, 2005). Complementando, Tofeti (2015) estabelece que as UCs também auxiliam no ordenamento territorial, fomenta o desenvolvimento sustentável, conserva a biodiversidade, reduz o desmatamento, auxilia no turismo e no cumprimento de metas internacionais. Bezerra *et al.* (2018) acrescenta ainda que as UCs propiciam uma adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas. Dessa forma, configuram-se como um instrumento relevante de política pública.

No Brasil, o estabelecimento e manutenção de áreas protegidas como as UCs é urgente, considerando suas características territoriais. De extensão continental, apresenta uma grande variedade de espécies, de biomas, de ecossistema, demonstrando a riqueza e a vulnerabilidade inerente. A proporção territorial pode então dificultar na promoção e garantia de conservação de áreas especiais e importantes no que tange aos aspectos ambientais. Drummond, Franco e Silva (2010) ressaltam ainda que a cultura desenvolvimentista de curto prazo, arraigada na população (tais como grandes e pequenos agricultores, garimpeiros, mineradores, empresários da construção civil, do corte e da transformação de madeira, setor da energia hidrelétrica, governantes e legisladores, entre outros), também contribui fortemente com a redução dos recursos naturais.

Portanto, o estabelecimento de UCs torna-se uma ferramenta estratégica para frear essa tendência expansionista e garantir a conservação de áreas, tanto para a preservação intocável, quanto para o uso sustentável por meio da implementação de sistemas agroflorestais, atividades extrativistas e de subsistência.

Segundo Tofeti (2015), ainda que o estabelecimento das UCs careça de melhorias, como a participação popular e a falta de recursos para sua gestão, verifica-se uma maior preservação da vegetação integrante e a difusão popular das questões ambientais promovendo agentes locais.

No que tange ao estabelecimento de UCs sem a devida participação popular, ponto de grande relevância, de acordo com Costa e Murata (2015), tem se configurado como uma problemática atualmente debatida nos fóruns pertinentes para melhorias nesse sentido. Bezerra *et al.* (2018)

se referem que a participação social é fundamental para assegurar que as suas prioridades sejam compatibilizadas na criação e gestão da UC.

Ademais, considerando a importância da criação das UCs e todo o seu histórico, conforme abordado anteriormente, a Lei Federal nº 9.985/2000, denominada de Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), dispõe sobre a criação, tipos e objetivos dessas áreas.

Existem dois tipos de grupos de UCs e, dentro deles, diversas categorias, conforme disposto no Quadro 1. Drummond, Franco e Silva (2010) ressaltam que as categorias foram determinadas conforme os critérios dispostos pela União Internacional para Conservação da Natureza (UICN)¹ e que estão alinhados com os objetivos da CDB.

Quadro 1 - Tipos de Unidades de Conservação segundo a Lei do SNUC

Grupo	Categoria	Objetivo
Proteção integral	Estação ecológica	Preservação da natureza e realização de pesquisas científicas
	Reserva biológica	A preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais
	Parque nacional	Preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.
	Monumento natural	Preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.
	Refúgio da vida silvestre	Proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.

¹ Organização civil fundada em 1948, visando à conservação da natureza.

Grupo	Categoria	Objetivo
Uso sustentável	Área de Proteção Ambiental	Proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.
	Área de Relevante Interesse Ecológico	Manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.
	Floresta nacional	Uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.
	Reserva extrativista	Proteger os meios de vida e a cultura de populações extrativistas tradicionais e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade.
	Reserva de fauna	Manter populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico-sustentável de recursos faunísticos.
	Reserva de desenvolvimento sustentável	Preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, desenvolvido por essas populações.
	Reserva particular do patrimônio natural	Conservar a diversidade biológica.

Fonte: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (Lei Federal do SNUC).

Conforme proposto na Lei do SNUC, as APAs são caracterizadas por extensas áreas, que apresentam certo grau de ocupação humana, mas com atributos ambientais, culturais e paisagísticos relevantes para assegurar a qualidade de vida e equilíbrio ecológico. Todavia, não há uma legislação específica que disciplina e regulamenta a forma de gestão dessa categoria de UC.

Segundo Acevedo *et al.* (2013) e Bezerra *et al.* (2018), as UCs, dependendo da categoria de criação em que se enquadram, além de preservar conjuntos paisagísticos e ecossistemas, podem

ser usufruídas por prestar vários serviços ambientais, providos e mantidos pela natureza, tais como fornecimento de alimento, água, combustível, ou mesmo de natureza regulatória, como regulação do clima, ciclo hidrológico e doenças, ou ainda de caráter cultural, como uso recreativo e turístico, estético, educacional, entre outros. Por isso, é importante que tais áreas sejam devidamente geridas e fiscalizadas, e que pesquisas científicas sejam financiadas para a melhoria da infraestrutura e condições de monitoramento.

2.2 Geoprocessamento aplicado a análises do uso e cobertura da terra

A coleta de dados ambientais pode ocorrer por meio da observação e registro de informações e fenômenos diretamente no local, ou pode ocorrer remotamente, por meio do sensoriamento remoto. O sensoriamento remoto é uma técnica de medição e aquisição de dados confiáveis, no qual o instrumento de medição não está em contato com a área em estudo, gerando representações digitais do objeto ou fenômeno estudado. Pode ser definida como uma mistura entre a ciência e a arte, tendo em vista que o processo de interpretação visual exige mais do que conhecimento científico, sendo resultante de toda a experiência e o conhecimento prévio do pesquisador nos assuntos relacionados (JENSEN, 2009).

A técnica de sensoriamento remoto faz parte de um conjunto de técnicas que compõem e interagem entre si, das ciências de informação geográfica (geoprocessamento), tais como cartografia e sistema de informações geográficas (JENSEN, 2009).

Por meio do geoprocessamento, conforme definido por Câmara e Medeiros (1998), que são técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e o desenvolvimento das tecnologias que perpassam essa ciência, tem sido possível desenvolver estudos diversos relacionados à gestão e ao ordenamento territorial, correlação de variáveis ambientais, fatores naturais e antrópicos, entre outros, que possibilitam visões mais abrangentes dos fenômenos observados e não costurados.

Esses mesmos autores definem que o processo de modelagem é a tradução do mundo real dentro dos quatro universos, que são: (i) universos do mundo real, onde se encontram os fenômenos; (ii) universo conceitual (matemático) caracterizados pelos dados geográficos, sendo numéricos ou não; (iii) universo de representação, com as formas oriundas do universo conceitual

associadas às diferentes representações geométricas e (iv) universo de implementação, onde ocorre a realização do modelo dos dados por meio das linguagens de programação.

De acordo com Jensen (2009), o uso da terra está relacionado ao propósito dado pelo desenvolvimento de atividades antrópicas enquanto a cobertura da terra é caracterizada pelos seus aspectos naturais, tais como biota solo, topografia, entre outros aspectos biofísicos.

Stomph, Fresco e Keulen (1994) trouxeram reflexivas contribuições sobre a insustentabilidade do uso da terra proveniente da ação da sociedade e os resultados negativos decorrentes, como erosões e contaminações por produtos químicos, que deterioraram os recursos naturais. Schoorl e Veldkamp (2001) ratificam essa ideia, relacionando as mudanças no uso e cobertura da terra com o aumento da degradação do solo, acirramento de processos erosivos e desmatamento e ressaltando que os impactos podem ocorrer não somente no local, mas em áreas que as superam.

Assim sendo, é essencial o conhecimento dos fatores que contribuam para a conservação e degradação de um ambiente para que análises e diagnósticos sejam realizados, com intuito de mapear e construir ações de prevenção, controle e manutenção do equilíbrio ecossistêmico frente às atividades antrópicas.

Destarte, insere-se a importância do sensoriamento remoto e da modelagem do uso e cobertura da terra como potencial ferramenta para avaliação das complexas relações ecossistêmicas, dos potenciais impactos na biodiversidade e das soluções possíveis, fundamentando as tomadas de decisões de gestão territorial (SOESBERGEN, 2016).

Nesse universo de possibilidades, o processamento, manipulação e classificação digital das imagens por meio de algoritmos, torna-se uma ferramenta bastante difundida na área acadêmica, permitindo a abstração da realidade de forma computadorizada, para que análises matemáticas sejam realizadas em maior escala, correlações de determinados fenômenos e padrões de organização do espaço possam ser identificadas e análises mais acuradas subsidiem as decisões quanto à gestão territorial.

A classificação digital de imagens (método estatístico) para análise multitemporal do uso e cobertura da terra de uma determinada área de estudo fornece uma noção do comportamento e padrão de organização do espaço estudado, embora não reflita completamente a realidade (BARBOSA *et al*, 2009).

Contudo, por se tratar de aplicações estatísticas, que são medidas obtidas com base em dados amostrais, há sempre graus de incerteza, que são minimizados com o estabelecimento de níveis de confiança na representatividade dos dados (grau de tolerância de erro) e aplicação do teste de concordância ou índice Kappa (K).

Ainda sobre a gama de possibilidades do processamento digital de imagens e extração de informações, tem-se a vasta aplicação para cálculo de índices de vegetação, tais como índice de área foliar, produtividade de biomassa, atividade fotossintética, porcentagem de cobertura da terra, entre outros citados por Lima (2017).

O índice de vegetação da diferença normalizada, difundido pela denominação e sigla em inglês *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), foi proposto por Rouse *et al.* (1973) com o objetivo de identificar a viabilidade do uso do sensoriamento remoto para mapear as condições e desenvolvimento da vegetação. A proposta consiste na utilização de imagens de satélite que, por meio da operação matricial entre as bandas do vermelho e infravermelho próximo (equação 3), resulta no índice normalizado que indica as regiões com maior atividade fotossintética e assim pode se aferir sobre a saúde daquela vegetação.

$$NDVI = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)} \quad (3)$$

Onde:

NIR: reflectância da vegetação na banda do infravermelho próximo;

R: reflectância da vegetação na banda do vermelho.

A equação é aplicada em cada *pixel*, resultando num valor entre -1 e 1, que quanto mais próximo de 1, maior é a atividade vegetativa no local e valores negativos ou próximos de 0 indicam áreas com insignificante ou nula atividade vegetativa, tais como água, edificações, solo exposto.

O princípio teórico é que quanto mais a vegetação está ativa, absorvendo a energia solar, a resposta espectral na banda do vermelho é menor e, em contrapartida, há uma reflectância espectral maior na banda do infravermelho próximo, apresentando assim valores digitais altos (Figura 1).

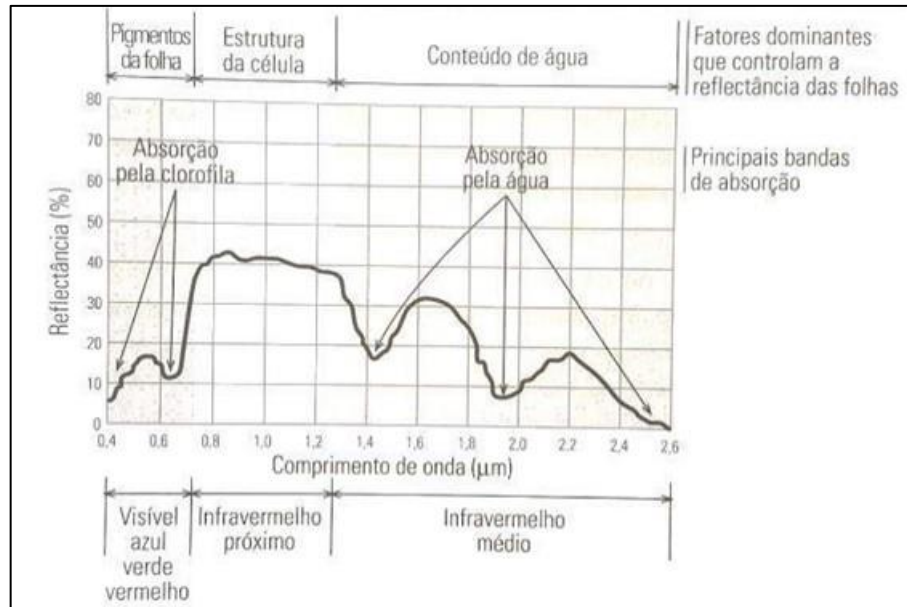


Figura 1 – Resposta espectral da vegetação
Fonte: Novo (2010).

Outro importante índice, denominado de Índice Normalizado de Vegetação Remanescente ou *Normalized Remaning Vegetation Index* (NRVI), foi proposto por Bonnet, Pereira e Lobo (2006, p. 131) e consiste na avaliação das variações da vegetação em diferentes escalas da paisagem, como bacias hidrográficas, facilitando a verificação de possíveis correlações com outros índices normalizados. De acordo com os autores, o índice é *diretamente proporcional ao percentual de remanescente de cobertura vegetal de uma determinada área*, variando entre -1 e 1. Seu cálculo é realizado pela equação 4:

$$NRVI = \frac{\text{área de vegetação remanescente} - \text{área uso antrópico}}{\text{área de vegetação remanescente} + \text{área uso antrópico}} \quad (4)$$

Onde, um NRVI igual a 1 indica um percentual de remanescentes de cobertura vegetal de 100% na área; igual a 0 indica equivalência entre a ocorrência de uso antrópico e cobertura vegetal remanescente; e igual a -1 representa ausência total de cobertura vegetal remanescente, indicando que a área se encontra convertida para outros usos antrópicos.

Retomando e adentrando a discussão sobre os modelos de alteração do uso e cobertura da terra, Rosa *et al.* (2015) ressalta que a adoção dessa técnica tem sido difundida para avaliar os

impactos antrópicos no meio ambiente. No entanto, ainda é um desafio certificar sobre o grau de explicação dos modelos construídos à realidade futura que se desenvolve. Segundo a autora, esse tipo de modelagem tem sido elaborado para: (i) verificar os fatores de influência que guiam as modificações da área de estudo, (ii) verificar os parâmetros que variam ao longo do tempo, ou seja, como as modificações ocorrem e (iii) quantificar tais modificações por meio de um período determinado de calibração e validação para medir a performance do modelo.

Conforme Fonseca (2015), prever os impactos com base em uma análise integrada dos modelos de mudança e avaliação dos usos da terra, considerando as potencialidades e vulnerabilidades da área, tem como base os fundamentos do conceito de *Geodesign*² para o ordenamento territorial.

As ferramentas de geotecnologia permitem ainda, por meio da modelagem da dinâmica do uso da terra, a simulação de cenários e comparações quali-quantitativas espacialmente explícitas (temporais e espaciais) (STOMPH; FRESCO; KEULEN, 1994), conforme pode ser verificado com a crescente adoção desta técnica e aprofundamento em estudos focados nas implicações do uso da terra (MAS *et al.*, 2014).

A modelagem é um processo complexo, que envolve a manipulação de uma grande quantidade de dados, sendo a escolha do modelo influenciada pela escala, localização geográfica e recursos disponíveis. É uma ferramenta que permite entender as variáveis que contribuem com as alterações do uso e cobertura da terra, a correlação entre elas e onde elas ocorrerão, dadas as diferentes condições (SOESBERGEN, 2016).

Atualmente existem diversos programas e abordagens para a modelagem, gratuitos e licenciados, os quais, na abordagem indutiva, cita-se os mais frequentemente usados, mencionados por Mas *et al.* (2014): CLUE-S (*Conversion of Land Use and Its Effects at Small regional extent*) desenvolvido pelo Instituto de Estudos Ambientais da Universidade de Amsterdã (Holanda); IDRISI Land Change Modeler e CA_MARKOV, desenvolvidos pelo Laboratório da Universidade de Clark (Estados Unidos) e DINAMICA EGO, desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais (Brasil), entre outros.

² O *Geodesign* é um conceito que surgiu em 2012 por pesquisadores da *Harvard University, Massachusetts Institute of Technology (MIT), Anhalt University e Università di Cagliari*, que visa o planejamento da ocupação da terra, considerando as variáveis naturais e culturais do ambiente, projetando com e para o território (FONSECA, 2015).

No estudo mencionado, Mas *et al.* (2014) traz um comparativo entre alguns programas disponíveis, caracterizando sucintamente cada um deles, destacando-se aqui o LCM, que foi desenvolvido para possibilitar análises quali-quantitativas das alterações da cobertura da terra. Segundo Luiz (2014) o *software* dispõe de ferramentas para mensurar as áreas de mudança, persistência e de construir cenários futuros com base em análise das informações de uso e cobertura da terra de diferentes datas.

De acordo com Silva (2014) e Eastman (2012), para compreensão da dinâmica da mudança na cobertura da terra, o *software* LCM permite a elaboração de mapas e gráficos que mostram as perdas, os ganhos, as mudanças e persistência das classes definidas.

A seleção do programa dependerá dos dados e recursos disponíveis, do objetivo almejado, da escala de trabalho e, muitas vezes, da linha de pesquisa, atuação e conhecimento prévio da equipe de trabalho e ainda em qual estudo a ser desenvolvido está inserido. O mais importante é que o modelador entenda os princípios da abordagem adotada, como o programa opera, os algoritmos utilizados, entre outros (MAS *et al.*, 2014).

Essas ferramentas são de grande importância para a compreensão do uso da terra e para a gestão inteligente do território.

2.3 Análise multicritério

A análise multicritério (AMC) é uma metodologia desenvolvida em 1950 e bastante aplicada em análises espaciais que abarcam decisões territoriais estratégicas, marcadas pela necessidade de se optar por uma ou mais alternativas estudadas para um problema conhecido (MOURA e JANKOWSKI, 2016).

De acordo com Malczewski (2006), a AMC configura-se como um processo de transformação e combinação de dados espaciais e não espaciais, gerando uma decisão. Tal processo abrange principalmente o conhecimento prévio dos tomadores de decisão para a manipulação dos dados (VALENTE, 2005), sendo de extrema importância levar em consideração: (i) a capacidade do SIG no processamento dos dados georreferenciados, e; (ii) as possibilidades de combinação com base no conhecimento e conceito dos pesquisadores (MALCZEWSKI, 2006). É uma

técnica que viabiliza realizar análises espaciais em uma abordagem ampla, considerando diversos aspectos influenciadores e construtores do cenário observado, que possivelmente não seriam qualificados sem as devidas ferramentas tecnológicas e metodológicas (MOURA e JANKOWSKI, 2016).

Ao empregar a metodologia AMC, deve-se atribuir os pesos das variáveis agrupadas no estudo por meio da técnica denominada análise hierárquica de pesos (AHP), desenvolvida em 1978. Nessa técnica, os pesos são definidos considerando a sua importância relativa, analisada de forma independente (PIMENTA *et al.*, 2019; RAFFO, 2012; SAATY, 2008).

Para atribuição dos pesos, Saaty (2008) recomenda primeiramente que seja construída a hierarquia de decisão por meio da decomposição do problema (ROCHA; CASAGRANDE; MOURA, 2018). Posteriormente, que seja realizada uma comparação entre os elementos da hierarquia, de forma a estabelecer prioridades entre os elementos para cada nível hierárquico, adotando-se uma matriz comparativa. Essa matriz possui uma escala de 1 a 9, conforme disposto no Quadro 2.

Quadro 2 – Matriz de notas

Escala	Avaliação	Descrição
Igual importância	1	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
Importância moderada	3	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra
Mais importante	5	A experiência ou juízo favorecem uma atividade em relação à outra
Muito importante	7	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra.
Importância extrema	9	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
Valores intermediários	2,4,6,8	Quando se procura uma condição entre duas definições.

Fonte: Adaptado de Saaty (2008).

No contexto das classes das variáveis, ainda é possível a atribuição de notas, em função da menor ou maior influência que determinada classe pode ter diante dos objetivos que se buscam.

Posteriormente, com a combinação dos mapas das diferentes variáveis consideradas, combinações estas realizadas por meio da álgebra de mapas (TOMLIN, 1994)³, obtém-se a síntese das variáveis mais aplicável ao objetivo da análise. Tal combinação pode ocorrer por meio do método *pesos de evidências* ou por *análise combinatória*, e no primeiro método combina-se simultaneamente todas as variáveis selecionadas com seus pesos ponderados, resultando num ranqueamento classificatório do potencial ou vulnerabilidade do fenômeno estudado (processo sintetizado, quantitativo e ordenado); no segundo método é realizada uma análise par a par das variáveis selecionadas, obtendo-se resultados parciais, permitindo maior controle e manipulação pelo pesquisador até o resultado final, caracterizado como um processo mais analítico (qualitativo e seletivo) (ROCHA; CASAGRANDE; MOURA, 2018).

No método de *análise combinatória*, são ponderados valores para cada variável combinada, e posteriormente somados. Essa operação pode ocorrer considerando valores pares que, após a soma, são divididos por dois, ou pode considerar a combinação de valores para linhas e colunas que não se confundam, como dezena ou centena, permitindo a combinação de valores sequenciais e unívocos auxiliando na sua identificação (ROCHA; CASAGRANDE; MOURA, 2018).

Por outro lado, de acordo com Rocha, Casagrande e Moura (2018) no método de *pesos de evidências*, proposto por Bonham-Carter, os pesos podem ser atribuídos por *data-driven*, o qual se baseia na análise da realidade, ou por *knowledge-driven*, que consiste na consulta a especialistas e, no qual, a metodologia AHP retromencionada se inclui.

É importante ressaltar que, considerando as incertezas inerentes ao processo de ponderação dos pesos, Moura e Jankowski (2016) discutem, em seu artigo, acerca da aplicabilidade da análise de sensibilidade em análises multicritérios e propõem uma metodologia para representar a incerteza e criar critérios no processo de ponderação de pesos.

Segundo esses mesmos autores, em razão da simplicidade para sua aplicação e evolução da tecnologia aplicada ao geoprocessamento, a AMC tem sido bastante utilizada para a modelagem descritiva ou preditiva do espaço geográfico com diversos objetivos.

³ Processo em que são realizadas funções matemáticas em cada ponto do mapa proposto por Dana Tomlin na década de 1970.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

3.1 Histórico

A região norte de Minas Gerais é marcada historicamente pela implantação de diversos projetos de colonização e extrativistas, de modo a ocupar o território sob uma perspectiva antropogênica, que, a princípio, não oferece condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento de ações antrópicas modernas para o desenvolvimento econômico, ambiental e social.

O histórico de ocupação da região norte do estado, conhecida como sertão mineiro, é marcado por dois momentos, o primeiro caracterizado pela ausência do Estado no que tange às questões de desenvolvimento e investimento social (tais como saúde, educação, saneamento e segurança), e ocupação por pequenas comunidades e por tribos indígenas, numa paisagem pouco modificada. Num segundo momento, a partir da década de 1960, é alvo de ações administrativas e políticas públicas destinadas ao desenvolvimento da região.

A princípio, o povoado, que vem a se tornar a cidade de Januária em 1860, nasce nos séculos XVI e XVII como ponto de apoio de navegação para os caminhantes e tropeiros que buscavam recursos minerais e mão de obra escrava indígena. A ocupação da terra, por meio de condições favoráveis de clima e solo, inicia-se com a expansão da pecuária e agricultura de subsistência de milho, feijão, mandioca e cana-de-açúcar nas áreas de veredas. A produção de cana-de-açúcar tem como principal destino a produção de aguardente, tradição que sobrevive até o presente (BETHONICO, 2009).

A região foi ocupada mais intensamente em meados do século XVIII, com a instalação de propriedades rurais destinadas à pecuária de corte, intensificando-se a partir da década de 1960 com a implantação da cultura do eucalipto para produção de carvão vegetal. Tais atividades foram oriundas de incentivos governamentais, como o Projeto Distrito Florestal e o programa Provárzea (Decreto nº 86.146/1981), acarretando impactos sociais e ambientais do território, afetando expressivamente a vegetação nativa local (BETHONICO, 2009).

Além disso, houve a construção da Pequena Central Hidrelétrica Rio Pandeiros (PCH Rio Pandeiros) à montante do Refúgio Estadual de Vida Silvestre Rio Pandeiros (REVSRP) que operou durante o período de 1958 a 2008 (Figura 2).

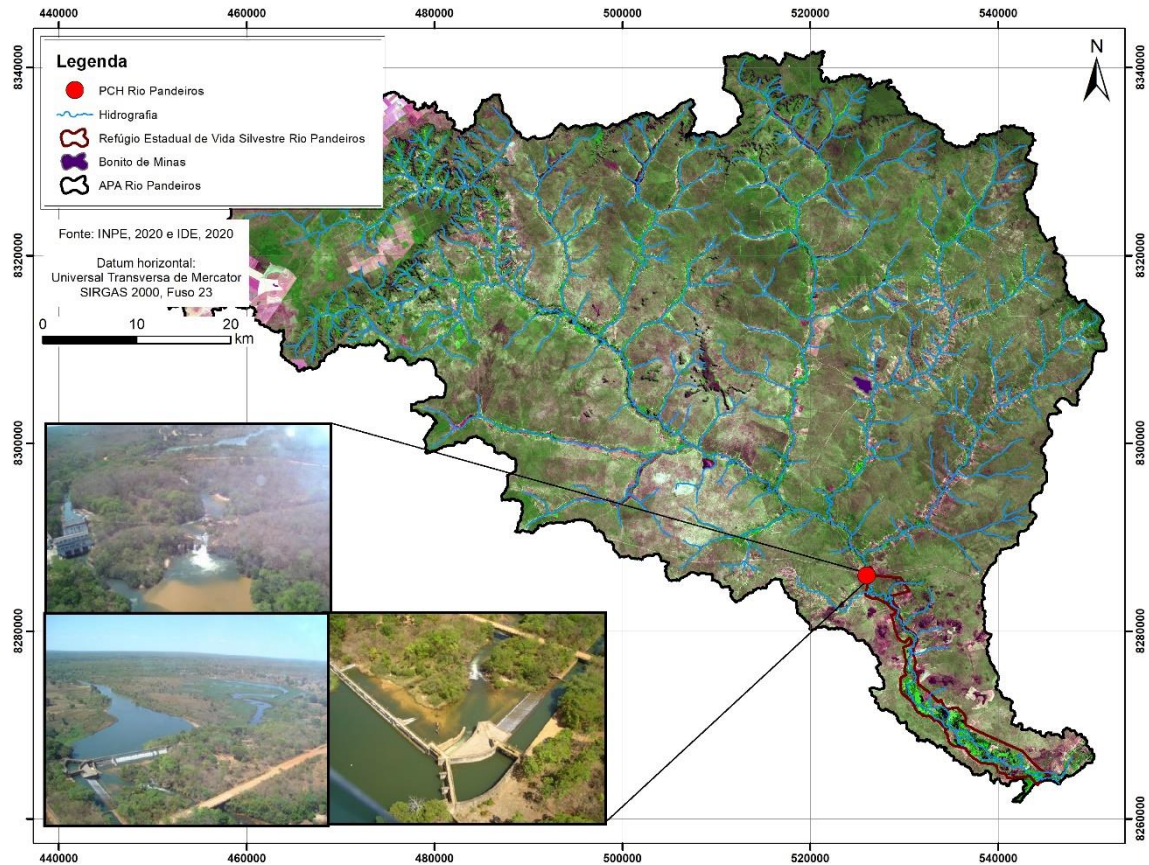


Figura 2 – Mapa de localização da PCH Pandeiros
Fonte: A autora (2021).

Posteriormente, a partir da década de 1990, quando houve predominância no estabelecimento de UCs de uso sustentável (DRUMMOND; FRANCO; SILVA, 2010), e considerando-se a importância ecológica local e o histórico de ocupação, no ano de 1995, foi publicada a Lei nº 11.901, de 1995, estabelecendo a UC na categoria de uso sustentável. O objetivo dessa Lei foi a proteção e preservação da riqueza ecológica da região, principalmente o baixo curso do Rio Pandeiros, onde se encontra o denominado pantanal mineiro (NUNES *et al.*, 2009).

De acordo com Bethonico (2009), o território da APARP como possibilidade econômica só começa a ocorrer no final do século XX, estando o Estado ausente, com poucos investimentos em pesquisa e desenvolvimento econômico social regional, mesmo após a criação da UC, concebida sem participação popular.

A criação da APARP agrega mais um fator de conflito de interesses do uso da terra e dos recursos naturais, pois concorrem interesses do Estado, dos órgãos preservacionistas, interesses dos moradores locais, comunidades tradicionais, tornando-se assim um ambiente de interrelações complexas.

Complementarmente, dada a importância ambiental cada vez mais certificada da região, por meio do aprofundamento da produção acadêmica-científica, no ano de 2005, o Ministério de Meio Ambiente (MMA) publica o Edital nº 01 para a criação de dez mosaicos de áreas protegidas no país. A Fundação Pró-Natureza – Funatura, uma organização não-governamental (ONG), vence a concorrência e inicia o projeto de criação do Mosaico Sertão Veredas-Peruaçu. No ano de 2008, publica-se o Plano de Desenvolvimento Territorial de Base Conservacionista (DTBC), que traça as estratégias para promoção do desenvolvimento sustentável e integrado das UCs que a compõem, entre elas, a APARP.

O MMA reconhece então a criação do Mosaico com a publicação da Portaria MMA nº 128/2009 (Figura 3).

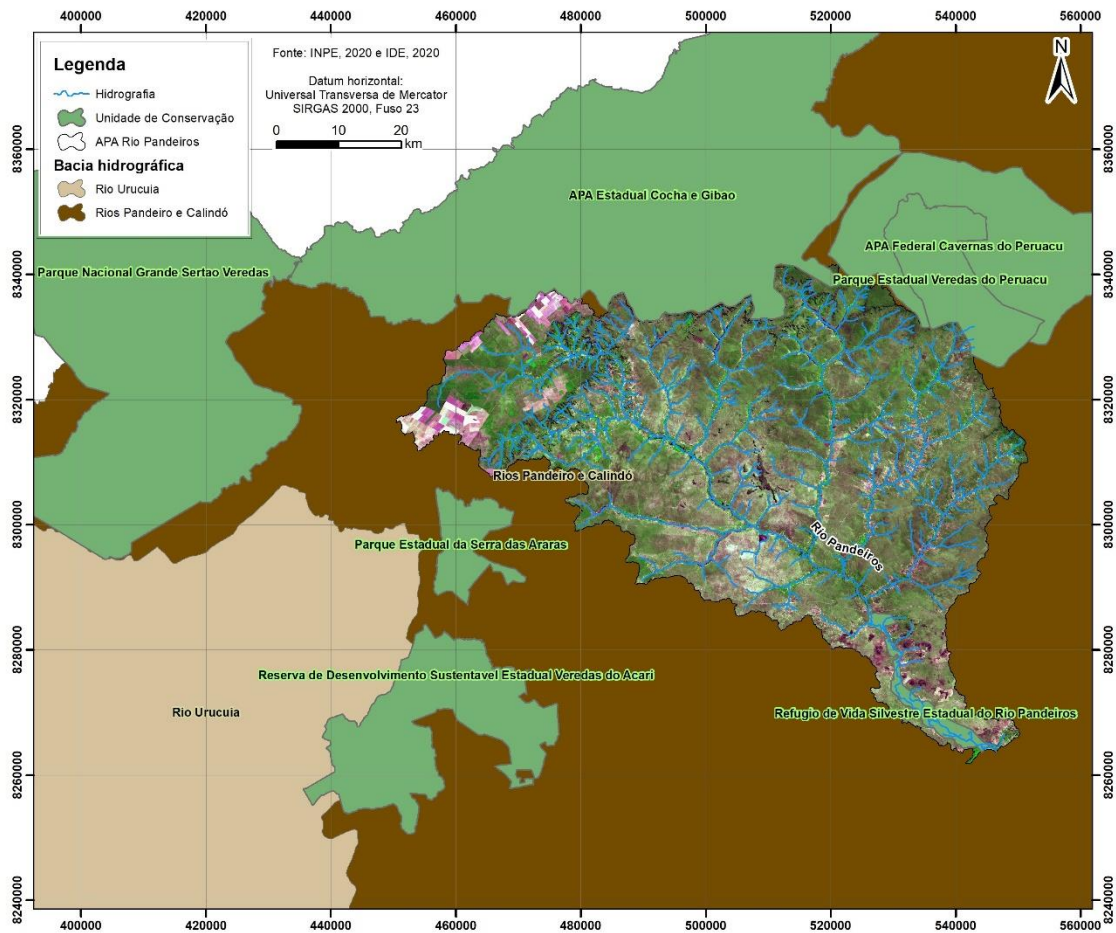


Figura 3 – Contexto regional do Mosaico Sertão Veredas-Peruaçu
Fonte: A autora (2021).

3.2 Diagnóstico ambiental

A APARP foi delimitada abrangendo a bacia hidrográfica do Rio Pandeiros e os municípios de Cônego Marinho, Bonito de Minas e Januária, com uma área de 396.037 hectares e sua caracterização ambiental será apresentada nos itens a seguir.

3.2.1 Aspectos físicos

3.2.1.1 Clima

O clima, de acordo com a classificação climática de Köppen, é tropical chuvoso, de savana com verão quente e chuvas acentuadas na estação verão (Awa), caracterizando um clima semiárido, com vulnerabilidade hídrica (OLIVEIRA, 2021; IEF, 2019).

Segundo Santos (2016, *apud* IEF, 2019), as massas de ar na região são resultantes do aquecimento da região central e centro-oeste do Brasil, que trazem a umidade da região Amazônica, contribuindo com o fenômeno da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), responsável pela precipitação durante o período chuvoso (outubro a março). No inverno, ocorre uma estabilidade atmosférica com períodos de insolação e baixa nebulosidade em razão do aumento da pressão atmosférica.

No que tange às normais climatológicas, a precipitação média anual da APARP é de aproximadamente 1.200mm, e a temperatura varia entre 18,4°C e 30,9°C, com média de 24°C (OLIVEIRA, 2021).

Com base nas variáveis climáticas, o IEF (2019) calculou os meses que apresentam maior risco de incêndio, considerando as médias de intensidade de vento, umidade relativa do ar e precipitação. Verificou-se que o período de maio a outubro é mais propenso a ocorrência de incêndios, com seu pico no mês de agosto.

3.2.1.2 Hidrografia

A APARP localiza-se na bacia hidrográfica do Rio São Francisco, sub-bacia Rio Pandeiros e na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) dos afluentes mineiros do médio São Francisco (SF9) (Figura 4), estabelecida pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) para nortear a implantação da política estadual de recursos hídricos. A UPGRH SF9, que conta com um comitê composto por 48 conselheiros, já possui plano diretor de recursos hídricos para a bacia do Rio Pandeiros.

No interior da bacia, destacam-se como as principais drenagens, os seguintes afluentes do Rio Pandeiros: o córrego Suçuarana, o ribeirão Catolé, o riacho Borrachudo, os córregos Lavrado, São Domingos, da Panela, Macaúba e a Vereda Mescla à margem esquerda; o ribeirão São Pedro, o riacho Mandim, a vereda Alegre e o córrego Pindaibal à margem direita.

O córrego Suçuarana dá origem ao Rio Pandeiros e sua nascente está no município de Januária, em altitude aproximada de 850m, seguindo por 178,2km até a foz no Rio São Francisco, na altitude aproximada de 450m (IEF, 2019).

Importante ressaltar que se denota a vulnerabilidade hídrica da região, tanto pelo comprometimento da qualidade da água quanto de sua quantidade, afetada pelas diversas atividades antrópicas em expansão (IEF, 2019). A tendência constatada no PM (IEF, 2019) é a ocupação das áreas de chapada, à montante da bacia, onde as nascentes se concentram nas escarpas, que apresentam maior vulnerabilidade quanto aos processos erosivos.

O Índice de Qualidade da Água (IQA) monitorado e calculado pelo IGAM apresentam geralmente resultados classificados como “bom” e “médio”.

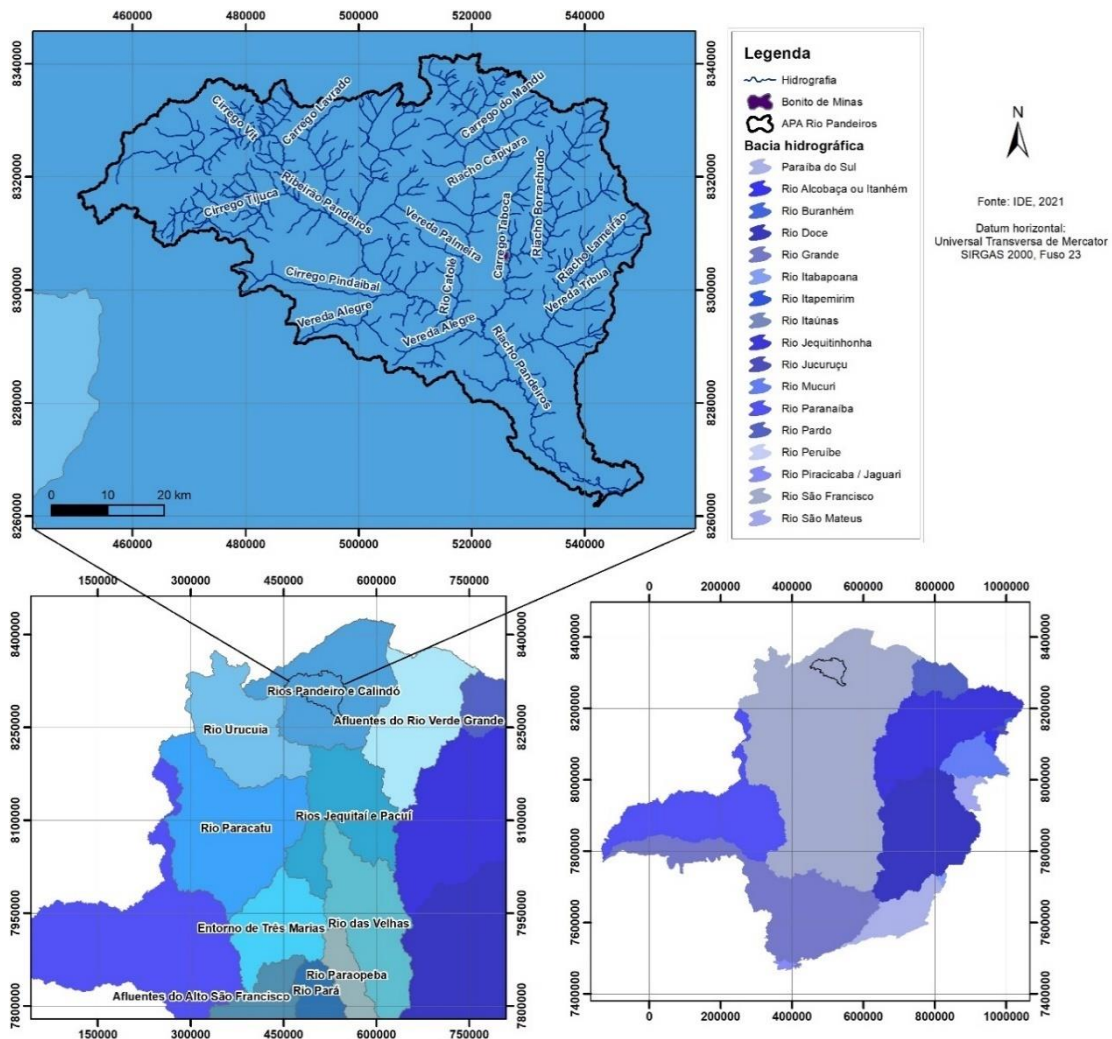


Figura 4 - Mapa hidrográfico
Fonte: A autora (2021).

3.2.1.3 Geologia

A APARP está localizada parcialmente no embasamento Cráton São Francisco, originada na Era Arqueana (há aproximadamente 4.500 milhões de anos), representado pelo Complexo Januária, Grupo Urucuia e Supergrupo São Francisco, este último composto por rochas sedimentares, abrangendo os grupos Bambuí e Macaúbas (BERTOLDO, 1993).

Seguindo uma sequência temporal (Figura 5), é verificada a ocorrência do Complexo Januária, nos cursos d'água do ribeirão Catolé e riacho Borrachudo (sentido NE), também de origem na era Arqueana (formações de aproximadamente 3.200 milhões de anos), sendo sua litologia marcada pelo gnaiss (rocha metamórfica resultante da deformação de granitos).

À sudeste da bacia, há ocorrência da formação Sete Lagoas – membro Pedro Leopoldo e Sete Lagoas – membro Lagoa Santa (grupo Bambuí), originada no Período Proterozoico (há mais de 720 milhões de anos) que apresenta como litologia principal o calcarenito (rocha calcária composta por detritos carbonáticos).

A formação Serra das Araras, do grupo Urucuia, localizada na porção central da bacia e denominada como serra da Almécega, originou-se no Éon Farenosoico, Era Mesozoica, no Período Cretáceo (há aproximadamente 100 milhões de anos) quando surgem também os mamíferos e as aves. Caracterizada por morros testemunhos, é constituída por arenitos avermelhados, intercalados com arenitos brancos, siltitos e argilitos (UFMG, 2015).

Na maior parte da bacia há, ocorrência da formação Posse (grupo Urucuia), também originada no Período Cretáceo, onde afloram os arenitos e areias, por vezes silicificados, de composição granulométrica e cores variadas, em tons de branco a vermelho (este último de forma predominante) (UFMG, 2015).

Ainda, de acordo com a UFMG (2015), na região da chapada, à montante da bacia hidrográfica e a nordeste, ocorrem os depósitos eluviais e coluviais, originados no Éon Farenosoico, Era Cenozoica, no Período Terciário Neógeno, Época Mioceno (há aproximadamente 23,3 milhões de anos), constituída litologicamente por areia e argila. Da mesma idade de formação, na região sul há a ocorrência de coberturas detríticas indiferenciadas (depósitos aluvionares englobados por essa denominação), também marcada pela cobertura arenosa, pouco argilosos, com níveis de cascalho e cores variadas.

Já na planície de inundação e ao longo da calha fluvial do Rio Pandeiros, verificam-se depósitos aluvionares, de origem mais recente, datados do Éon Farenozoico, Era Cenozoica, no Período Quaternário, Época Holoceno (há aproximadamente 11,7 mil anos), constituída litologicamente por areia, cascalho e argila, presentes mais à jusante do rio (UFMG, 2015).

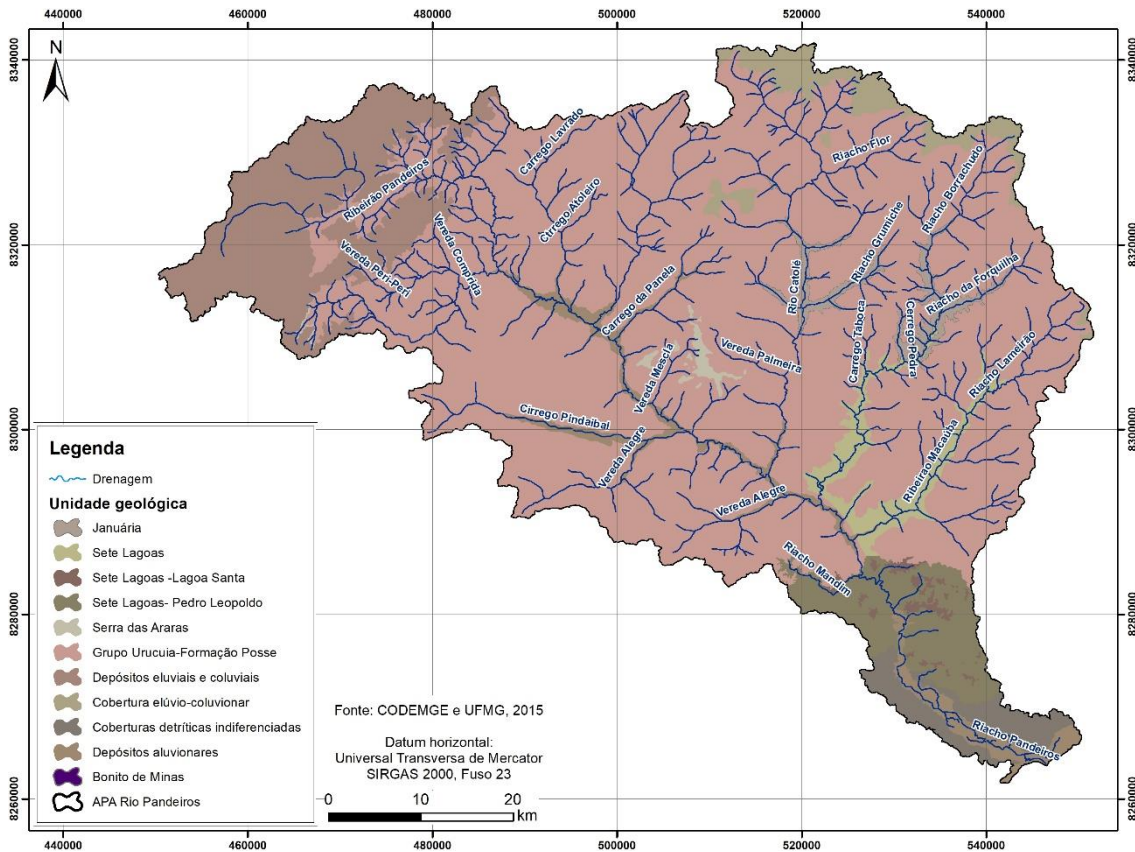


Figura 5 - Mapa geológico
Fonte: A autora (2021).

3.2.1.4 Geomorfologia

Associada à geologia, na área da APARP observa-se um relevo plano, marcado por chapadas e superfícies tabulares escalonadas na direção norte-sul. Conforme indicado pelo IEF (2019), isso se deve ao mergulho sub-horizontal das rochas areníticas do grupo Urucua, que compõe maior parte da bacia.

As cotas variam de aproximadamente 450m na porção sudeste da região de estudo, em seu nível mais baixo, até 840m em seu nível mais alto, nas chapadas à noroeste (Figura 6). Ademais, a maior porção da área apresenta cotas intermediárias, com baixa declividade, conforme pode ser observado na Figura 7. Destaca-se que os maiores percentuais de declividade ocorrem na

formação Serra das Araras e nas bordas norte e noroeste, onde se localizam as áreas de chapadas, caracterizando alterações altimétricas drásticas.

Conforme mostrado na Figura 8, observa-se a diversidade dos domínios geomorfológicos (seis tipos) e a ocorrência de vários tipos de relevo, como chapadas, planícies, zonas de pantanal e superfícies cársticas (OLIVEIRA, 2021; IEF, 2019). Essa caracterização possibilita análises mais aprofundadas no que tange aos materiais e comportamento dos processos que ocorrem na superfície, conforme analisado por Oliveira (2021), no Quadro 3.

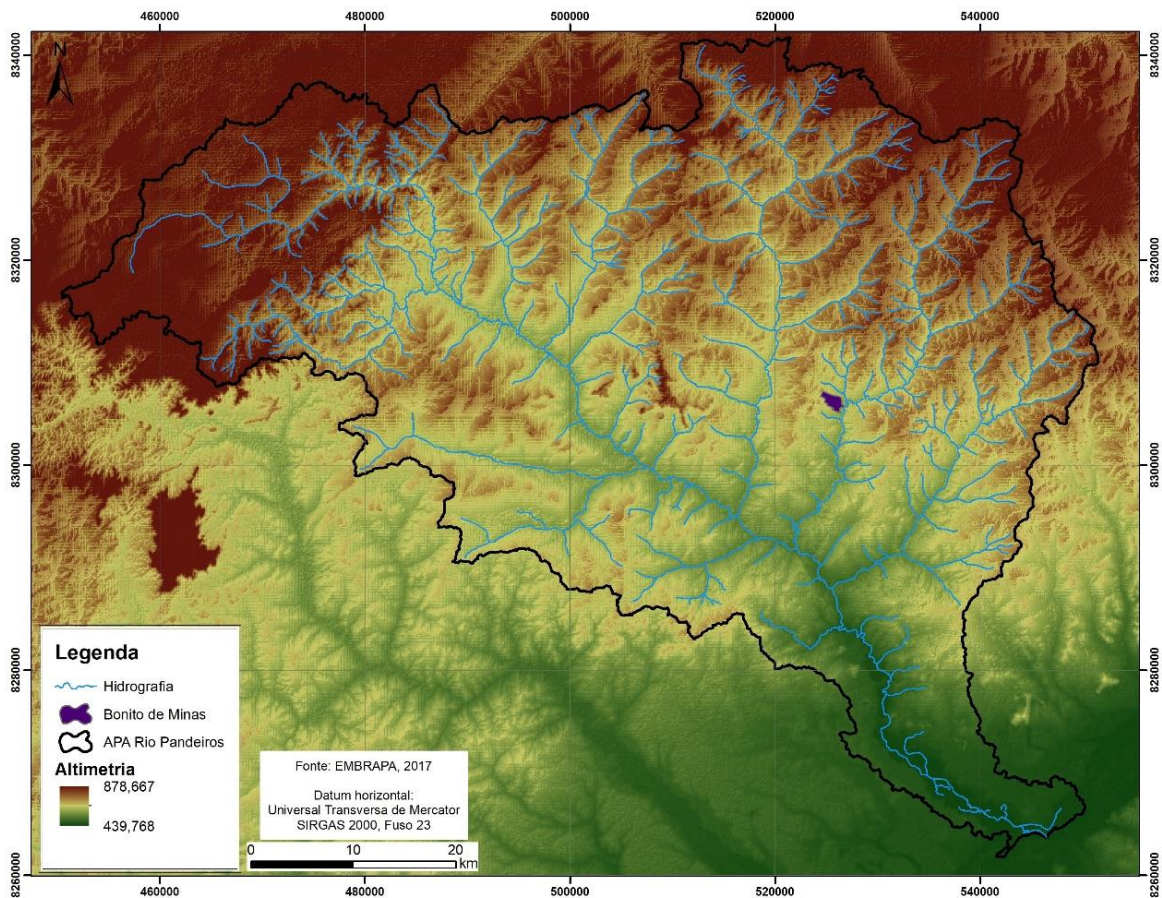


Figura 6 - Modelo Digital de Elevação da APA Rio Pandeiros
Fonte: A autora (2021).

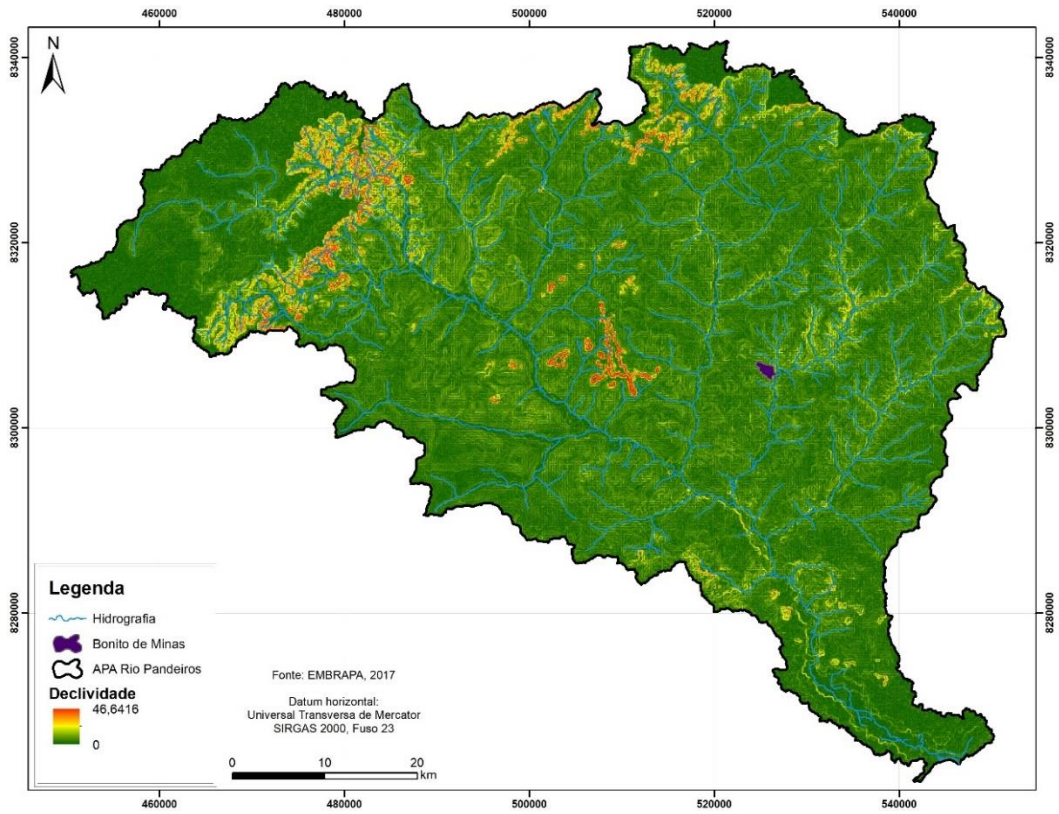


Figura 7 - Declividade da APA Rio Pandeiros
Fonte: A autora (2021).

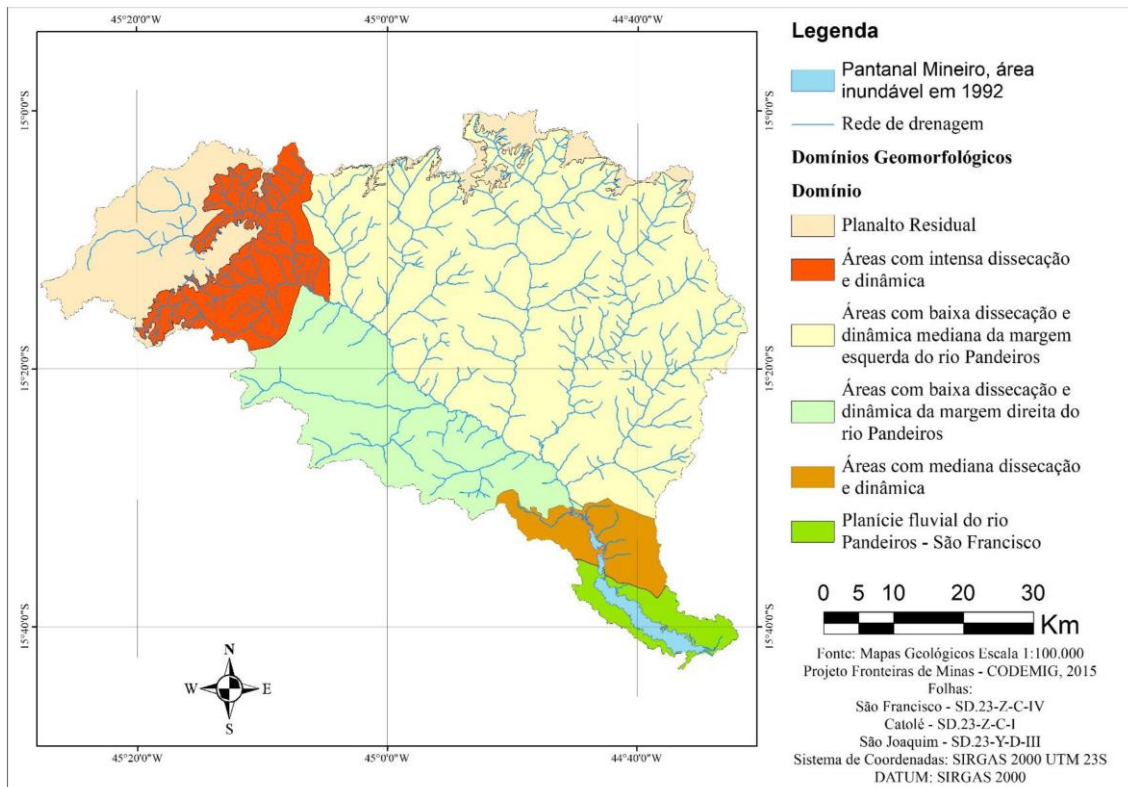


Figura 8 - Unidades geomorfológicas na APA Rio Pandeiros
Fonte: Oliveira (2021).

Quadro 3 – Síntese dos domínios geomorfológicos da APARP

NOME DA UNIDADE	LITOLOGIA	VERTENTES	ENERGIA
Planalto residual.	Coberturas detrítico-lateríticas.	Planas, com baixa inclinação e sem orientação predominante.	Baixa incisão da rede de drenagem, exceto nas bordas da chapada.
Áreas com intensa dissecação e dinâmica.	Arenitos do grupo Urucuia e depósitos aluvionares recentes.	Íngremes, com vertentes curtas em direção NO/SE.	Ambiente de maior energia na bacia, com grande densidade de drenagem.
Áreas com baixa dissecação e dinâmica mediana da margem esquerda do Rio Pandeiros.	Arenito Urucuia, intrusões do complexo Januária e depósitos aluvionares recentes nos fundos de vale.	Suavemente inclinadas amplas e com direção preferencial L/O. Interflúvio e rede de drenagem na direção N/S.	Níveis diferentes de energia, nos locais onde há formas residuais maior e, nas vertentes dissecadas, menor. Rede de drenagem distribuída na área de forma dendrítica.
Áreas com baixa dissecação e dinâmica da margem direita do Rio Pandeiros.	Arenito Urucuia, depósitos aluvionares recentes e calcários do grupo Bambuí.	Muito amplas, baixíssima declividade com direção N/S e drenagem O/L.	Níveis baixos de incisão da rede de drenagem, com baixa densidade de drenagem.
Áreas com mediana dissecação e dinâmica.	Arenito Urucuia, complexo Januária e coberturas detrítico lateríticas, associadas com os calcários do Grupo Bambuí.	Mais curtas, com declividade mais íngreme, sem predominância de direção.	Baixa densidade de drenagem, mas com valores de declividade altos em alguns pontos, dispostos perpendicularmente ao Rio Pandeiros,

			formando uma espécie de barreira na bacia, separando a área do PRP ao montante da bacia.
Planície fluvial do Rio Pandeiros – São Francisco.	Coberturas detrito-lateríticas com depósitos aluvionares recentes e antigos e calcários do grupo Bambuí.	Planas, sem predominância de orientação e baixíssima declividade.	Baixa energia.

Fonte: Oliveira, 2021.

3.2.1.5 Pedologia

Conforme pode ser observado na Figura 9, majoritariamente na área da APARP, há ocorrência do latossolo vermelho-amarelo distrófico, um tipo de solo altamente intemperizado, poroso, bem desenvolvido, fortemente drenado, com frações de argila compostas por caulinita e óxidos de ferro e alumínio (EMBRAPA, 2018).

Associados às cabeceiras dos cursos d'água e amplamente distribuídos na área de estudo, em cotas elevadas e relevos ligeiramente ondulados, entre as direções norte e noroeste da bacia, há ocorrência dos neossolos quartzarênicos órtico, caracterizados por sua textura arenosa, excessivamente drenada. Segundo descrito no PM (IEF, 2019), os neossolos quartzarênicos, relacionado à formação Posse, estão associados à vegetação xeromórficas (adaptada ao clima semiárido) em razão da baixa capacidade de retenção de água, que ocorrem principalmente no entorno do pantanal, ao sul da APARP.

Ainda, associados aos fundos de vale e planícies de inundação dos principais afluentes da bacia, há ocorrência ampla dos gleissolos melânicos distrófico, solos característicos de áreas alagadas, mal drenadas e hidromórficas.

Já ao longo dos cursos d'águas, há ocorrência dos neossolos flúvicos eutróficos, que são solos pouco desenvolvidos, com ausência de horizontes e camadas aluvionares.

Ao sul da bacia, na margem esquerda, há regiões onde ocorrem os cambissolos háplicos Tb eutróficos, solos moderadamente desenvolvidos. Segundo o IEF (2019), tal ocorrência está associada à transformação da rocha carbonática (calcário), rica em nutrientes minerais.

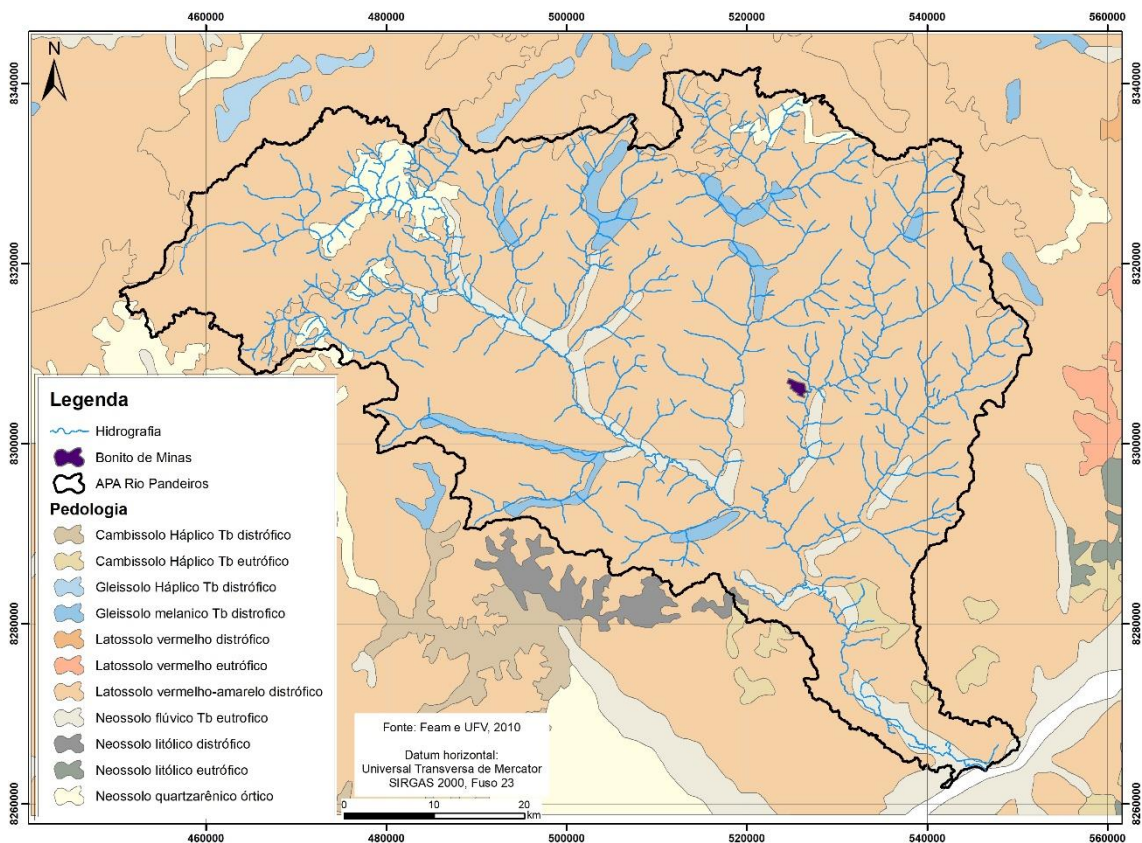


Figura 9 - Mapa pedológico da APA Rio Pandeiros
Fonte: A autora (2021).

De acordo com o IEF (2019), a bacia hidrográfica do Rio Pandeiros apresenta problemas graves no que tange aos processos erosivos (Figura 10), relacionados tanto às atividades antrópicas e históricas, quanto a fatores naturais, como a natureza arenosa do solo, dinâmica do relevo, geologia e regime das chuvas.



Figura 10 - Voçoroca profunda (30m) localizada na principal cabeceira do Rio Pandeiros (E: 475435 / S: 8332386)
Fonte: IEF (2019).

No 2º Plano de Desenvolvimento Integrado do Noroeste Mineiro (CETEC, 1981) é diagnosticada a ocorrência dos processos de voçorocamento na bacia, principalmente nas regiões de cabeceira.

Com base nos estudos desenvolvidos por Lima, Augustin e Oliveira (2019), foi possível observar que as voçorocas existentes na bacia ocorrem em três grandes rupturas de declive, que coincidem com o mapa de compartimentação geomorfológica proposto por Oliveira, Augustin e Fonseca (2017). Conforme Figura 11, o primeiro agrupamento é marcado por uma ruptura de declive acentuada, localizada à noroeste da bacia, na região da chapada. O segundo agrupamento ocorre no domínio das vertentes, na segunda grande ruptura do relevo, entre as cotas 700 e 600m. E o terceiro agrupamento ocorre a sudeste da bacia, na última grande ruptura de relevo.

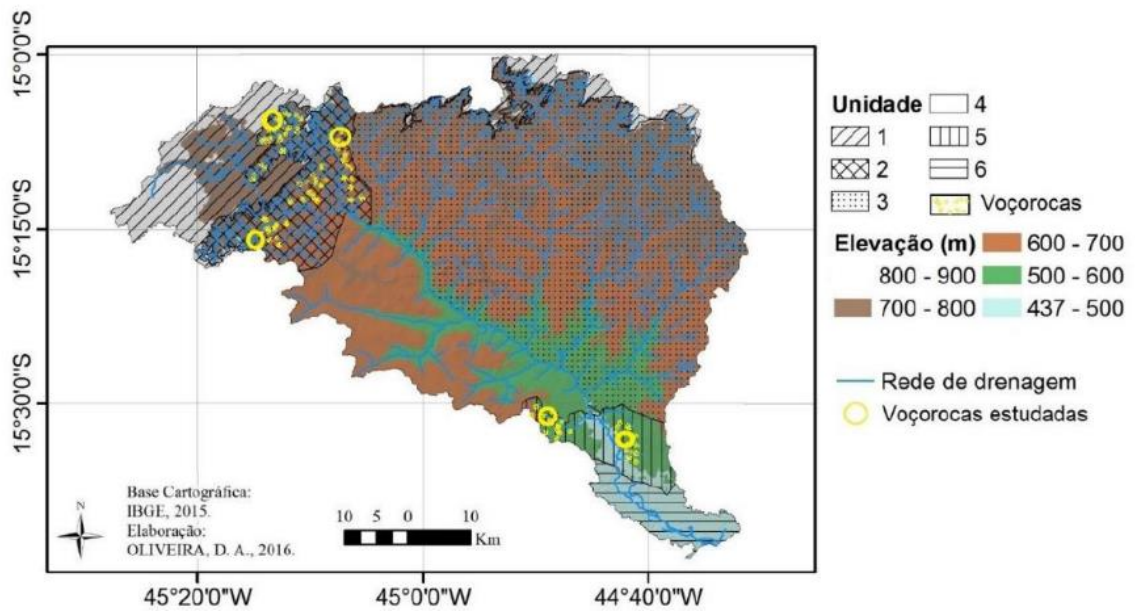


Figura 11 - Mapa de compartimentação geomorfológica da bacia do Rio Pandeiros
Fonte: Oliveira, Augustin e Fonseca (2017).

3.2.1.6 Espeleologia

De acordo com o IEF (2019) e conforme mostrado na Figura 12, a região sudeste da bacia apresenta alto potencial espeleológico em razão das formações do grupo geológico Urucua associadas aos terrenos areníticos. No referido estudo, observou-se também a existência de cavidades em áreas cársticas, associadas às rochas carbonáticas da Formação Sete Lagoas.

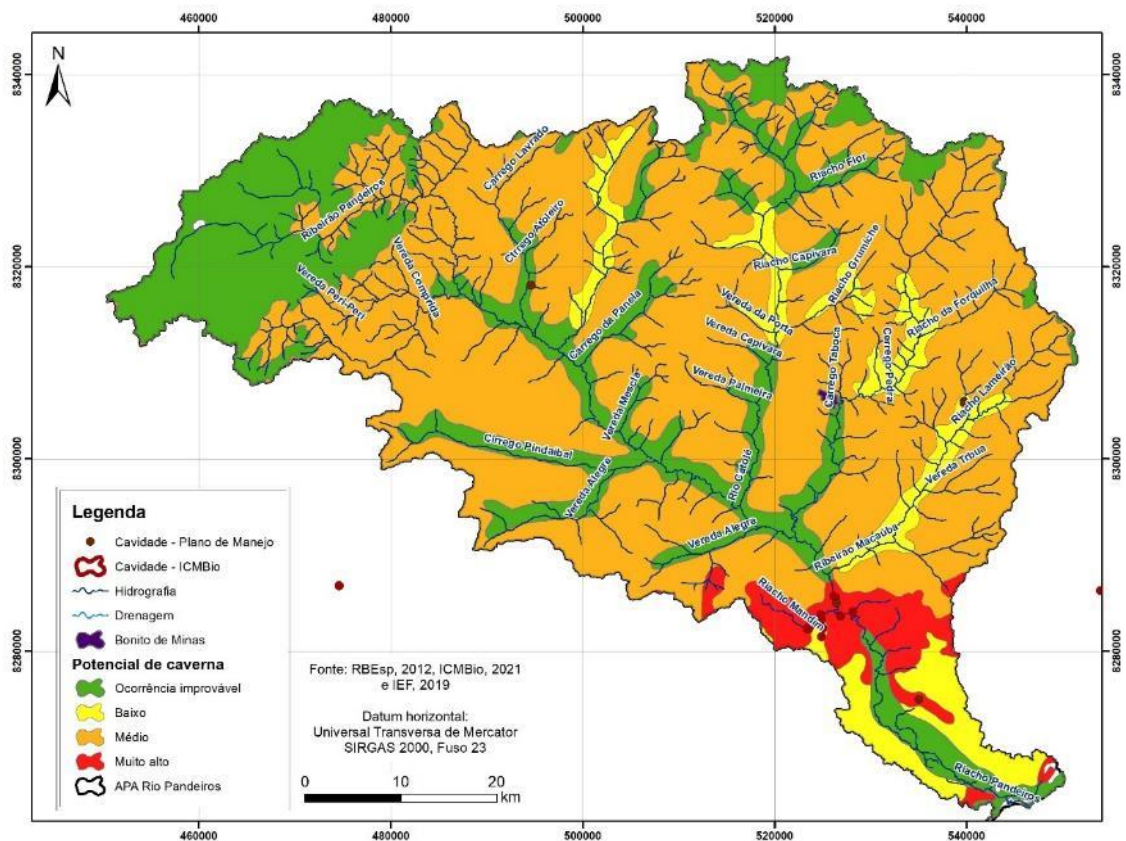


Figura 12 - Mapa espeleológico
Fonte: A autora (2021).

3.2.2 Aspectos bióticos

De acordo com Drummond *et al.* (2005), a APARP está inserida numa região considerada de importância biológica especial, pois abriga espécies endêmicas dos biomas caatinga, cerrado e regiões de transição (ecótonos) para vários grupos biológicos e apresenta aspectos espeleológicos e arqueológicos únicos da região cárstica, conforme será descrito a seguir (IEF, 2019). No mapa da Figura 13, observa-se que a região noroeste da bacia é considerada de muito alta relevância para conservação da biodiversidade, toda a porção leste é classificada como extrema e a região do pantanal é de especial relevância.

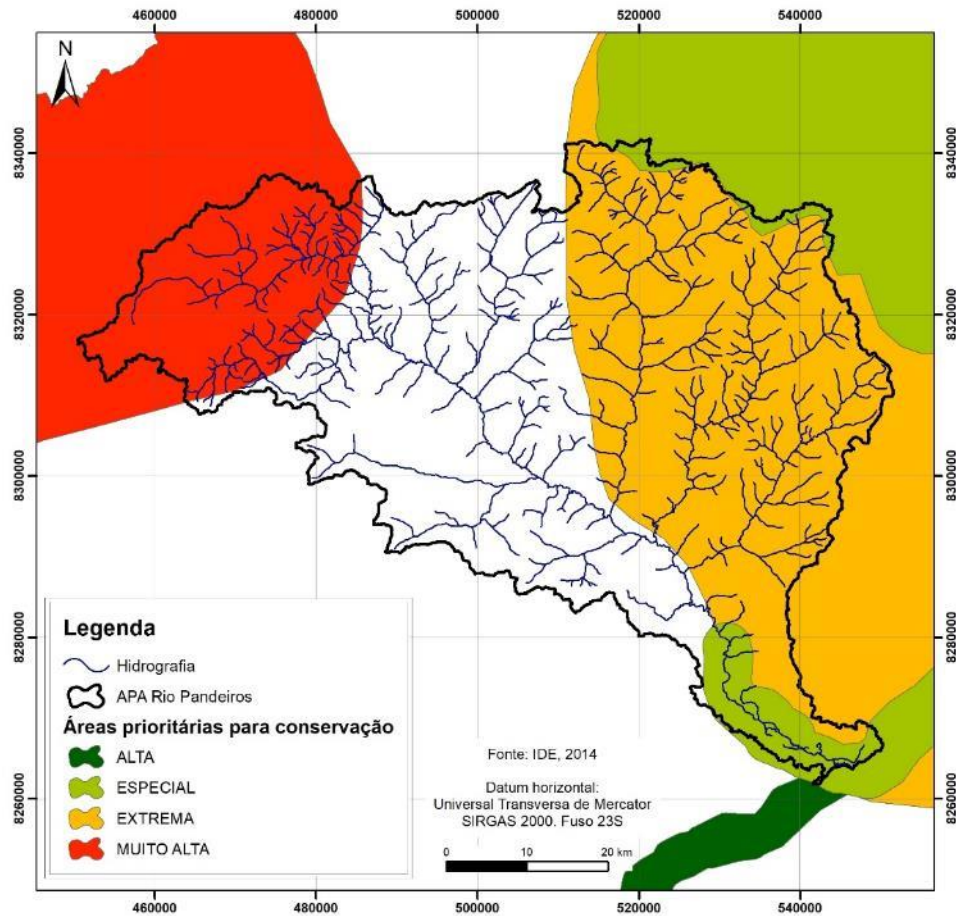


Figura 13 - Área de prioritária para conservação da biodiversidade
Fonte: IDE -SISEMA (2014).

3.2.2.1 Flora

Na região, há a transição entre dois biomas, caatinga e cerrado, com a ocorrência das seguintes fitofisionomias: cerrado sentido restrito, floresta estacional decidual em estágio inicial e médio de regeneração, floresta estacional semidecidual e vereda (IEF, 2019).

Há predominância do cerrado sentido restrito, que ocupa quase 80% da bacia, segundo o IEF (2019). A flora local abriga espécies raras, endêmicas, ameaçadas de extinção e protegidas por lei, caracterizando-se como um ambiente de fragilidade e importância ecológica para preservação. Barbosa (2010) define como veredas, ou terras úmidas, ambientes complexos, com alta diversidade de paisagens e responsáveis pela recarga hídrica gradual.

É importante ressaltar as áreas de veredas, ambientes que se encontram em estágio avançado de sucessão ecológica (FAGUNDES e FERREIRA, 2016), sensíveis à alteração antrópica e

possuem significativa ocorrência na bacia do Rio Pandeiros. Condicionadas à geomorfologia, geralmente ocupam áreas caracterizadas por relevo plano, com vazão reduzida, associados a aquíferos suspensos, solos hidromórficos e à ocorrência da espécie *Mauritia flexuosa* L. f. (buriti) (IEF, 2019 e NUNES *et. al.*, 2009). De acordo com Oliveira (2021), as veredas atuam como reguladores da vazão hídrica, caracterizando-se como um importante serviço ambiental. Em complemento, Bahia *et al.* (2009b) ressalta também que funcionam como corredor ecológico para a flora e fauna, viabilizando o fluxo gênico, possuem valor social, pois são fonte de subsistência e beleza cênica inerente.



Figura 14 - Vista aérea de uma vereda na APARP
Fonte: Nunes *et. al.* (2009).

As veredas, sistemas característicos na APARP, têm sido ocupadas e exploradas para a implantação de estradas, pecuária, agricultura e agricultura de subsistência, produção de carvão, captação, barragem e drenagem de água, entre outras atividades antrópicas que comprometem a manutenção e existência desses ambientes (BAHIA *et al.*, 2009; NEVES, 2011).

Outra característica de extrema importância é a ocorrência da área de pantanal (Figura 15), localizada ao sul da bacia, na região de confluência com o Rio São Francisco. O local, denominado pantanal mineiro, caracteriza-se por uma área alagável de três mil hectares no período seco, atingindo cinco mil hectares no período chuvoso, sendo responsável pelo desenvolvimento da ictiofauna que alimenta o Rio São Francisco e contribuinte deste (NUNES *et. al.*, 2009).



Figura 15 - Área de pântano na APARP. Coordenadas geográficas: Y = 15°38'31,82" / X = 44°39'35,83"
Fonte: A autora (2021).

3.2.2.2 Fauna

De acordo com os estudos e levantamento de campo desenvolvidos pelo IEF (2019) para elaboração do PM, na região da APARP, há uma riqueza de espécies dos grupos faunísticos, que eleva a importância da preservação da UC, principalmente em razão da ocorrência de espécies endêmicas.

Nesse levantamento, constatou-se alta riqueza de espécies de abelhas; a ocorrência de espécies da ictiofauna ameaçadas de extinção, concluindo-se que o estado de conservação dos ecossistemas aquáticos não condiz com o uso sustentável objetivado pela APA: uma rica herpetofauna, compatível com o grau de preservação da região, concentrada em ambientes aquáticos lânticos de menor porte; uma alta riqueza de répteis, endêmicas do cerrado; presença de espécies da avifauna endêmicas do bioma Caatinga, com grande diversidade, principalmente para os ambientes hidromórficos (veredas e área de pântano); e ocorrência de uma diversidade de espécies de mamíferos (médio e grande porte), sendo algumas incluídas na categoria de ameaçada de extinção e de interesse para conservação.

3.2.3 Aspectos socioeconômicos

A APA abrange os municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho, que, de acordo com os dados do censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) nos anos de 2000 e 2010, apresentaram um aumento da população urbana, embora a maioria dos habitantes ainda residam nas áreas rurais (Quadro 4).

Quadro 4 - Censo demográfico 2000 e 2010

Município	População 2000					População 2010					Crescimento 2000-2010
	Urbana	%	Rural	%	Total	Urbana	%	Rural	%	Total	
Januária	35.923	56	27.682	44	63.605	41.322	63	24.141	37	65.463	3%
Bonito de Minas	1.420	18	6.443	82	7.863	2.209	23	7.464	77	9.673	23%
Cônego Marinho	764	12	5.713	88	6.477	1.915	27	5.186	73	7.101	10%

Fonte: IBGE (2000 e 2010).

Os três municípios apresentam predominância de ocupação de minifúndios (propriedades com área inferior a um módulo fiscal – 65 hectares) e, de acordo com os dados das propriedades cadastradas no Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural – SICAR, representam 86% do município de Januária, 71% do município de Bonito de Minas e 88% em Cônego Marinho. Já as pequenas propriedades (área total do imóvel entre 1 a 4 módulos fiscais) representam 10%, 22% e 9% dos municípios de Januária, Bonito de Minas e Cônego Marinho, respectivamente (Quadro 5).

Quadro 5 - Situação fundiária dos municípios da APARP – Contagem de propriedades

Área/módulo	Bonito de Minas ¹	%	Cônego Marinho ²	%	Januária ³	%	Total	%
< 65 ha (1 módulo fiscal)	1763	71%	1379	88%	7153	86%	10295	83%
65 ha a 260 ha (até 4 módulos fiscais)	542	22%	143	9%	822	10%	1507	12%
> 260 ha (acima de 4 módulos fiscais)	175	7%	42	3%	337	4%	554	4%
Total Geral	2480	100%	1564	100%	8312	100%	12356	100%

¹ Área total do município: 393309,62 / ² Área total do município: 160926,92 / ³ Área total do município: 665772,27

Fonte: A autora (2022).

Assim, verifica-se que os municípios têm como principal atividade a agricultura familiar, destacando-se os cultivos de cana-de-açúcar, mandioca e milho e a produção de carvão vegetal, principalmente no município de Januária.

O setor de serviços apresenta predominância no índice do Produto Interno Bruto (PIB), representando 90%. O setor industrial é insignificante, superior ao setor agropecuário apenas no município de Januária. Bonito de Minas se destaca no setor agropecuário e consequentemente na predominância da população rural (IBGE, 2000 *apud* IEF, 2019). De acordo com o censo do IBGE do ano de 2010, o PIB *per capita* dos três municípios gira em torno de 8 mil reais, com um Índice de Desenvolvimento Humano - IDH considerado médio, em torno de 0,5.

De acordo com o IEF (2019), existem 50 localidades rurais e dois distritos na APARP, conforme mostrado na Figura 16. Foi realizado um diagnóstico dessas localidades, que revela a predominância da agricultura familiar, seguida pela agropecuária como atividade econômica principal e ainda a produção de carvão vegetal.

Salienta-se que as comunidades mapeadas no PM seguem um padrão de ocupação que considera a hidrografia e vegetação, principalmente em terras úmidas. Tal constatação baseou-se nas informações colhidas junto aos moradores das comunidades, conforme consta no PM, em que um dos moradores informa que a formação da comunidade ocorreu em razão da existência das veredas e condições de plantio, abundância de água, solos férteis e riqueza ambiental.

Além disso, identificou-se que o extrativismo também é uma fonte alternativa de atividade econômica que vem ocorrendo na região e, em consequência disso, existe uma formação cooperativa para comercialização dos frutos do cerrado.

Destarte, no período de 2002 a 2010, foi idealizado e executado pelo IEF o Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Pandeiros – PDSP, que teve como objetivo promover a harmonia entre as atividades produtivas, tais como produção de mel, extrativismo de frutos do cerrado, avicultura, horta comunitária, entre outras desenvolvidas na APARP e a conservação dos recursos naturais, considerando os impactos adversos provenientes da produção de carvão, muito comum na região nessa época (FROTA, 2013). Tal projeto contemplou 85 famílias em cerca de 19 comunidades e a efetividade de sua implantação foi avaliada no trabalho de Frota (2013). Nesse trabalho, Frota (2013) avaliou que houve redução das atividades de produção de carvão e de queimadas para preparo do terreno para agricultura e 60 a 65% dos indivíduos aprenderam a importância da conservação dos recursos e conseguiram obter fontes mais sustentáveis para sobrevivência.

Resumidamente, na região há a predominância da agricultura familiar, conforme o conceito definido na Lei Federal nº 11.326/2006, que se baseia na produção de feijão, milho e arroz nas áreas de várzea para consumo próprio e venda do excedente e, em escala menor, cultivo de cana-de-açúcar e mandioca para a produção de farinha e cachaça. Nas grandes propriedades, concentra-se a produção de carvão e prática da pecuária, exemplificada pela presença do agronegócio na parte alta da bacia (noroeste).

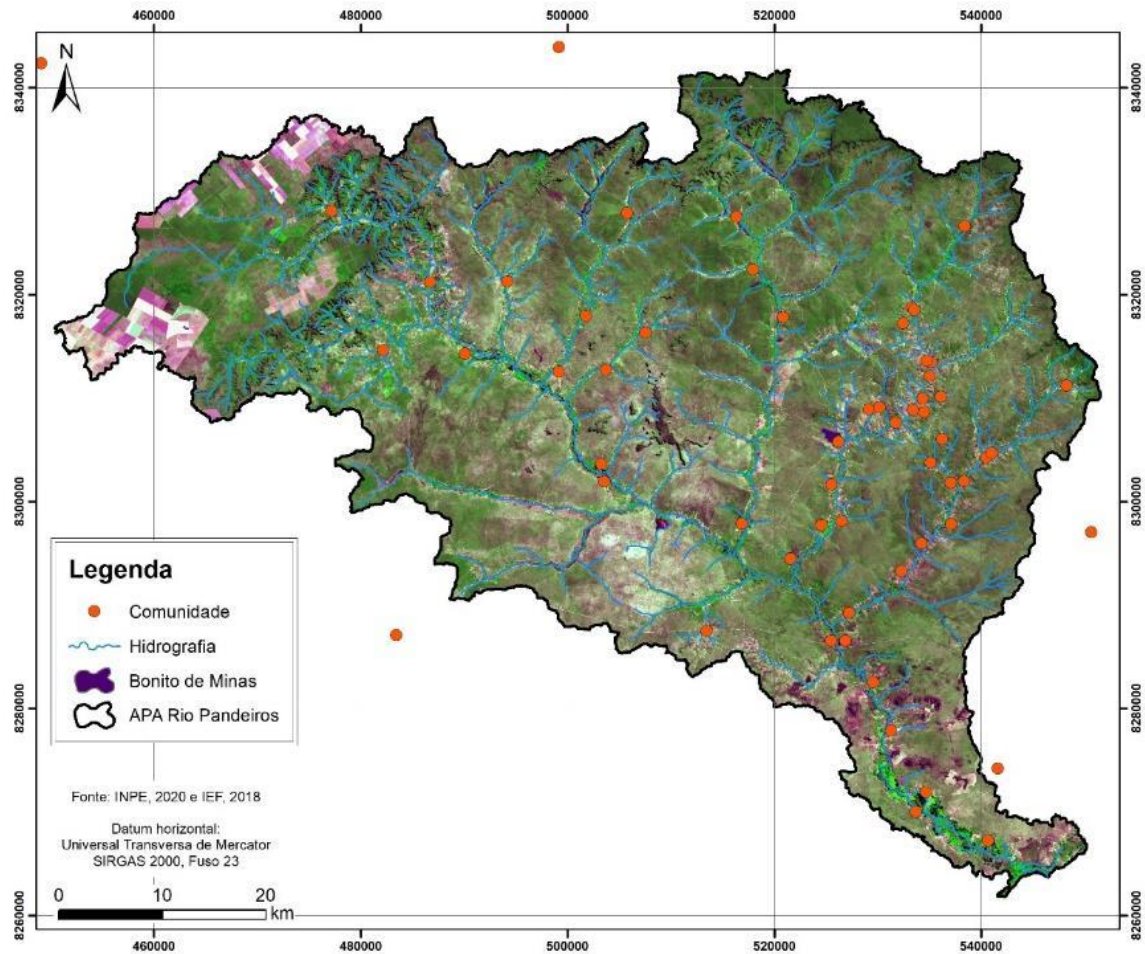


Figura 16 - Distribuição das comunidades mapeadas no Plano de Manejo elaborado pelo IEF (2019)

Fonte: A autora (2021).

No que tange aos aspectos sanitários, conforme constatado pelo trabalho desenvolvido por Mendonça, Magalhães e Alves (2019), as comunidades de Amescla e a Água Doce não são dotadas de rede de saneamento básico público e possuem baixo conhecimento das consequências oriundas da convivência com os resíduos sólidos e efluentes sanitários. Muitas delas queimam os resíduos e realizam suas necessidades básicas próximo das áreas de veredas, com ausência de abastecimento de água encanada, tampouco existência de sanitário.

Aqui cabe ressaltar também a população tradicional que ocupa as veredas para subsistência por meio do cultivo, criação de animais e extrativismo vegetal, denominada “veredeiros” (MENDONÇA e MAGALHAES 2015). Essas populações podem ser entendidas como típicas de grande parte das comunidades mapeadas na APARP, pois verificou-se a tendência de

ocupação das veredas por essas comunidades como padrão de organização de ocupação antrópica (IEF, 2019).

De acordo com Mendonça e Magalhães (2015), os veredeiros encontram-se em meio a belezas naturais e degradação social, representam um formato organizacional de micropoder e ocupam uma categoria sociocultural.

Considerando o Decreto Federal nº 6.040, de 7 de fevereiro de 2007, que estabelece a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais, e que os veredeiros são comunidades tradicionais, seus direitos e interesses são assegurados legalmente, torna-se interessante a sua fiscalização pelo poder público a fim de garantir uma ocupação e exploração adequada, com minimização de impactos, principalmente por se tratar de área de interesse comum e preservação permanente (Lei Estadual nº 9.682, de 12 de outubro de 1988).

3.2.4 Plano de Manejo

O PM de uma UC estabelece estratégias e diretrizes de ações, com base em um zoneamento, que devem direcionar o uso da área e o manejo dos recursos naturais, inclusive a implantação das estruturas físicas necessárias à gestão da unidade. Portanto, o zoneamento é um instrumento de ordenamento territorial, cujo objetivo é planejar e orientar espacialmente a área delimitada para a UC, estabelecendo graus de proteção e intervenção distintos, de forma que se cumpram os objetivos específicos previstos. Além disso, o zoneamento orienta o processo de licenciamento ambiental e a fiscalização, visto que direciona a implantação de empreendimentos e orienta moradores e usuários (BRASIL, 2000).

Nesse sentido, em 2019, foi publicado o PM elaborado para a APARP, que contém um diagnóstico detalhado dos aspectos ambientais (biótico e físico), socioeconômicos (histórico de ocupação, atividades econômicas e bens patrimoniais), arqueológicos e de gestão do território, por meio do levantamento de dados primários, secundários e participação social, elaborado por uma equipe multidisciplinar.

Ressalta-se que a participação social ocorreu por meio de oficinas conduzidas com diversas instituições separadas em cinco núcleos (sendo o núcleo 1 de entidades mais próximas a APARP e núcleo 5, menos próxima).

- Instituições (núcleo 1): IEF, COOPAE, Polícia Militar de Meio Ambiente e Conselho Consultivo das UCs.
- Instituições (núcleo 2): Instituto Caritas, SENAR, UFMG (Montes Claros), Mosaico Veredas – Peruaçu, CODEVASP, WWF, RPPNs, Cooperativa Grande Sertão, IDENE, EMATER, Ministério Público, UNIMONTES, Abeminas.
- Instituições (núcleo 3): SEBRAE, CAA, IF Januária, SEMAD (fiscalização/licenciamento), FAPEMIG e Núcleo Pequi.
- Instituições (núcleo 4): COPASA e Prefeitura de Bonito de Minas.
- Instituições (núcleo 5): CEMIG, Prefeitura de Januária (incluindo as Secretarias de Agricultura, Educação e Transporte), Prefeitura de Cônego Marinho e Comissão Pandeiros.

Com base no diagnóstico e nos resultados da Oficina de Planejamento Participativo – OPP, foram propostos conjuntamente programas de manejo, de gerência e zoneamento para ocupação do território, assegurando melhores condições para o desenvolvimento da região no que tange aos aspectos legais e ambientais.

O zoneamento da APARP levou em conta a missão da UC, o tipo de uso (histórico e atual), bem como a condição ambiental pretendida para a definição de cada uma das zonas (IEF, 2019). De acordo com IEF (2019) as áreas mais conservadas não foram, preferencialmente, zoneadas como uso restrito, da mesma forma que, aquelas que já indicam alto grau de intervenção antrópica se tornaram áreas de proteção, conservação e/ou recuperação.

Importante destacar que o zoneamento da APARP não contemplou a área da RVSP, que foi alvo de PM específico, sendo considerado na presente pesquisa como área de preservação integral.

Conforme descrito no PM da APARP, a proposição preliminar das zonas utilizou os limites das sub-bacias (riacho Catolé, córrego Lavrado, córrego Pindaibal, córrego Suçuarana, córrego São Domingos, córrego da Panela, córrego Borrachudo, riacho Caraíbas, riacho Macaúba, riacho Mandim, ribeirão Bela Vista, ribeirão Pandeiros, ribeirão São Pedro, ribeirão do Peixe, vereda Alegre e vereda Peri-Peri) como principais critérios para a definição dos polígonos, resultando no zoneamento apresentado no Quadro 6 e Figura 17.

Cabe ressaltar que, na elaboração do PM, foi proposto o aumento da área da APA, que não foi validado por meio de uma errata publicada pelo IEF.

Quadro 6 - Síntese do zoneamento da Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros (APARP).

Zona	Objetivos	Usos	Área (ha)	% do total da APA
ZPRP - Zona de Proteção do Rio Pandeiros	Proteção dos recursos naturais e a sua biodiversidade para garantir a integridade dos remanescentes de cerrado, especialmente áreas próximas à cabeceira do Rio Pandeiros e região do entorno do RVS do Rio Pandeiros.	Práticas tradicionais (agroextrativismo e manejo de veredas), atividades agropecuárias de baixo nível tecnológico, comunidades e propriedades rurais situadas ao longo da calha principal do Rio Pandeiros.	84.966,50	19,70%
ZCRA1 - Zona de Conservação e Recuperação Ambiental	Disciplinar e induzir a recuperação de áreas degradadas e a regularização de passivos ambientais, manutenção das áreas com características rurais, como faixas de transição entre áreas com altos índices de antropização e ambientes naturais, privilegiando a recuperação.	Práticas tradicionais (agroextrativismo e manejo de veredas), atividades agropecuárias de baixo nível tecnológico, reflorestamentos de eucalipto e megavoçorocas, que necessitam recuperação dos ambientes de maneira natural ou induzida. Na ZCRA1: presença de cavidades naturais; Na ZCRA2: afetada por exploração de reflorestamento de eucalipto e produção de carvão, áreas com estágio avançado de arenização e degradação.	62.060,79	14,39%
ZCRA2 - Zona de Conservação e Recuperação Ambiental			62.207,73	14,42%
ZCUC - Zona de Conservação	Disciplinar a ocupação e parcelamento do território, para evitar o crescimento	Grande alteração do ambiente natural, sede municipal de Bonito de	167.873,66	38,91%

Zona	Objetivos	Usos	Área (ha)	% do total da APA
e Uso Controlado	desordenado e o excessivo parcelamento do solo, induzir a regularização de passivos, buscando a adequação ambiental e sanar os danos ambientais.	Minas e locais com condições favoráveis à expansão das áreas já urbanizadas, com porções que representam média e baixa intervenção.		
ZORC - Zona de Ocupação Rural Controlada	Disciplinar a ocupação, o uso produtivo e o parcelamento das chapadas, evitar o crescimento desordenado e o uso excessivo do solo, induzir a regularização de passivos, adequação ambiental e sanar os danos ambientais causados por intervenções e atividades irregulares.	Áreas com alto grau de intervenção, típicas de atividades de produção rural (agrícola, pecuária, entre outras), com ocupação humana de baixa densidade, onde se deve incentivar a adoção de práticas de proteção e conservação dos solos e dos recursos hídricos.	54.292,46	12,59%

Fonte: IEF – Plano de Manejo Área de Proteção Ambiental Rio Pandeiros - APAERP (2019).

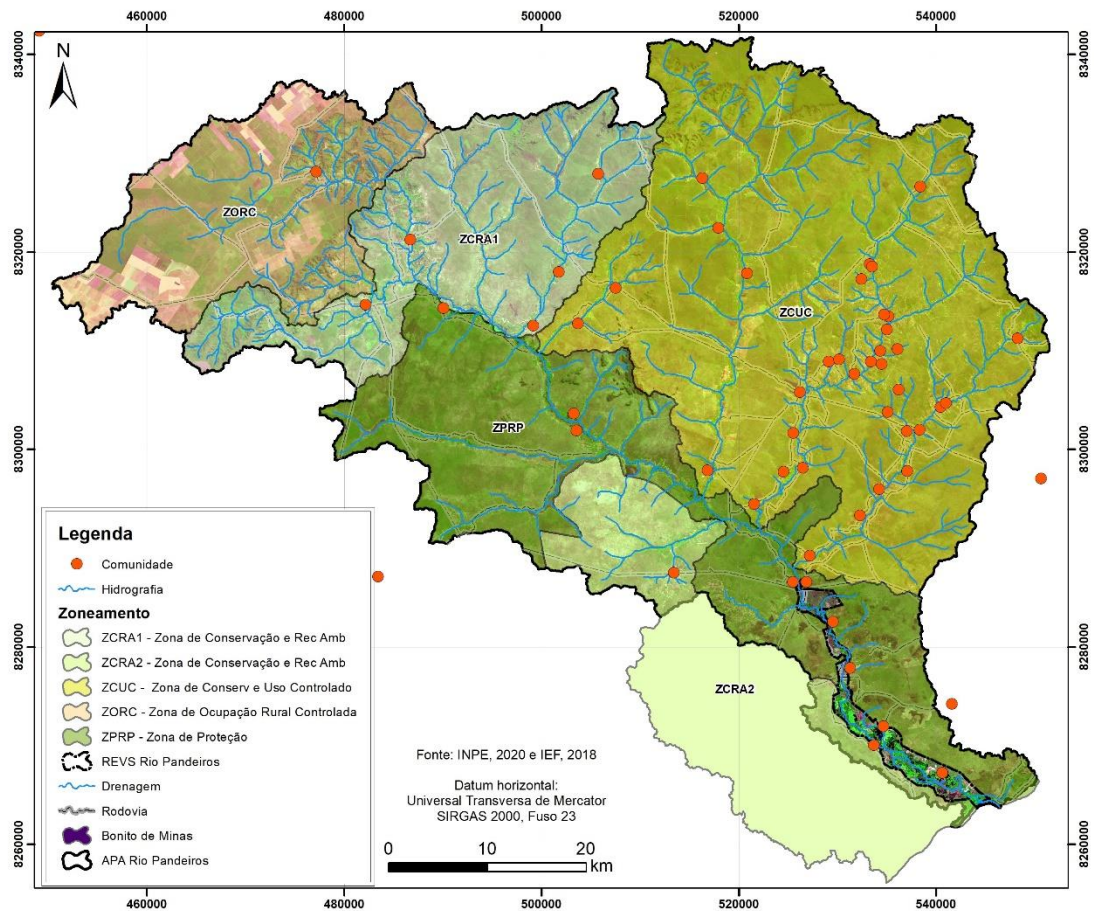


Figura 17 - Zoneamento definido no Plano de Manejo da APARP.
Fonte: A autora (2021).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a execução da pesquisa, foram utilizados os seguintes dados espaciais:

Quadro 7 - Base de dados cartográficos

Fonte	Tipo dos dados/Escala
Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – IDE SISEMA	Solos (1:500.000)
	Cavidades subterrâneas (1:2.500.000)
	Unidades de Conservação

Fonte	Tipo dos dados/Escala
	Unidade de Planejamento de Gestão de Recursos Hídricos Hidrografia Limite municipal Ottobacias Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade Potencial espeleológico
Plano de Manejo da APARP	Área de preservação permanente Comunidades Zoneamento (1:5.000)
Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural	Reserva Legal
Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais - CODEMGE	Geologia (1:100.000) Geomorfologia (1:100.000)
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE	Imagens multiespectrais do sensor <i>Operational Terra Imager</i> - OLI do satélite Landsat 8 Órbita 219 – ponto 71 (Resolução espacial de 30 m) Banco de dados de Queimadas
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA	SRTM (<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>)(Resolução espacial de 90m)

Fonte	Tipo dos dados/Escala
United States Geological Survey – USGS / Global Visualization Viewer - GloVis	Imagens multiespectrais do satélite Sentinel 2 (Resolução espacial de 10 m)

Fonte: A autora (2021).

Os *softwares* relacionados, a seguir, foram utilizados para o processamento das informações:

- ArcGis Desktop 10.8.
- Spring 5.5.6.
- *Land Change Modeler – LCM* acoplado ao TerrSet.
- GeoDa 1.18.

A pesquisa foi realizada em três fases e a primeira teve o foco na atualização dos dados de mapeamento de uso e cobertura da terra para o ano de 2020, em continuidade ao mapeamento iniciado por Couto e Fonseca (2019), validado por meio de levantamento de campo.

Na segunda fase, o foco concentrou-se no tratamento e preparação das variáveis para elaboração do mapa de expansão potencial das áreas de preservação ambiental e expansão de ocupação por atividades antrópicas. O resultado foi a matriz de uso conflitante, elaborada empregando-se a análise multicritério, por meio da análise combinatória via álgebra matricial também validada por trabalho de campo.

Na terceira e última fase, foram mapeadas e quantificadas as alterações de uso e cobertura da terra entre os anos de 2001, 2015 e 2020, por meio do *software Land Change Modeler – LCM* acoplado ao Idrisi (EASTMAN, 2012), e utilizado o GeoDa para análise exploratória dos dados de ocorrência de incêndio dos últimos cinco anos em relação ao NRVI (Figura 18).

Todavia, os métodos e resultados serão reordenados para melhor apresentação do conteúdo.

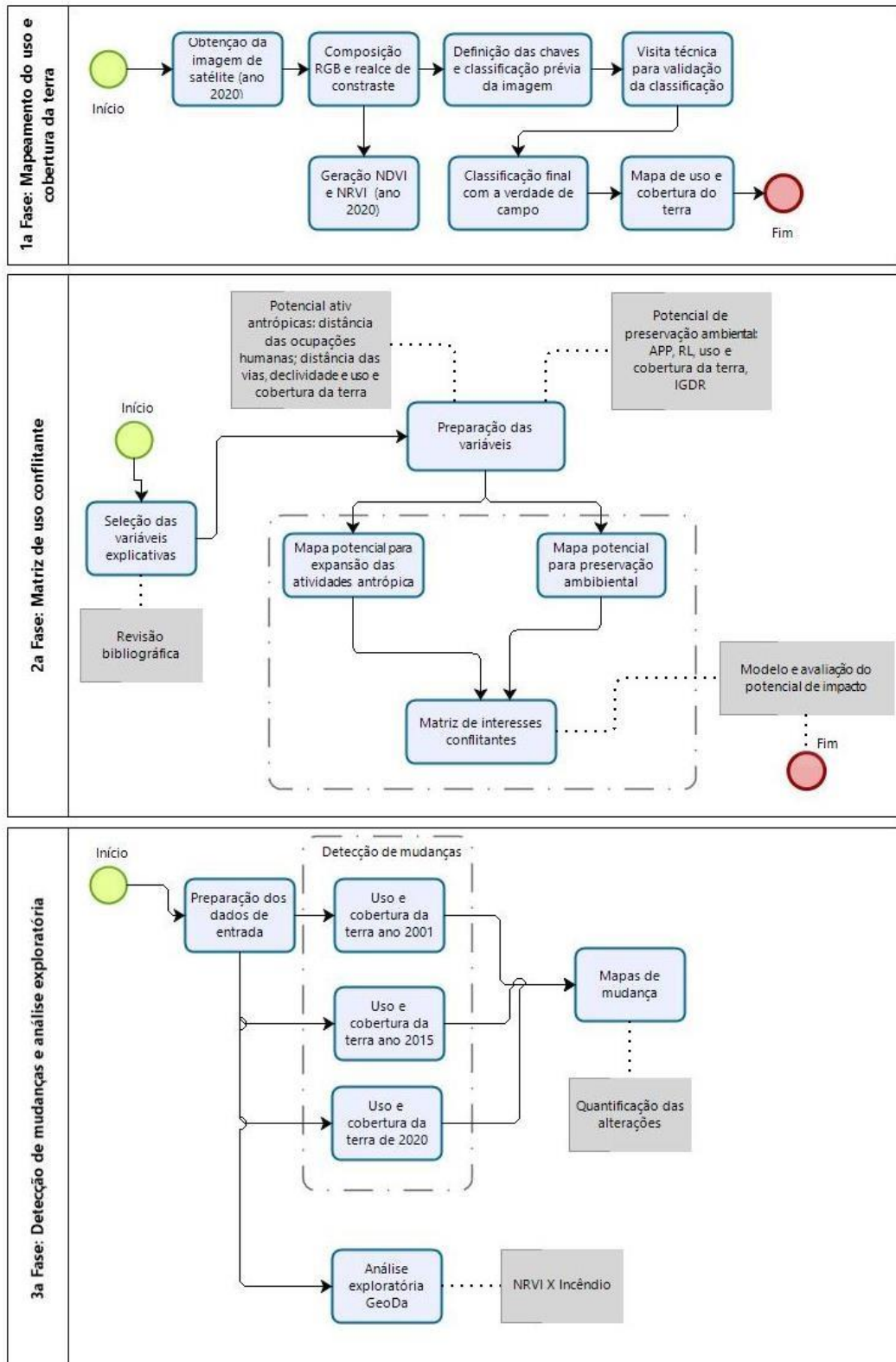


Figura 18 - Fluxograma metodológico
 Fonte: A autora (2021).

4.1 Mapeamento do uso e cobertura da terra para o ano 2020

Foi realizado o mapeamento do uso e cobertura da terra utilizando imagem oriunda do satélite Landsat 8, datado de 19 de agosto de 2020 (imagem da estação seca), órbita 219, ponto 071, dando continuidade ao trabalho elaborado por Couto e Fonseca (2019), de acordo com os parâmetros nele estabelecidos. Para a preparação das imagens de satélite utilizou-se a composição *RGB* nas bandas 6, 5 e 4, respectivamente.

O processamento digital das imagens foi realizado no programa *SPRING* versão 5.5.6, aplicando o realce de contraste. Posteriormente, a classificação foi feita utilizando o algoritmo Máxima Verossimilhança (MAXVER), por meio de análises *pixel a pixel*. De acordo com MILGRAM, 1975; HORNING *et al.*, 2010 (*apud* COUTO; FONSECA, 2019) o algoritmo MAXVER utiliza a informação espectral de cada *pixel* para identificar as regiões homogêneas, considerando a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, com base em parâmetros estatísticos. Finalmente, foi realizado levantamento de campo para validação dos dados e classificação final.

Foram determinadas seis classes temáticas: água, área urbanizada, agricultura e pastagem, solo exposto, vegetação nativa densa (que corresponde ao cerrado sentido restrito, florestas estacionais decíduais e semidecíduais) e vegetação nativa espaçada (que corresponde ao cerrado típico em diferentes estágios de regeneração).

O valor mínimo definido foi de 90% para a aceitação do desempenho geral das amostras de *pixels* coletados no processo de classificação (EASTMAN, 2012; SANTOS; PELUZIO; SALTO, 2010) e de 80% para a exatidão do mapeamento (coeficiente Kappa) conforme classificação definida por Fonseca (2000) e Santos, Peluzio e Salto (2010) (Tabela 1).

Tabela 1 – Características do índice Kappa (K)

Índice Kappa (K)	Características
$K \leq 0,4$	Pobre
$0,4 < K < 0,8$	Razoável
$K \geq 0,8$	Excelente

Fonte: Santos, Peluzio e Salto (2010).

Após a classificação, o arquivo *raster* gerado foi inserido no *software ArcGIS* para conversão em *shapefiles* e devidas ajustes nas classes temáticas.

Nesse ínterim, entre os dias 9 e 10 de fevereiro de 2021, foi realizada visita em campo, visando à validação de pontos de interesse para refino, melhoria da qualidade da classificação e possíveis ajustes, bem como para reconhecimento da área de estudo. No planejamento prévio à visita, foram selecionados 33 pontos de interesse, mas desses foram verificados apenas 6 pontos em razão das condições dos acessos e, visitados outros 22 pontos, amostrando os diversos usos ocorrentes, tais como as vilas, a vegetação espaçada e densa, as áreas de solo exposto, as áreas de agricultura e pastagem, as veredas e rios.

Posteriormente, foram elaborados o Índice de Vegetação com Diferença Normalizado (NDVI) e o Índice de Vegetação da Razão Normalizado (NRVI) por ottobacia, com o objetivo de identificar as áreas úmidas e realizar análises de indicativos de possíveis vetores de desmatamento.

Para isso, foi realizado o *download* das imagens do satélite Sentinel-2 disponibilizadas no site GloVis da USGS no datum horizontal WGS84. Foram utilizadas imagens de dias diferentes, considerando que a área contempla duas órbitas e fotografias diferentes, bem como a indisponibilidade de imagens no mesmo dia. Todavia, verificou-se que as imagens se referem à mesma estação climática (estiagem), não traz ruídos e perturbações significativas, considerando a proximidade das datas. Foi necessário realizar um mosaico no *software ArcGis* 10.8 com as imagens obtidas para abranger toda a área de estudo, e os códigos e datas das imagens utilizadas estão relacionados a seguir.

- T23LMD- A026204 - Data: 28/6/2020
- T23LMD- A017038 - Data: 10/6/2020
- T23LND- A025875 - Data: 5/6/2020
- T23LMC- A0206161 - Data: 25/6/2020
- T23LNC- A026447 - Data: 15/7/2020

A partir daí, com o mosaico de imagens do satélite Sentinel 2 e recorte para a área de estudo, foi elaborado NDVI, utilizando-se as bandas 8 e 4, por meio do *software ArcGis* 10.8.

Já para a elaboração do NRVI, foi utilizado o mapeamento vetorial do uso e cobertura da terra para o ano de 2020 em associação às ottobacias da APARP. As ottobacias (em nível 6) foram

adotadas por serem áreas de planejamento estratégicas no que tange aos aspectos ambientais e de escala local.

Primeiramente, foi realizado o cálculo da área e da porcentagem de ocorrência das áreas de vegetação densa e espaçada em conjunto e da área antropizada, por meio da ferramenta *tabulate interseccion* disponível no ArcGis, que permite o cálculo das áreas por ottobacia. Em seguida, aplicou-se a equação para o cálculo do NRVI na tabela de atributos, obtendo-se então os índices para cada uma das 785 ottobacias verificadas na área de estudo.

4.2 Detecção de mudanças

Com o uso e cobertura da terra mapeado para os anos de 2001, 2015 e 2020 foi realizado o diagnóstico das mudanças por meio do programa LCM, em que foi realizada a álgebra de mapas para identificação da dinâmica de alteração do uso e cobertura da terra por meio da quantificação das mudanças por classe de uso.

Essa etapa é realizada por meio da inserção das imagens no formato matricial *image* (extensão *img*) no programa Idrisi, convertendo-se essa extensão para a linguagem do programa (extensão para raster - *rst*). No programa, deve-se categorizar as classes por meio da inserção dos atributos para a realização das operações.

Com as operações realizadas são originados gráficos quantitativos e mapas de mudança, que mostram as alterações entre as classes ao longo dos anos analisados, ou seja, o que havia ali e em que foi transformado, e os mapas de persistência, que mostra o que não foi alterado ao longo do período estudado.

4.3 Potencial para expansão de atividades antrópicas

Para elaboração do mapa potencial de expansão das atividades antrópicas, foram consideradas as variáveis da área de estudo disponíveis, que mais contribuem com o avanço correlacionadas à ação. Assim, no Quadro 8 e Figura 19 são relacionadas as variáveis adotadas.

Quadro 8 – Variáveis selecionadas para o mapa do potencial de expansão das atividades antrópicas

Variáveis	Tipo
Distância de comunidades	Contínua
Densidade de vias	Contínua
Declividade	Catagórica
Uso e cobertura da terra de 2020	Catagórica

Fonte: A autora (2022).

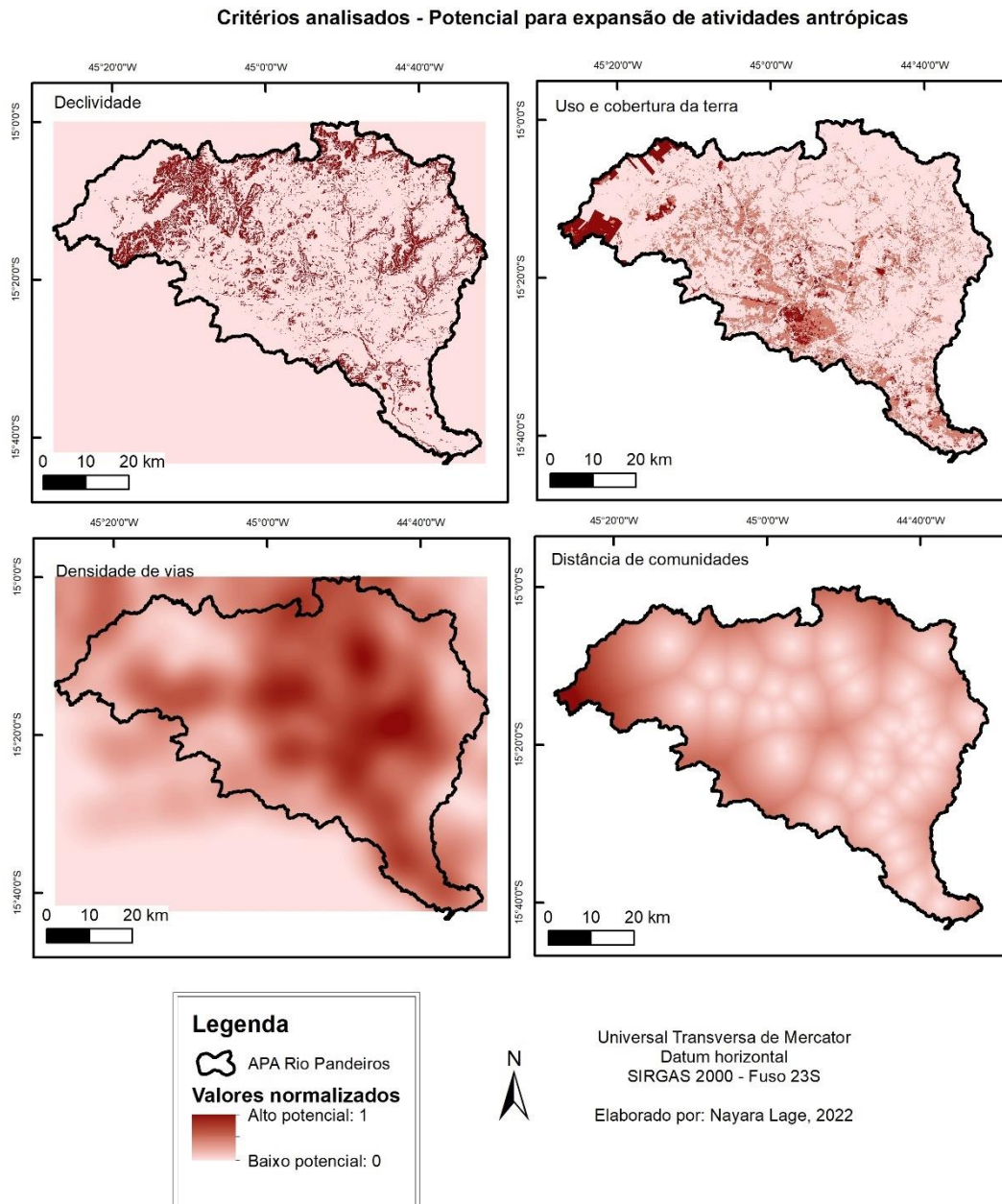


Figura 19 - Variáveis normalizadas para o mapa de potencial de expansão das atividades antrópicas
 Fonte: A autora (2022).

Cada variável foi preparada para que, por meio da álgebra de mapa, pudesse originar o mapa do potencial, empregando-se o peso de evidências no âmbito da análise multicritério. Essa abordagem foi adotada visando ranquear o potencial por meio de classes.

A variável das comunidades foi obtida do Plano de Manejo disponibilizado pelo IEF (2019). Nela foi aplicada o algoritmo de distância euclidiana padrão no *software* ArcGis 10.8, obtendo-se a distância das comunidades, que posteriormente foi normalizada entre 0 e 1.

A variável de vias foi obtida de uma base já existente, oriunda de trabalhos de campo realizadas para outros projetos desenvolvidos pelo orientador do presente estudo na região e fornecida por

ele. A densidade de vias foi elaborada por meio do estimador de densidade Kernel padrão no *software* ArcGis 10.8, que posteriormente foi normalizada entre 0 e 1.

A variável de declividade (em %) também foi obtida da base existente mencionada e originada da Embrapa, foi reclassificada no programa ArcGis 10.8, com base na Lei Federal nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979, que estabelece diretrizes para o parcelamento do solo (BRASIL, 1979), por meio da atribuição de notas considerando se tratar de uma variável contínua, que, posteriormente, também foi normalizada entre 0 e 1 (Quadro 9).

Quadro 9- Notas atribuídas às classes de declividade

Classe de declividade (%)	Nota	Observação
0 a 5	5	Apresenta risco de inundação
5 a 30	10	Propício à ocupação
30 a 47	8	Ocupação mediante aprovação de laudo técnico
Acima de 47	0	Risco geotécnico

Fonte: A autora (2022).

A variável uso e cobertura da terra foi resultante da primeira etapa do trabalho, obtida por classificação supervisionada de imagem de satélite (ver item 4.1). Também por se tratar de uma variável contínua, foi necessário atribuir notas de acordo com a potencialidade de cada uso e cobertura para uso antrópico e normalizar (Quadro 10).

Quadro 10 - Notas atribuídas às classes de uso e cobertura da terra

Classe de uso e cobertura da terra – ano: 2020	Nota	Observação
Agricultura e pastagem	10	Constitui atividade antrópica
Solo exposto	10	Comumente associada à ocorrência de atividade antrópica
Vegetação densa	1	Desfavorável à atividade antrópica

Classe de uso e cobertura da terra – ano: 2020	Nota	Observação
Vegetação rala	4	Eventualmente pode ocorrer o avanço de atividade antrópica
Água	1	Desfavorável à atividade antrópica
Área urbana	10	Constitui atividade antrópica

Fonte: A autora (2022).

O objetivo da normalização é permitir que os dados se encontrem no mesmo intervalo numérico para viabilização da álgebra de mapa. Ela foi realizada no programa ArcGIS, por meio da seguinte equação 5:

$$\text{Normalização} = \frac{(\text{matriz} - \text{valor mínimo da matriz}) \times 1}{\text{valor máximo} - \text{valor mínimo da matriz}} \quad (5)$$

Após a atribuição de notas a cada categoria de variável, foi realizada a ponderação de pesos para cada uma por meio do método AHP. Para isso, utilizou-se um *plugin* no programa ArcGIS 10.8, denominado *Analytic Hierarchy Process for ArcGIS - extAhp 2.0* e desenvolvido por Oswald Marinoni (MARINONI e HOPPE, 2006), conforme mostrado na Tabela 2. O processo de ponderação apresentou um índice de razão da consistência (CR) menor do que 0,1, conferindo consistência lógica ao raciocínio adotado para atribuição das notas que nortearam os pesos.

Tabela 2- Pesos obtidos para identificação do potencial de expansão das atividades antrópicas

Variáveis	Peso
Distância de comunidades	0,22086
Densidade de vias	0,53656
Declividade	0,04273
Uso e cobertura da terra de 2020	0,19986
Índice de consistência (CR): 0,02	Total: 1,000

Fonte: A autora (2022).

4.4 Potencial de preservação ambiental

Para elaboração do mapa potencial de preservação ambiental, foram consideradas as variáveis da área de estudo disponíveis, que contribuem com a preservação do ecossistema conforme sua relevância. Assim, no Quadro 11 e Figura 20 são relacionadas as variáveis adotadas.

Quadro 11 – Variáveis selecionadas para o mapa de potencial de preservação ambiental

Variáveis	Tipo
Área de Preservação Permanente (APP)	Catagórica
Índice Global de Dissecção do Relevo (IGDR)	Contínua
Reserva legal	Catagórica
Uso e cobertura da terra de 2020	Catagórica

Fonte: A autora (2022).

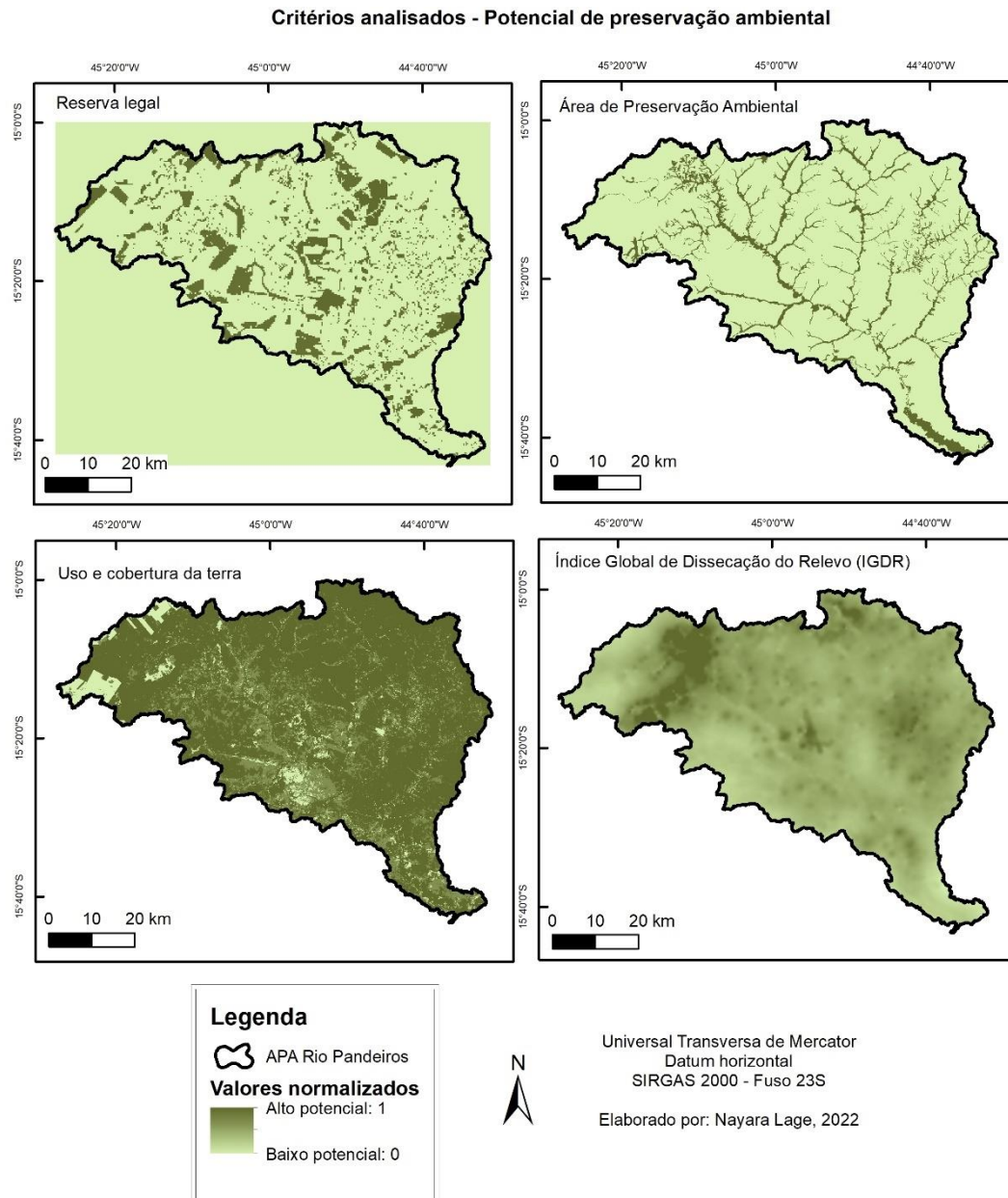


Figura 20 - Variáveis normalizadas para o mapa de potencial de expansão das atividades antrópicas
Fonte: A autora (2022).

A variável de Área de Preservação Permanente foi elaborada segundo a base hidrográfica disponibilizada pelo IDE-SISEMA, com a realização de um buffer de 30 metros a partir do eixo para obtenção da área, em consonância com a Lei Estadual 20.922 de 16 de outubro de 2013, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no estado. Utilizou-se também um dado, disponibilizado no PM, em que foram mapeadas as áreas úmidas da bacia para a composição de um cenário diferente, que será mais bem detalhado nos itens 5.1 e 5.3. Para a utilização desses dados, também foi necessária a reclassificação por meio da atribuição de nota, considerando se tratar de uma variável contínua. A nota atribuída foi 10, onde havia APP, considerando que são áreas de alto potencial para preservação ambiental e em se tratando

de áreas legalmente protegidas; e 1 para onde não fosse APP dentro da área de estudo, que posteriormente foi normalizada entre 0 e 1.

O Índice Global de Dissecação do Relevo (IGDR) que traz informações sobre o relevo é uma junção de outros índices morfométricos em igual peso, os quais são: Índice de concentração da rugosidade (ICR), o Índice de Hack (IH) e a densidade de drenagem (DD). Para sua composição, foi aplicada a seguinte equação (6), por meio da álgebra de mapas realizada no ArcGis 10.8:

$$IGDR = ((ICR \times 0,33) + (IH \times 0,33) + (DD + 0,33)) \quad (6)$$

O ICR é um índice que traduz os padrões de dissecação do relevo, proposto por Sampaio e Augustin (2014) e leva em consideração o modelo digital de elevação, o estimador de densidade de Kernel e a complexidade do relevo com base em uma análise tridimensional. O IH é um índice que calcula e considera a energia do canal e quanto maior a energia do canal associada à declividade e desnível maior será o valor energético (HACK, 1973). Ambos os índices foram disponibilizados por outros projetos desenvolvidos na região e fornecidos pelo orientador do presente estudo.

A DD foi calculada com base no arquivo de hidrografia disponibilizado pelo IDE-SISEMA, aplicando-se a função de densidade de Kernel no programa ArcGis 10.8.

A variável de reserva legal foi obtida no Sistema de Cadastro Ambiental Rural, disponibilizado pelo governo federal (BRASIL, 2021) e sua reclassificação foi realizada por meio da atribuição de nota, considerando se tratar de uma variável contínua conforme Quadro 12, normalizada entre 0 e 1.

Quadro 12 – Notas atribuídas às classes de reserva legal

Reserva legal (RL)	Nota	Observação
Reserva legal aprovada/averbada	10	Reserva já validada pelo órgão ambiental segundo os critérios legais. Área de preservação extrema.
Reserva legal proposta	6	Reserva ainda não validada pelo órgão ambiental. Por se tratar de proposta, pode ser alterada, com sua nota inferior a RL averbada/aprovada.

Fonte: A autora (2022).

A variável uso e cobertura da terra foi resultante da primeira etapa do trabalho, obtida por classificação supervisionada de imagem de satélite (ver item 4.1). Por se tratar de uma variável contínua, foi necessário atribuir notas de acordo com a potencialidade de cada uso e cobertura para preservação ambiental e normalização (Quadro 13).

Quadro 13 - Notas atribuídas às classes de uso e cobertura da terra

Classe de uso e cobertura da terra – ano 2020	Nota	Observação
Agricultura e pastagem	2	Área alterada, desfavorável à preservação ambiental
Solo exposto	1	Desfavorável à preservação ambiental
Vegetação densa	10	Constitui área extremamente preservada
Vegetação rala	8	Constitui área preservada, com probabilidade de ser alterada
Água	10	Constitui área extremamente preservada
Área urbana	1	Área alterada, desfavorável à preservação ambiental

Fonte: A autora (2022).

Após a atribuição de notas a cada categoria de variável, foi realizada a ponderação de pesos para cada uma, por meio do método AHP. Para isso, utilizou-se um *plugin* no programa ArcGIS 10.8, denominado *Analytic Hierarchy Process for ArcGIS - extAhp 2.0* e desenvolvido por Oswald Marinoni (MARINONI e HOPPE, 2006), conforme mostrado na Tabela 2. O processo de ponderação apresentou um índice de razão da consistência (CR) menor do que 0,1, conferindo consistência lógica ao raciocínio adotado para atribuição das notas que nortearam os pesos.

Tabela 3 - Pesos obtidos para identificação do potencial de preservação ambiental

Variáveis	Peso
Área de preservação permanente	0,22421
Índice global de dissecação do relevo (IGDR)	0,03439
Reserva legal	0,18056
Uso e cobertura da terra de 2020	0,56084
Índice de Consistência (CR): 0,10	Total: 1,000

4.5 Matriz de interesses conflitantes

De acordo com os mapas resultantes das áreas potenciais para atividades antrópicas e de preservação ambiental, foi realizada a reclassificação dos valores de potencialidade conforme as categorias mostradas no Quadro 14 e elucidado por Rocha, Casagrande e Moura (2018). Posteriormente, foi realizada a combinação, por meio da álgebra matricial por análise combinatória, conforme a equação 7:

$$IC = (A_{ij} * 0,5) + (U_{ij} * 0,5) \quad (7)$$

Onde:

IC = matriz de interesses conflitantes






A_{ij} = matriz de potencial de preservação ambiental

U_{ij} = matriz de potencial de expansão de atividades antrópicas

Quadro 14 – Valores de reclassificação e combinação para a matriz de interesses conflitantes

		Valores	Potencial para expansão das atividades antrópicas				
			Muito alto	Alto	Médio	Baixo	Muito baixo
Potencial para preservação ambiental	Muito alto	0	0	1	2	3	4
	Alto	10	5	6	7	8	9
	Médio	20	10	11	12	13	14
	Baixo	30	15	16	17	18	19
	Muito baixo	40	20	21	22	23	24

Legenda

	Conflito de interesses
	Sem conflito imediato
	Potencial para preservação ambiental
	Potencial para expansão das atividades antrópicas
	Projetos sustentáveis

Fonte: A autora (2022).

Conforme observado no Quadro 14 e procedimento adotado por Moura, Magalhães e Parizzi (2011); Silva (2012); Zyngier (2012) e Fonseca (2015), os valores reclassificados foram agrupados em cinco classes de intervalo e categorizados entre muito alto a muito baixo.

O resultado da combinação mostrou 25 (vinte e cinco) valores que também foram agrupados conforme as possíveis combinações dos interesses para uso da terra. Ou seja, os valores combinados, que permearam entre muito alto e alto potencial para ambas as atividades de preservação ambiental e ocupação antrópica (0; 1; 5; 6; 10), são áreas que representam conflito de interesses. Já áreas que apresentam valores combinados de médio a muito alto potencial de preservação ambiental e médio a muito baixo para expansão das atividades antrópicas (2; 3; 4; 8; 9; 14) foram classificados como área de potencial para a preservação ambiental e vice-versa para área com potencial de expansão de atividades antrópicas (15; 16; 20; 21; 22).

Os valores combinados que representavam baixo potencial para ambas as atividades não representam conflito de interesses (18; 19; 23; 24) e os valores intermediários (7; 11; 12; 13; 17) representam áreas que possam ser alvo de projetos sustentáveis, como ocupação controlada, atividades de subsistência, atividades agroflorestais, entre outras ações pautadas no viés da sustentabilidade para o desenvolvimento humano.

4.6 Análise exploratória

Considerando que o registro de incêndio pode ser uma boa fonte de associação entre a ocorrência de atividades antrópicas e, conseqüentemente, responsável pela maior degradação das ottobacias e alteração do uso e cobertura da terra, e levando em conta o artigo elaborado por Bahia *et al.* (2009a), foram realizadas análises exploratórias dos dados originados e obtidos na pesquisa, de forma a entender se há correlação entre a ocorrência de incêndios e as ottobacias mais degradadas. Para isso, foram utilizados os dados brutos de incêndio registrados dos anos de 2016 a 2020 e o NRVI para aplicação do Índice Global e Local de Moran (*Global Spatial Autocorrelation Index – I-Moran Global e Local Indicators of Spatial Association – LISA*). Assim, o NRVI foi normalizado para o trabalho em igual escala e foi utilizado o programa GeoDa, versão 1.18, desenvolvido pela Universidade de Chicago, que auxilia na manipulação dos dados para realização de análises estatísticas espaciais.

Com base no cálculo do I-Moran Global, que considera toda a área-alvo de pesquisa, será possível verificar qual a extensão do agrupamento e se há autocorrelação espacial entre determinada variável estudada, em que o resultado varia de -1 a 1, sendo que entre -1 e 0 o índice indica que não há uma autocorrelação espacial ou, se existe, é muito baixa, demonstrando a independência espacial; e entre 0 e 1, o índice indica uma autocorrelação espacial positiva, que será extrema quando o índice se aproxima de 1.

Já o LISA pretende indicar o local onde esses agrupamentos ocorrem na área de estudo, seguindo a mesma lógica de resultado. Geralmente, é calculado quando se há uma autocorrelação positiva resultante do I-Moran Global.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos foram reorganizados e divididos em quatro produtos para melhor apresentação e discussão dos dados. O primeiro se refere ao mapeamento do uso e cobertura da terra do ano de 2020, o segundo está relacionado à detecção de mudanças, o terceiro, às análises de multicritério, e o quarto, à análise exploratória conforme será abordado nos itens a seguir.

5.1 Mapeamento do uso e cobertura da terra para o ano 2020

Apresenta-se, na Figura 21, o mapa de uso e cobertura da terra para o ano de 2020 na APARP, elaborado conforme a execução das técnicas de sensoriamento remoto, da validação de campo (Figura 22) e ajustes necessários.

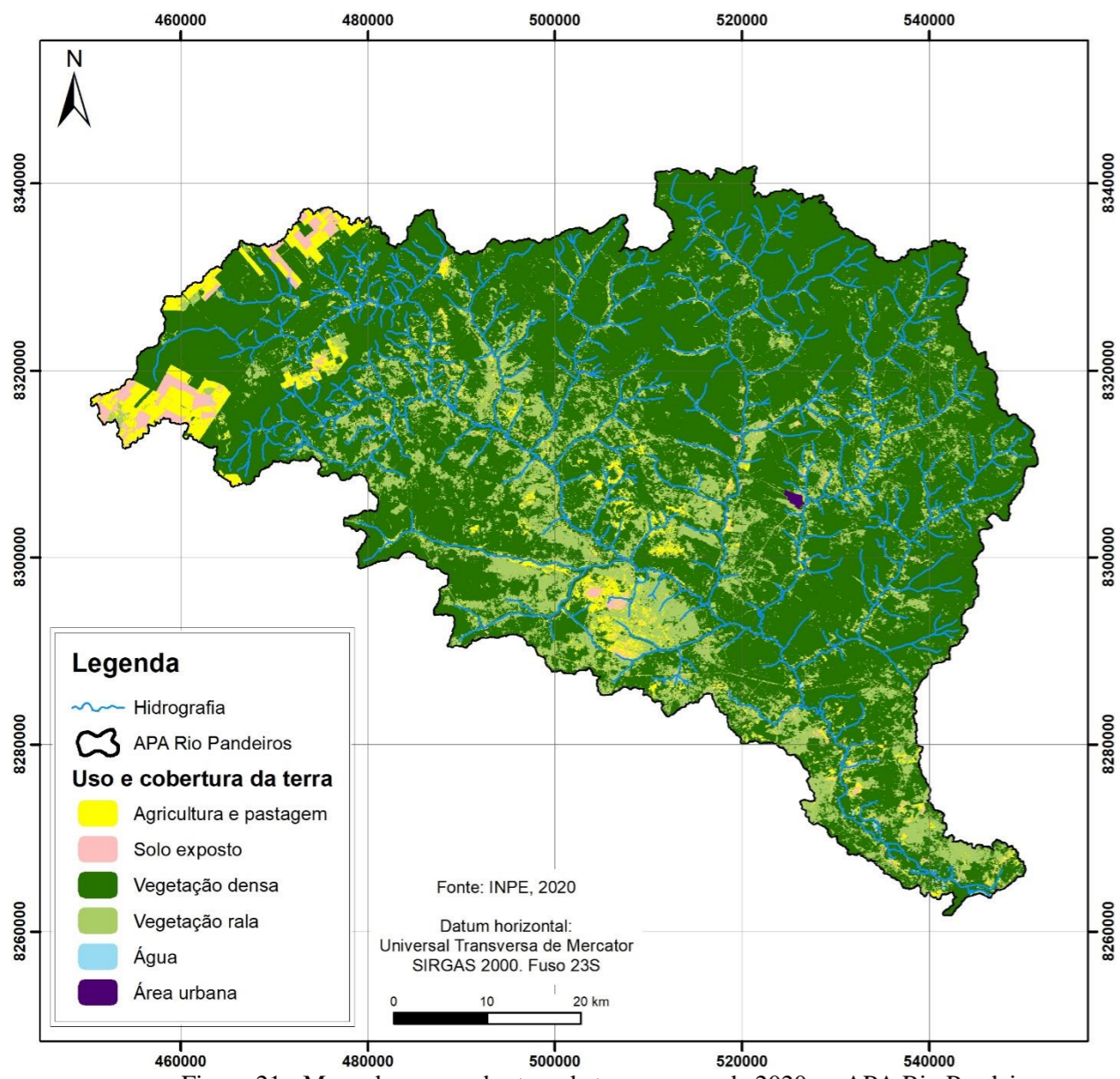


Figura 21 - Mapa de uso e cobertura da terra no ano de 2020 na APA Rio Pandeiros
 Fonte: A autora (2021).

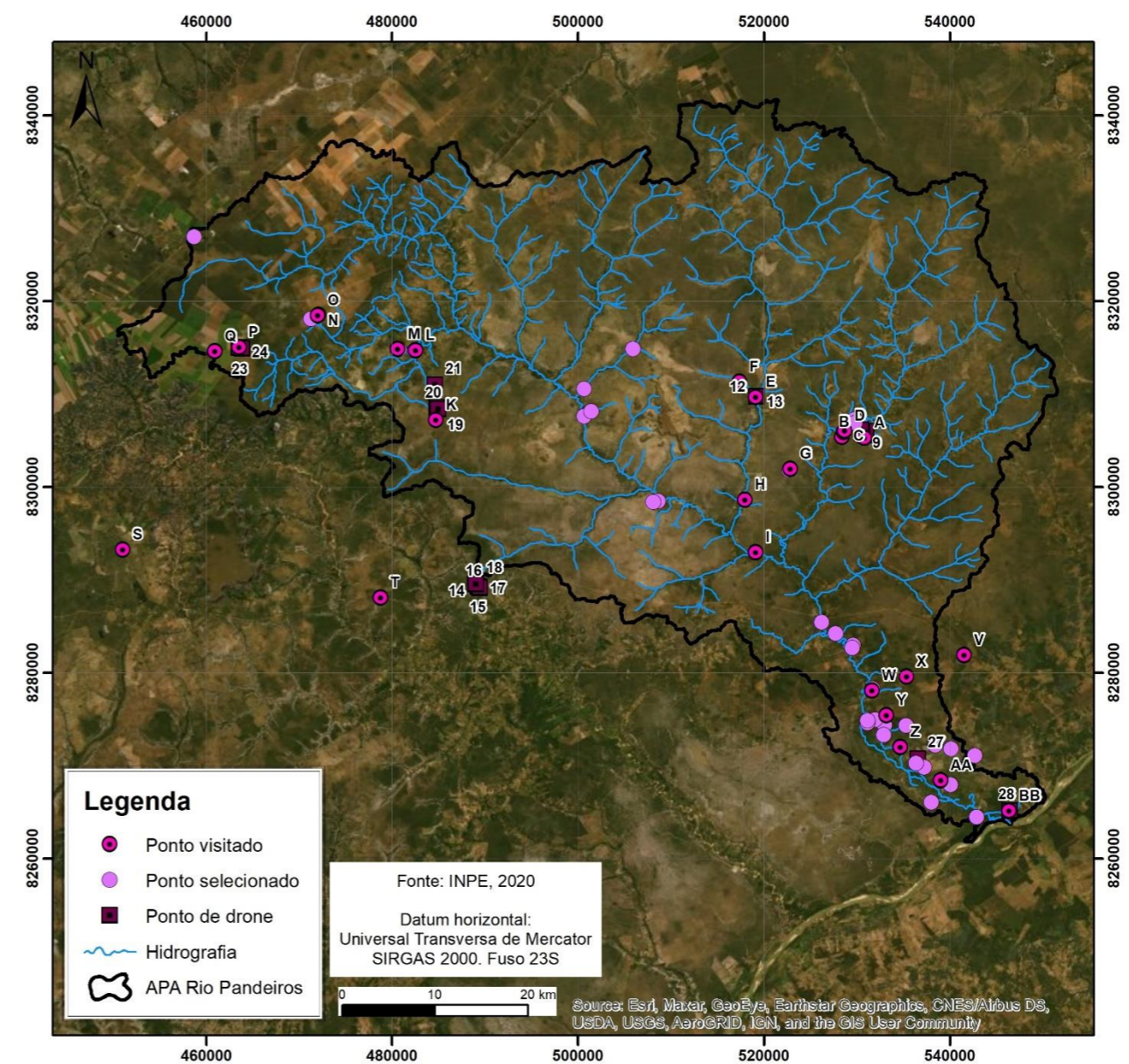


Figura 22 - Pontos de validação em campo. Os pontos verificados com drone foram identificados de forma cardinal e os registros fotográficos foram identificados pelo alfabeto
 Fonte: A autora (2022).

Conforme visita de campo, as classes de uso e cobertura da terra definidas são ilustradas na Figura 23, Figura 24, Figura 25 e Figura 26.

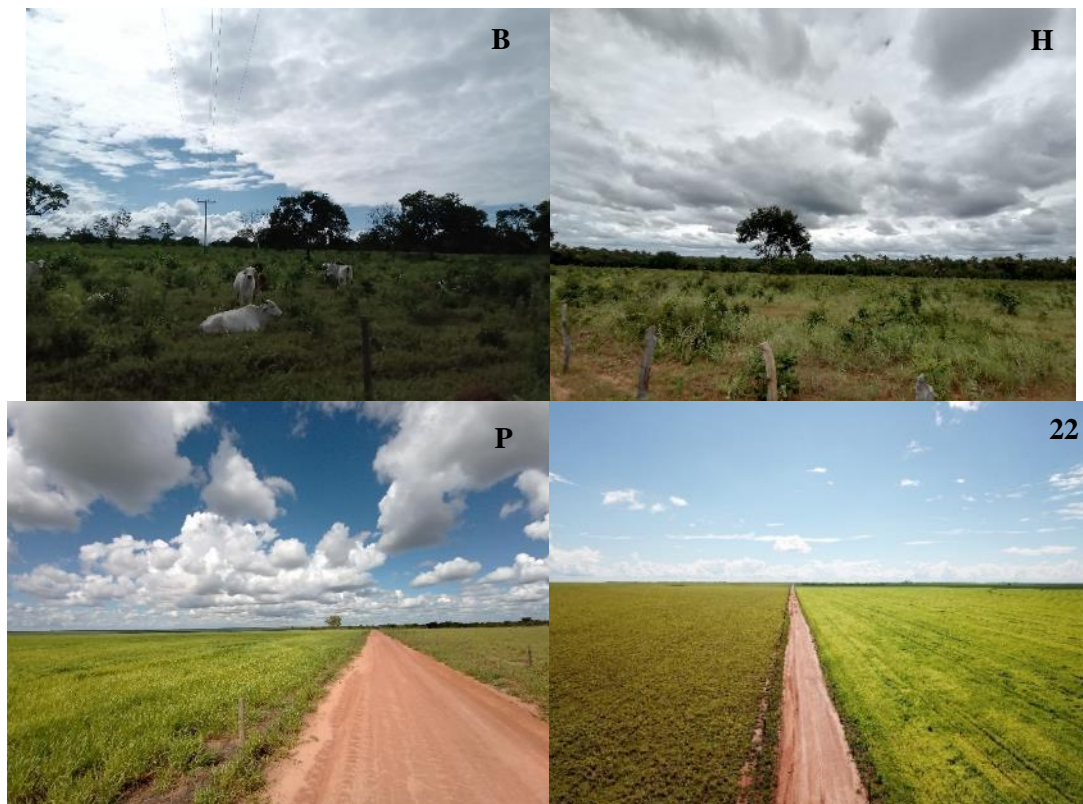


Figura 23 - Classe de agricultura e pastagem em duas formas de ocorrência: i) agricultura de subsistência - identificados como B e H no mapa de pontos de validação e ii) agricultura em larga escala - identificados como P e 22 no mapa de pontos de validação

Fonte: A autora (2022).



Figura 24 - Classe de solo exposto (extinta vereda) - identificado como F no mapa de pontos de validação

Fonte: A autora (2022).

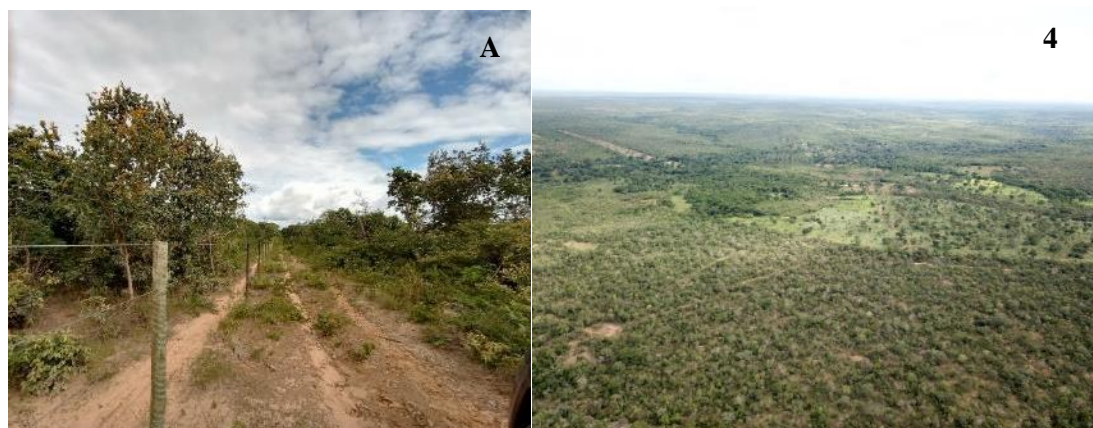


Figura 25 - Classe de vegetação densa - identificadas como A e 4 no mapa de pontos de validação

Fonte: A autora (2022).

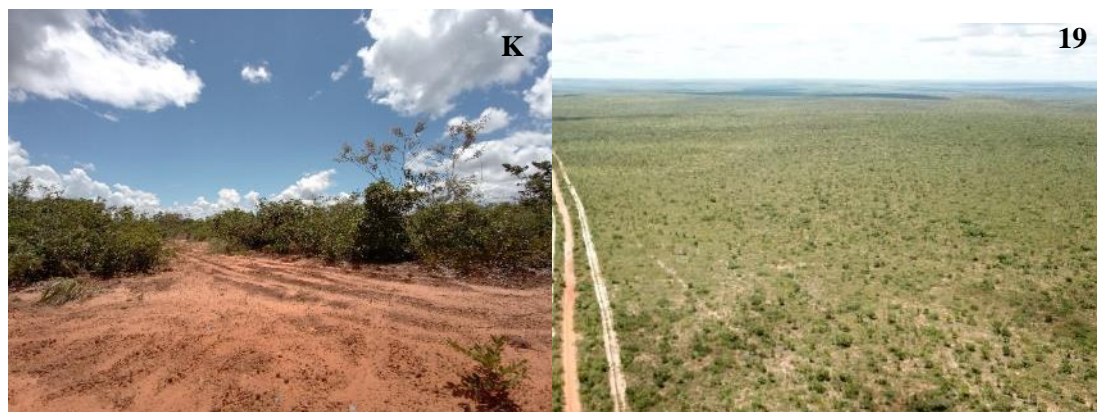


Figura 26 - Classe de vegetação espaçada - identificada como K e 19 no mapa de pontos de validação

Fonte: A autora (2022).

Os índices de desempenho geral e Kappa foram utilizados para avaliar a qualidade da classificação supervisionada realizada, conforme mostrado na Tabela 4, em que é possível constatar uma boa performance do mapeamento.

Tabela 4- Síntese da matriz de confusão da imagem classificada do ano de 2020

Índices	%	Referência
Desempenho geral	92.41	> 90%
Confusão média	7.59	N/A
Abstenção média	0.00	N/A
Estatística KHAT	90.54	> 80%
Variância KHAT	1.502e-06	N/A
Estatística TAU	91.46	N/A

Fonte: A autora (2021).

Analisando os dados de uso e cobertura da terra, gerados para os anos de 1988, 2001, 2011 e 2015 (ANEXO I e ANEXO II), pelo trabalho desenvolvido por Couto e Fonseca (2019) e de 2020, gerado no presente trabalho (Tabela 5), observa-se que a cobertura vegetal nativa se expandiu, ocupando a maior parte da APARP.

Tabela 5 - Dados temporais da cobertura vegetal na APARP

Ano	Área (ha)	Cobertura vegetal nativa*(%)
1988	273.920,5	69
2001	249.564,5	63
2011	261.900,00	66
2015	347.297,90	88
2020	369.789,20	93

*Somatório da classe de vegetação nativa e densa

Fonte: A autora (2022).

Tais percentuais demonstram que a bacia está apresentando resultados satisfatórios de regeneração no que tange à cobertura florestal, atendendo às diretrizes de conservação do PM, o que foi também verificado nos trabalhos de campo.

Durante o levantamento de campo, pesquisa bibliográfica e histórico da ocupação do território, pode-se perceber que as atividades de subsistência são predominantes e tendem a ocorrer no interior das veredas, sendo então um fator preocupante no que tange à conservação desses locais.

5.1.1. NDVI

Objetivando identificar na APARP as áreas de veredas e possíveis variáveis indutoras do processo de degradação, como a atividade de subsistência referida, foi elaborado o índice NDVI, conforme mostrado na Figura 27.

Para validação do NDVI calculado e das áreas de veredas, foram selecionados 17 pontos de interesse, sendo 15 deles visitados no dia 20/5/2022, conforme mostrado na Figura 28, Figura 29, Figura 30, Figura 31 e Figura 32.

Com base nos resultados, podem ser identificadas algumas áreas de veredas e foi verificada a ocorrência de atividades de impacto, citando-se o riacho Lameirão e Borrachudo, a leste da APARP, ratificado com base nos resultados obtidos com a elaboração do NRVI, que será mostrado a seguir, e com a visita a campo.

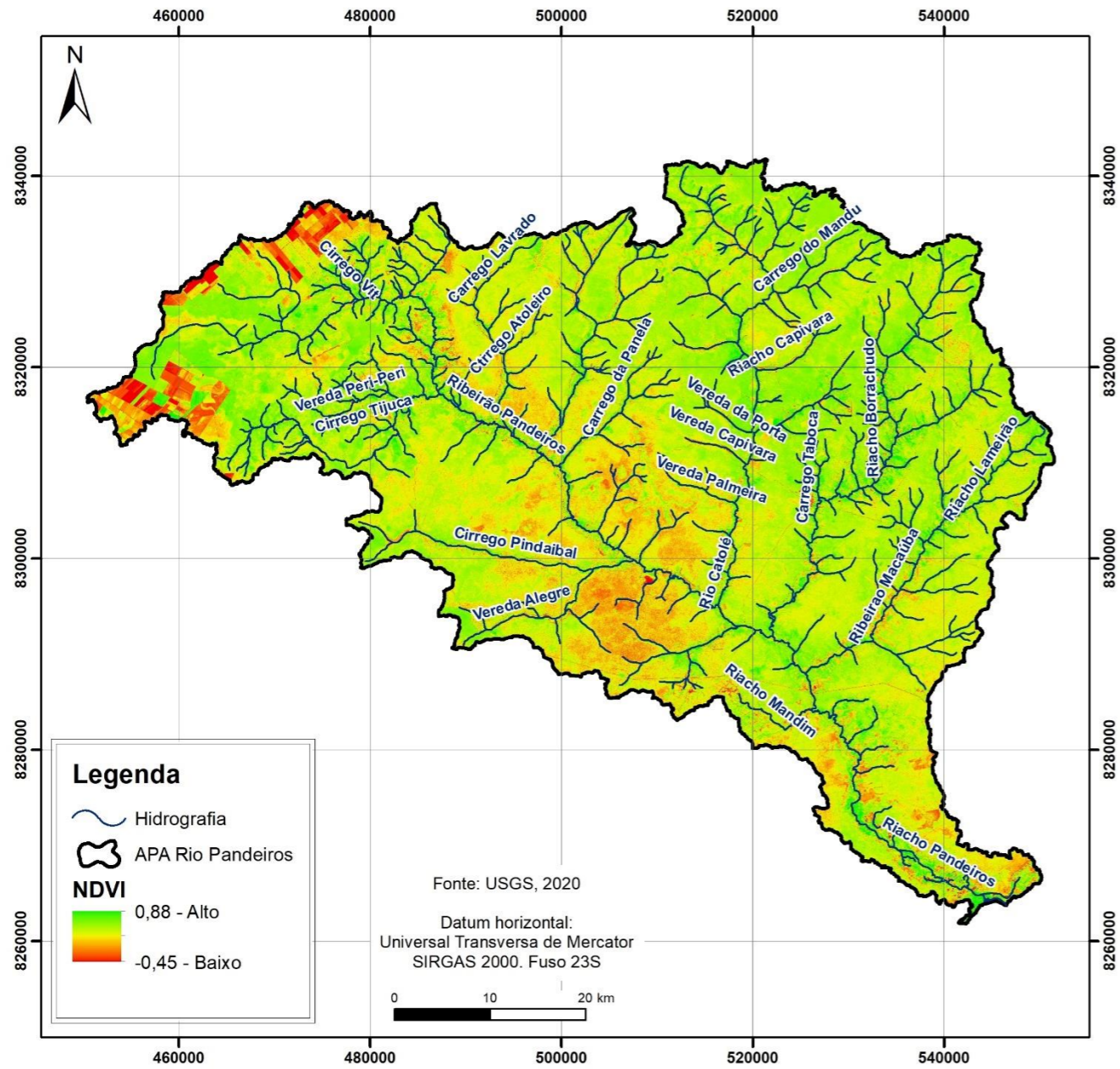


Figura 27 – Mapa do NDVI – Ano 2020
Fonte: A autora (2022).

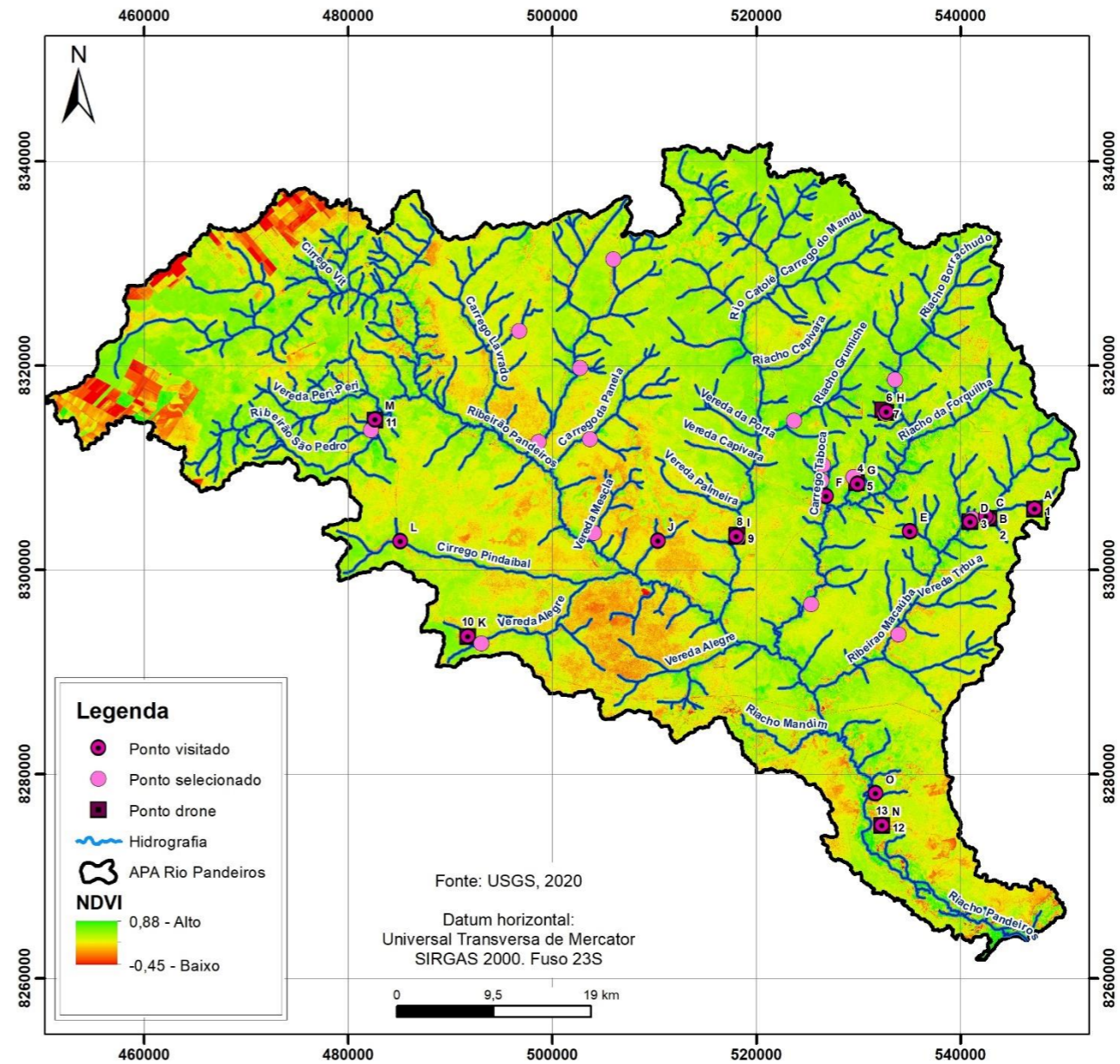


Figura 28 - Pontos de validação em campo. Os pontos verificados com drone foram identificados de forma cardinal e os registros fotográficos foram identificados pelo alfabeto
Fonte: A autora (2022).

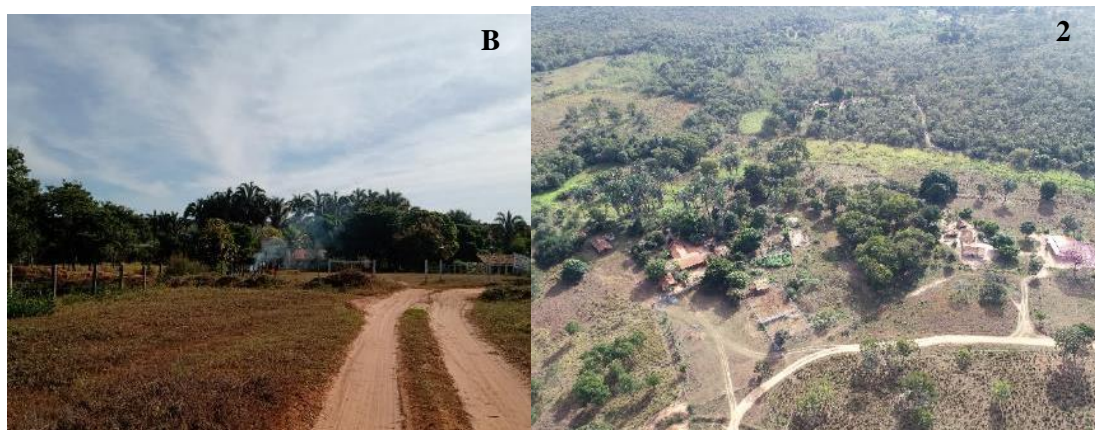


Figura 29 – Vereda ocupada territorialmente no riacho Lameirão - identificado como B e 2 no mapa de pontos de validação
 Fonte: A autora (2022).



Figura 30 - Vereda ocupada territorialmente em aflente do córrego Borrachudo - identificado como 6 e H no mapa de pontos de validação
 Fonte: A autora (2022).

Verifica-se que a vereda afluyente do córrego Borrachudo é representativa do padrão de ocupação das veredas existentes, tais como o barramento delas por meio de estradas e sua ocupação para implantação de pecuária, predominantemente extensiva. As veredas são sistemas hidromórficos e, portanto, frágeis, pois não possuem um canal profundo de armazenamento da água. A supressão da vegetação de entorno para ocupação antrópica aliada à conversão do uso da terra expõe a vereda ao risco de erosão e assoreamento em um curto período.

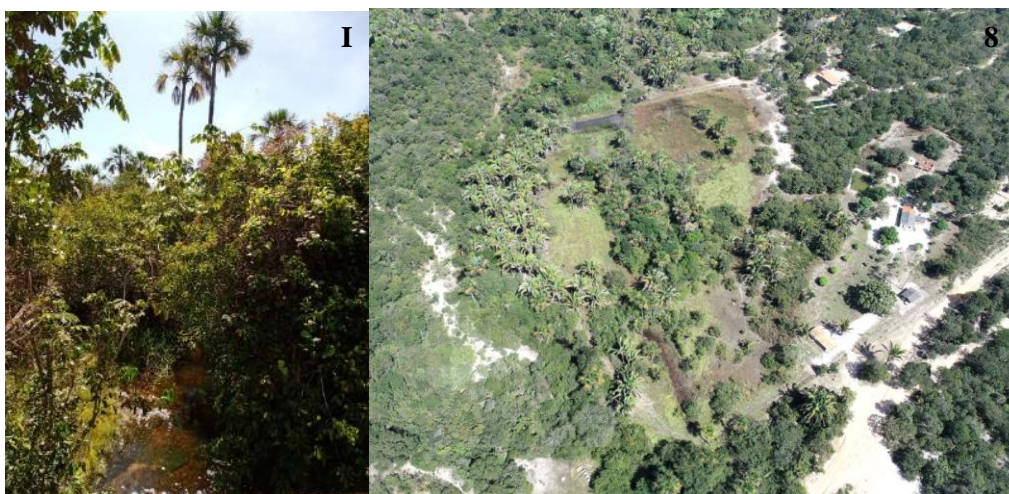


Figura 31 - Vereda preservada no Rio Catolé - identificado como I e 8 no mapa de pontos de validação

Fonte: A autora (2022).



Figura 32 - Vereda preservada no ribeirão São Pedro (Várzea Bonita) - identificado como 11 e M no mapa de pontos de validação

Fonte: A autora (2022).

5.1.2. NRVI

Corroborando com o NDVI, o NRVI foi calculado para identificar, por ottobacia, as bacias com menor cobertura vegetal e mais degradadas, para compreender quais as atividades persistem como ameaças para a continuidade da conservação da APARP (Figura 33). A distribuição e classificação dos dados foi realizada de forma manual, dividida em cinco classes, de acordo com o conhecimento do comportamento do uso e cobertura da terra detectado para a atualidade e verdade de campo.

Observa-se que as ottobacias de menor índice, ou seja, os locais onde as atividades antrópicas superam as atividades de conservação, estão localizadas a noroeste, onde há maior predomínio das atividades de agricultura e pastagem; oeste, onde há maior ocorrência de solo exposto e vegetação espaçada (que apresenta maior vulnerabilidade na conversão para uso antrópico); e sul, que apresentou alto número de registros de incêndio, da APARP (NRVI entre -0,99 a 0,70).

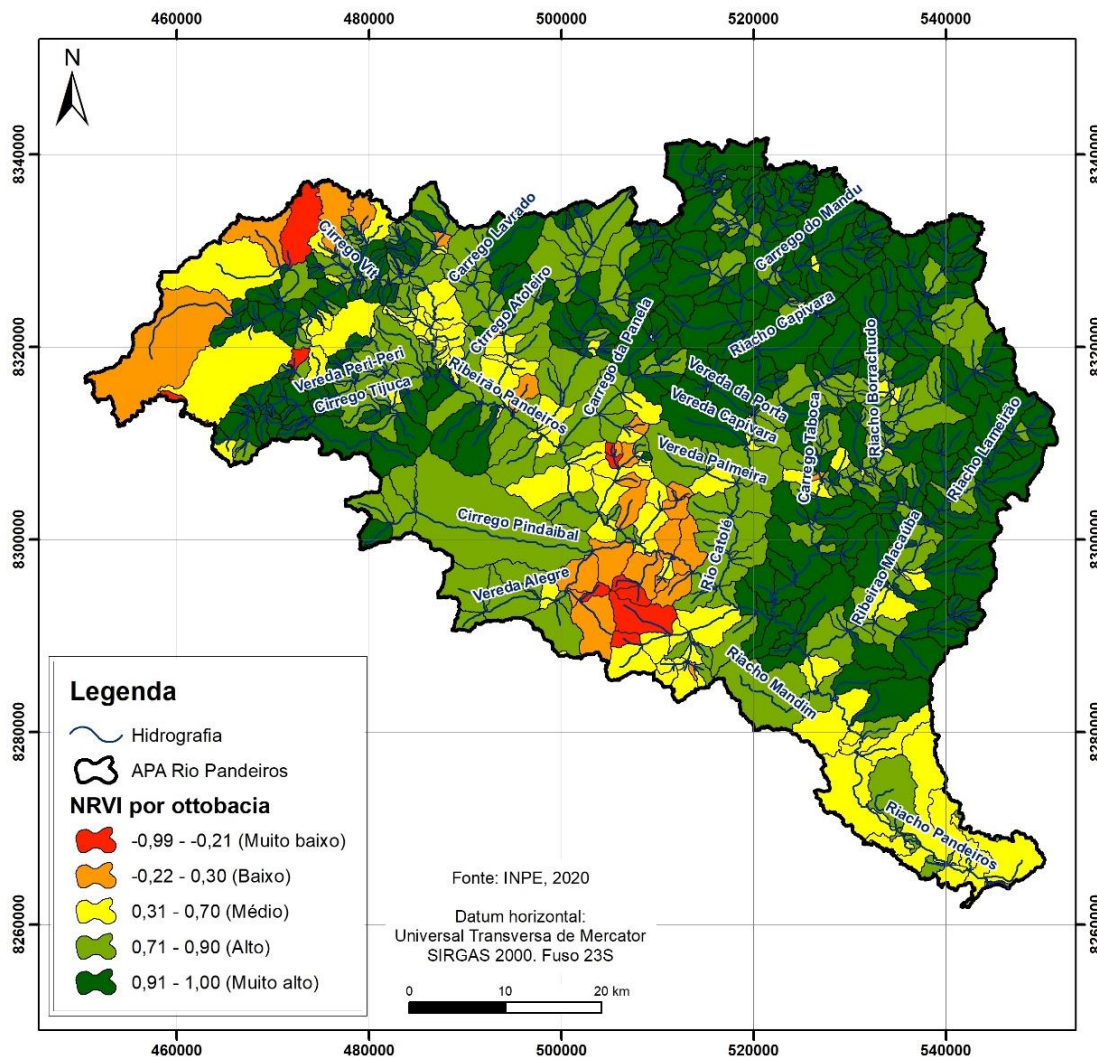


Figura 33 – Mapa do NRVI

Fonte: A autora (2022).

Salienta-se que, ao sul, está localizado o pantanal mineiro, área de sensibilidade natural e que os focos de incêndio têm se concentrado nas regiões onde, de acordo com o PM, são zonas de ocupação rural consolidada e de proteção (Figura 35).

De acordo com o PM (IEF, 2019), que manipulou e analisou os dados de ocorrência de incêndio registrados pelo IEF, no período de 2013 a 2017, os incêndios ocorrem predominantemente em área de cerrado, seguidos por veredas, conforme pode ser visualizado na Figura 36, na margem direita do Rio Pandeiros; e estão concentrados em grandes manchas na região central e noroeste. Nessas áreas ainda persistem, segundo o mapeamento de uso e cobertura da terra mais atual, atividades antrópicas tais como de agricultura e pastagem. Portanto, pode-se aferir que a maior parte das ocorrências estão

associadas ao agronegócio, na região da chapada, e à pecuária extensiva, quando se trata de áreas menores em veredas, conforme proposto pelo IEF.

Tal fato foi corroborado pelo trabalho de campo realizado em maio de 2022 (Figura 34), pois constatou-se a ocupação de algumas áreas de veredas pela pecuária, e, provavelmente, por proprietários que, supostamente, possuem condições econômicas mais elevadas, considerando o tipo de cercamento dessas propriedades, diferentemente da ocupação de atividade de subsistência esperada.



Figura 34 - Vereda ocupada por pecuária (Campo maio/22). Coordenadas geográficas: E = 485111 / N = 8302744
Fonte: A autora (2022).

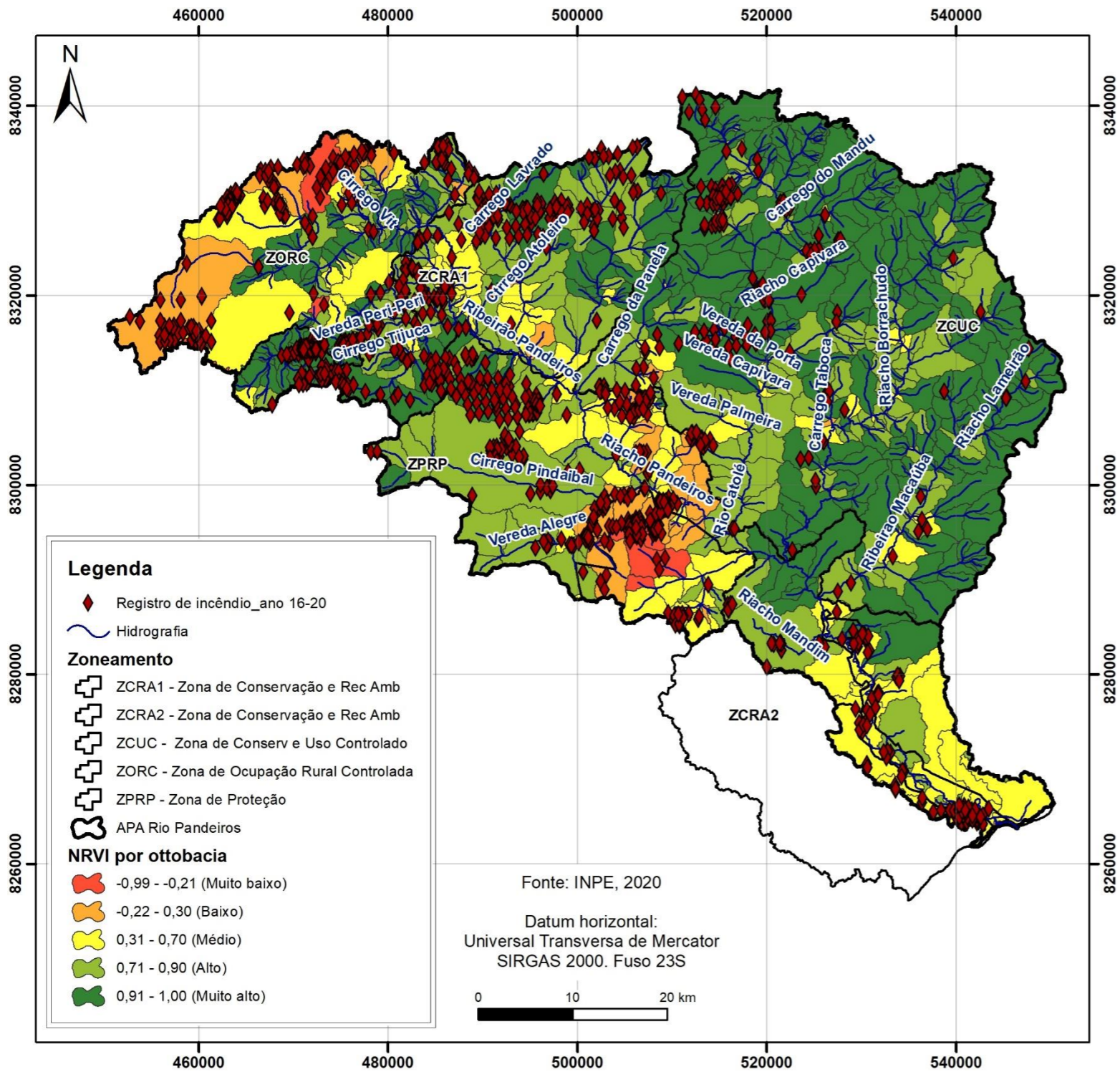


Figura 35 – Mapa de registro de incêndios durante o período de 2016 a 2020
Fonte: A autora (2022).

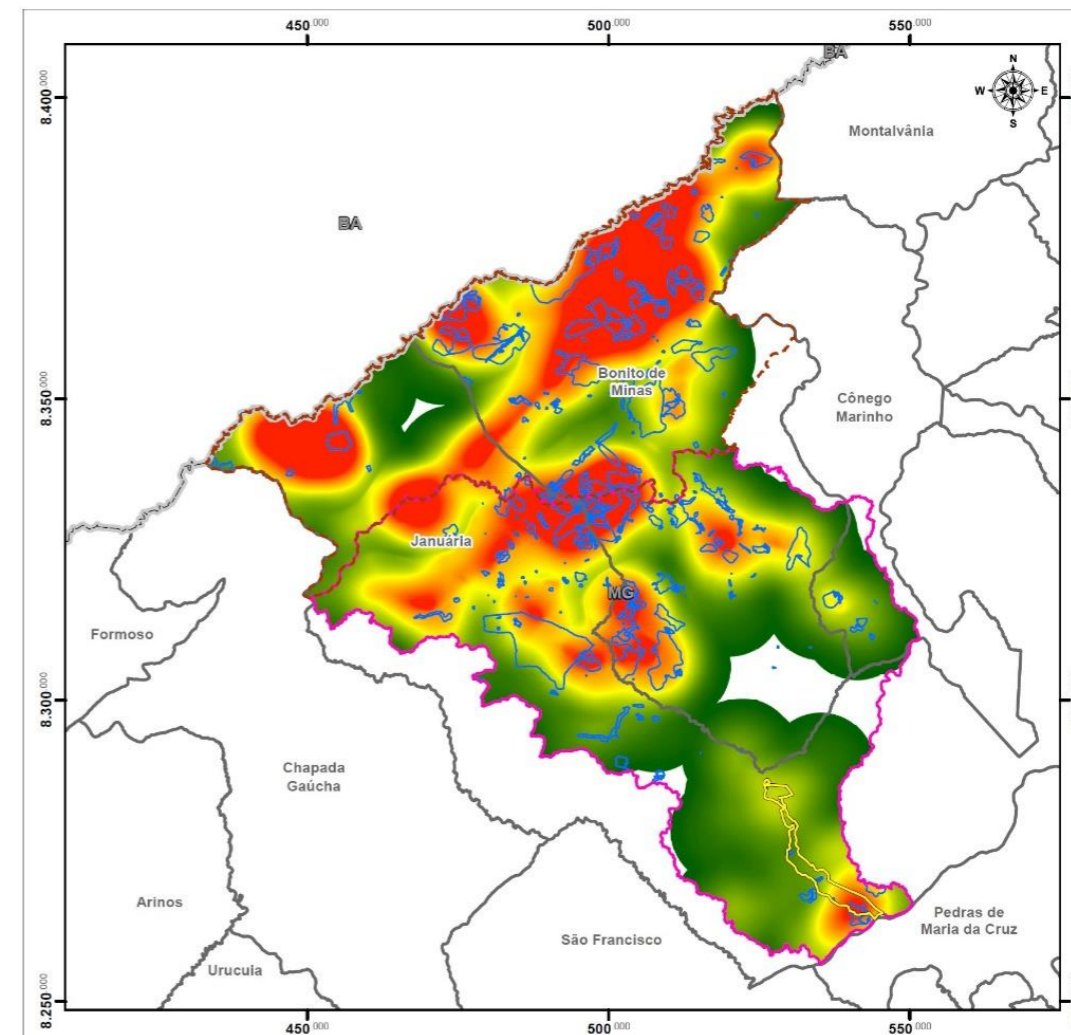


Figura 36 – Focos de incêndio – Período 2013 a 2017
Fonte: IEF (2019).

5.2 Detecção de mudanças

Complementarmente, foi realizada a detecção de mudanças nos períodos de 2001 a 2015 e 2015 a 2020, objetivando aprofundar nas análises para entendimento da dinâmica temporal do uso e cobertura da terra.

Tais períodos foram selecionados considerando, no primeiro, o encerramento das atividades da PCH existente e proximidade da data de criação da APARP e, no segundo, a publicação do PM e data mais recente à época de desenvolvimento da pesquisa.

Durante o período de 2001 a 2015, foi possível identificar já o considerável avanço da tipologia de vegetação densa sobre as tipologias de vegetação espaçada, agricultura e pastagem e solo exposto, nessa ordem em termos de área (Figura 37 e Tabela 6). Provavelmente, tal avanço decorreu do estabelecimento da APA na região, o qual trouxe restrições de uso da terra.

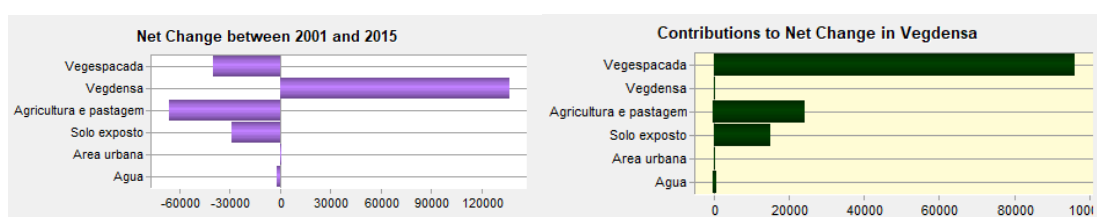


Figura 37 – Gráfico das mudanças no uso e cobertura da terra – período 2001 a 2015
Fonte: A autora (2022).

Tabela 6 – Quantificação das mudanças destaque no uso e cobertura da terra – período de 2001 a 2015

Categoria	Saldo entre perda e ganho		Contribuição de mudança para a vegetação densa	
	Área (hectares) (hectares)	Porcentagem (%)	Área (hectares)	Porcentagem (%)
Vegetação espaçada	-40.181	-2,63	96.215	6,29
Vegetação densa	137.031	8,96	-	-
Agricultura e pastagem	-66.297	-4,33	24.697	1,61
Solo exposto	-28.903	-1,89	15.053	0,98

Fonte: A autora (2022).

Conforme mostrado na Figura 38, percebe-se que as tipologias que ainda ameaçam a conversão da vegetação espaçada são, em ordem, agricultura, pastagem e solo exposto, mas, no período analisado, foram as tipologias que mais perderam área, indicando esse avanço conservacionista da área de estudo.

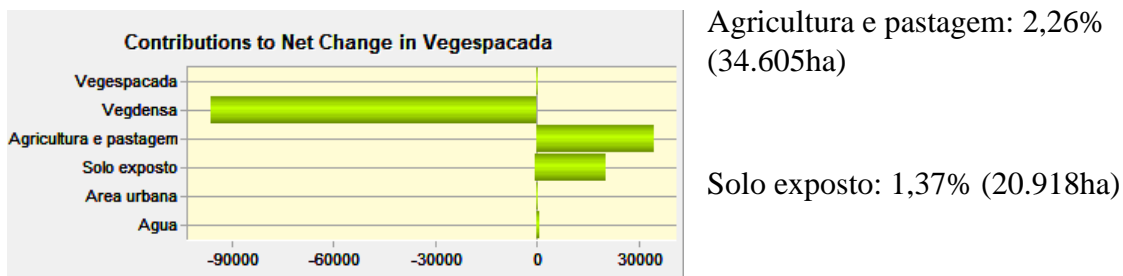


Figura 38 – Gráfico das mudanças no uso e cobertura da terra – período 2001 a 2015
Fonte: A autora (2022).

Durante o período de 2015 a 2020, foi possível constatar a continuidade da regeneração da APARP por meio da evolução da vegetação densa sobre as tipologias vegetação espaçada (predominantemente), agricultura e pastagem e solo exposto (Figura 39, Tabela 7 e Figura 40), tendência corroborada e identificada por Veloso *et al* (2021) no estudo desenvolvido para o conglomerado de UCs na região.

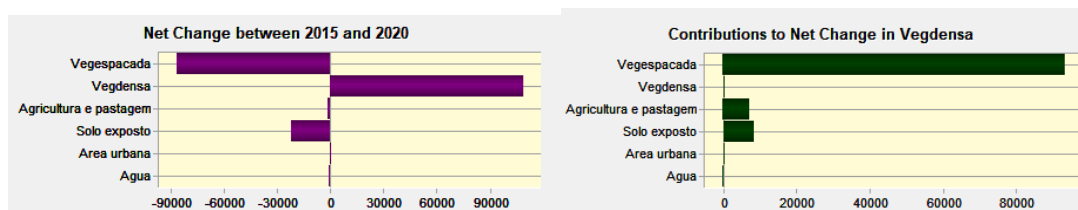


Figura 39 – Gráfico da contribuição das classes para a conversão da vegetação espaçada - período 2015 a 2020
Fonte: A autora (2022).

Tabela 7 – Quantificação das mudanças destaque no uso e cobertura da terra período 2015 a 2020

Categoria	Saldo entre perda e ganho		Contribuição de mudança para a vegetação densa	
	Área (hectares)	Porcentagem (%)	Área (hectares)	Porcentagem (%)
Vegetação espaçada	-86.690	-5,66	93.749	6,13
Vegetação densa	109.105	7,13	-	-
Agricultura e pastagem	-1.329	-0,09	7.329	0,48
Solo exposto	-21.859	-1,43	8.395	0,55

Fonte: A autora (2022).



Figura 40 – Imagens de satélite comparativas dos anos 2010 e 2020 da tipologia solo exposto para vegetação densa nas coordenadas E: 5518530/ N: 8313170
Fonte: Google Earth (2022).

Verifica-se também a vulnerabilidade da continuidade de regeneração da vegetação da bacia quando se nota a vegetação espaçada, pois é mais fácil sua conversão para agricultura e pastagem do que quando totalmente conservada, conforme se aprecia na Figura 41.

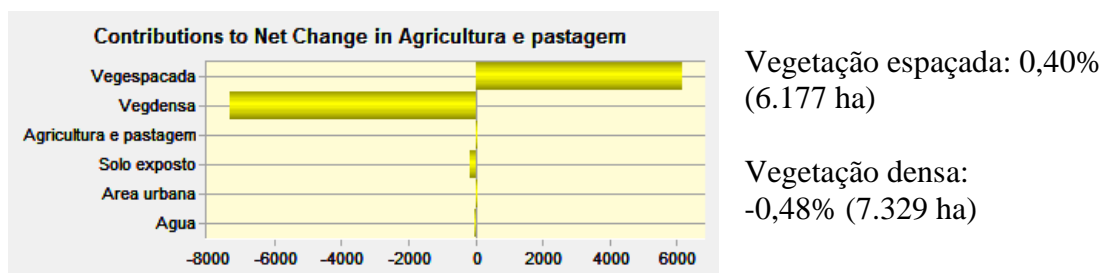


Figura 41 – Gráfico da contribuição das classes para a conversão em agricultura e pastagem - período 2015 a 2020
Fonte: A autora (2022).

É possível visualizar a sucessão ecológica, que ocorreu uniformizada em toda a bacia e de forma mais abrangente entre o período de 2001 e 2015 (Figura 42). A maior queda da expansão da agricultura e pastagem e solo exposto também ocorreu no primeiro período analisado.

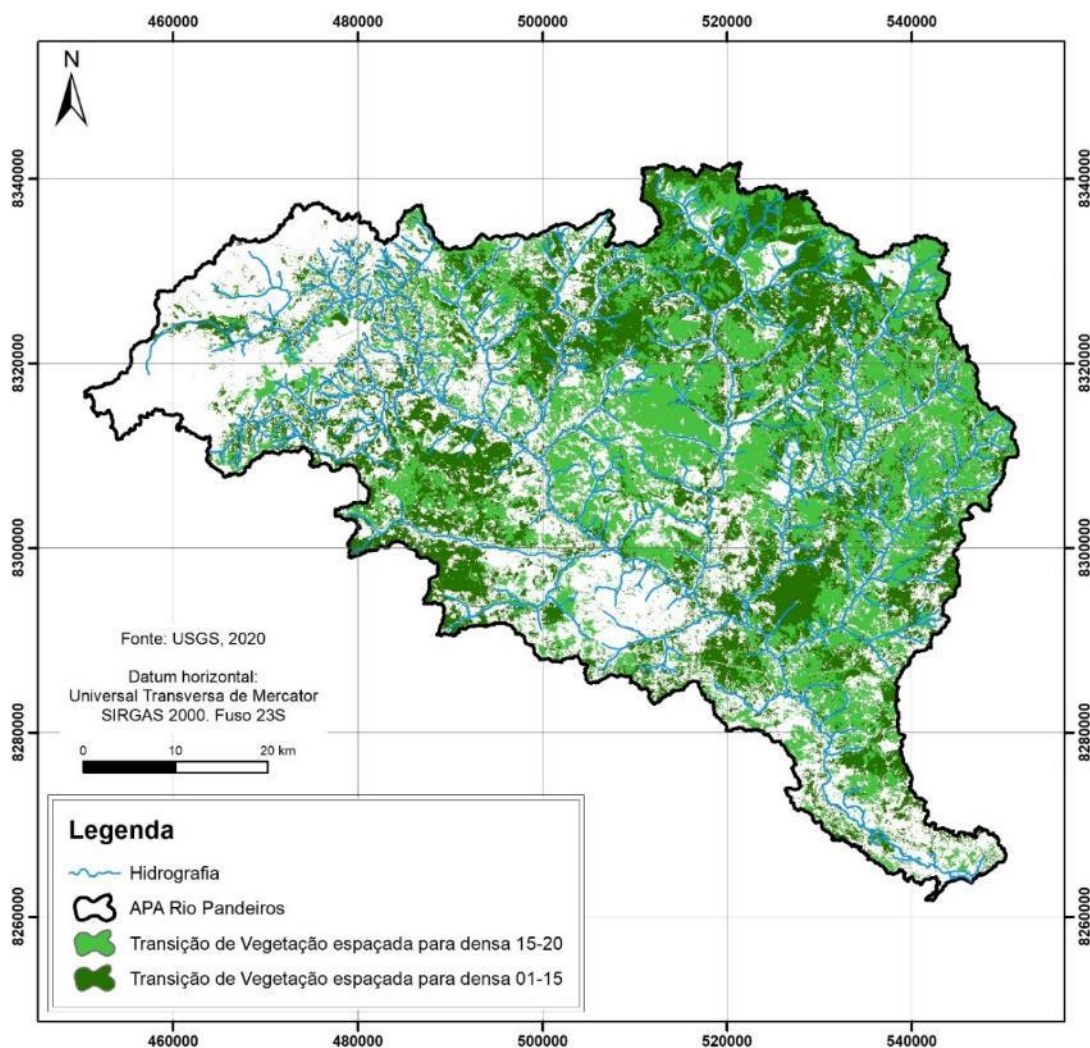


Figura 42 – Sucessão ecológica na APARP
Fonte: A autora (2022).

5.3 Análises multicriteriais

Como produto resultante das análises multicriteriais obteve-se os mapas de potencial para expansão urbana e preservação ambiental, que permitem revisitar e avaliar o zoneamento proposto pelo PM, por meio de análises geoespaciais.

O mapa potencial para expansão da atividade antrópica, mostrado na Figura 43, revela as áreas de maior probabilidade de ocorrência dessas atividades, considerando a combinação de diversas variáveis que contribuem para isso e que já ocorrem no local ou em áreas próximas. Para sua análise, as classes foram divididas estatisticamente por quantil considerando o conhecimento do pesquisador da região.

Assim, verifica-se que a região central e ao sul da APARP são as regiões que concentraram a maior probabilidade de expansão, coincidindo com a Zona de Conservação e Uso Controlado estipulado pelo PM. Todavia, muitas dessas áreas também foram mapeadas na Zona de Proteção do Rio Pandeiros, sendo um fator de preocupação para a gestão da área.

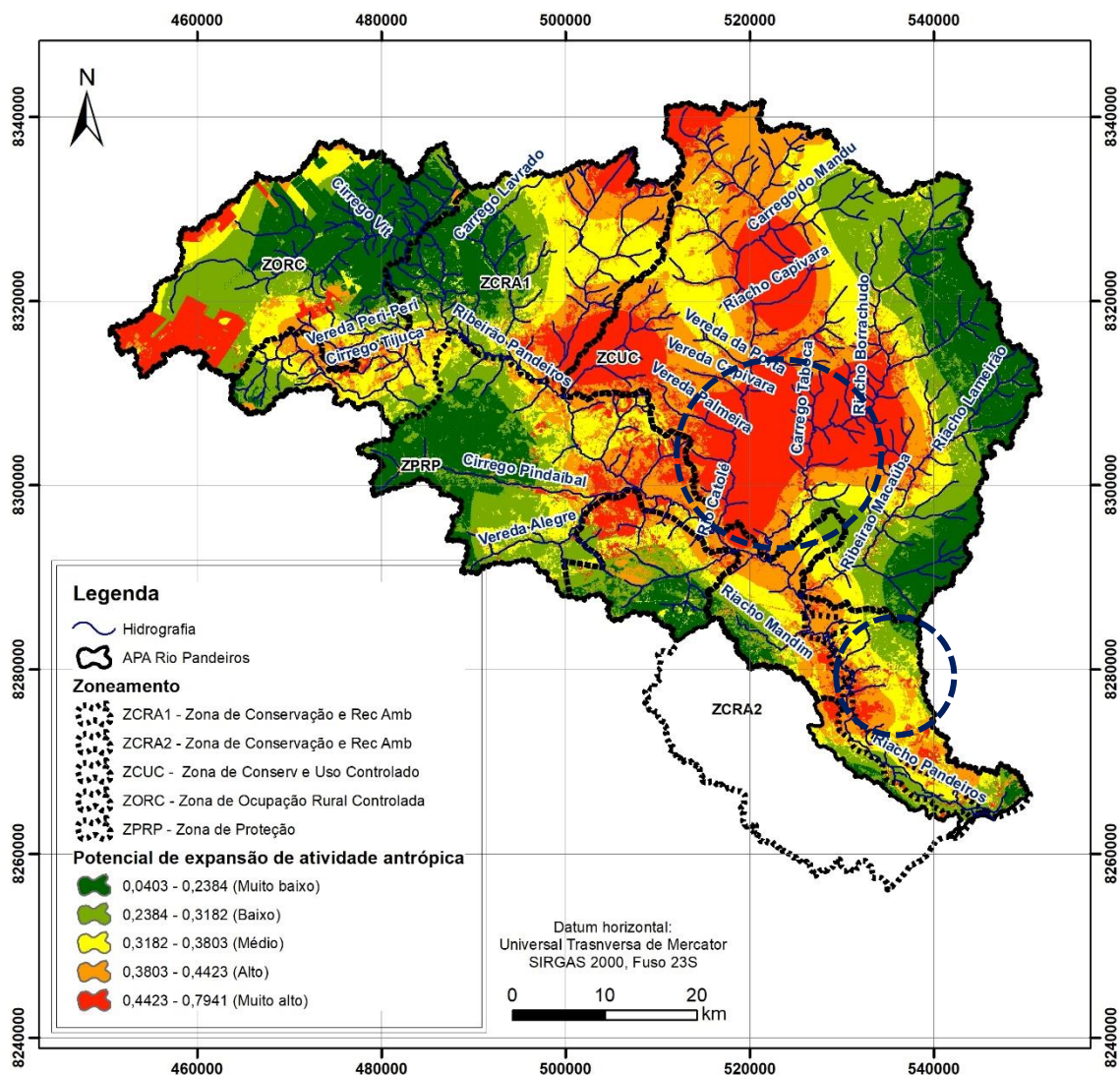


Figura 43 - Mapa potencial para expansão de atividade antrópica - 2020

Fonte: A autora (2022).

Por outro lado, o mapa potencial para preservação ambiental mostra as áreas que apresentam o potencial para preservação, considerando as variáveis naturais e de vulnerabilidade natural que lá ocorrem. Para sua análise, suas classes também foram

divididas estatisticamente por quantil, considerando o conhecimento do pesquisador da região.

Para elaboração desse mapa, foram considerados dois cenários: i) considerando a variável APP de 30 metros de toda a hidrografia e ii) considerando a variável de áreas úmidas mapeadas pelo PM, que apresenta extensões variadas, de acordo com o que foi extraído da imagem de satélite. Nesta, além da área alagada ao sul da APARP, são consideradas também as áreas úmidas em todo o sistema hidrográfico que compõem a bacia, denominada no PM de “Vegetação com influência fluvial”.

Para o primeiro cenário, conforme se visualiza na Figura 44, constata-se uma maior concentração de áreas potenciais para preservação a norte (área de recarga do Rio Pandeiros e onde ocorrem vários processos de voçorocamento) e a leste da APARP e de menor potencial para conservação na região centro-oeste e sudeste. Tal fato merece destaque, pois, de acordo com o zoneamento proposto pelo PM, essa área seria alvo de proteção.

Outro ponto de destaque é a região alagada (pantanal) que não apresentou valores elevados para a preservação ambiental, mostrando uma pressão antrópica quando não se considera a área alagada como um todo.

A parte noroeste, considerada pelo PM como Zona de Ocupação Rural Consolidada, apresentou regiões de alto potencial de preservação ambiental diante das características naturais da área e é um ponto de atenção para a gestão do território, principalmente porque se configura como região de recarga de todo o Rio Pandeiros e de maior vazão, conforme mostrado na Figura 45 retirada do PM (IEF, 2019). É onde há alta ocorrência de processos erosivos que contribuem com a dinâmica de aporte de sedimentos na bacia do Rio Pandeiros (OLIVEIRA, 2021).

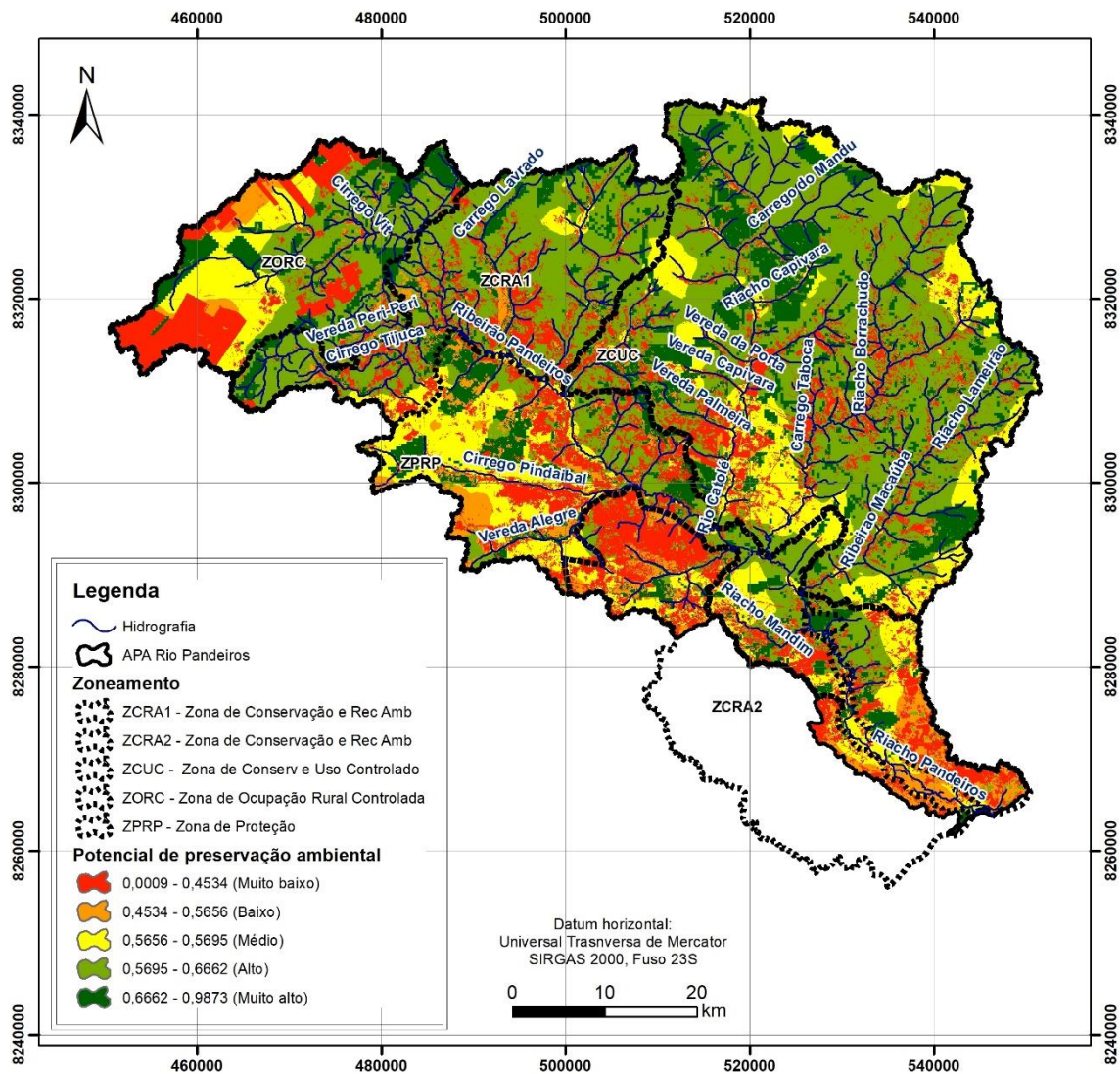


Figura 44 - Mapa potencial para preservação ambiental – cenário i
Fonte: A autora (2022).

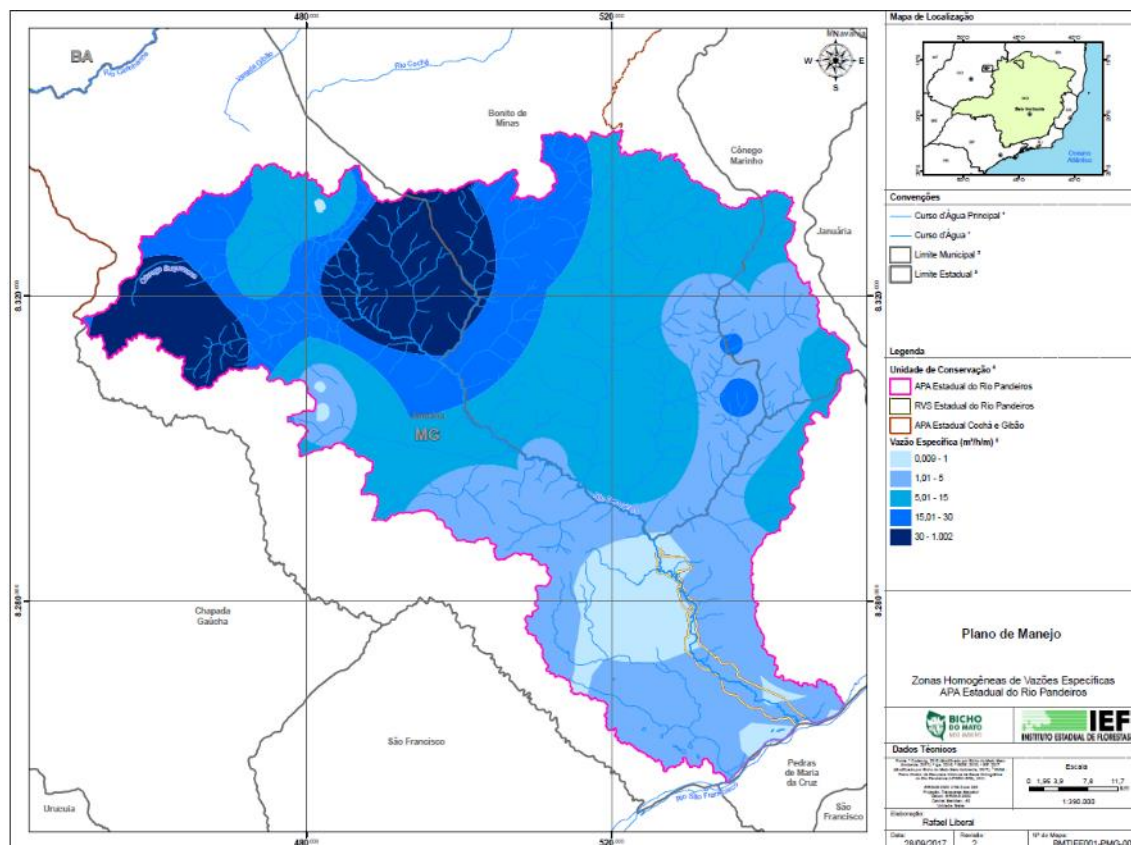


Figura 45 - Mapa de zonas homogêneas de vazões específicas – Ano 2014
Fonte: IEF (2019).

No segundo cenário, utilizando a variável de áreas úmidas, considerou-se como área de preservação toda a área mapeada na APARP como cobertura vegetal de influência vegetal no PM. Nesse cenário, foi possível observar que além da região pantanosa que se destaca como área potencial de preservação ambiental também o são todas as áreas mapeadas como áreas úmidas (veredas) na área de estudo, condizendo com a importância desses sistemas para a conservação da bacia (Figura 46).

Nesse cenário, observa-se também que parte da região centro-oeste da APARP, determinada como zona de proteção, não está consoante com os resultados obtidos, tendo em vista que apresentou regiões de muito baixo a médio potencial para preservação ambiental, tanto pela ocupação antrópica já existente, quanto pelos critérios de potencialidade considerados para preservação. Provavelmente, tais resultados ocorreram porque é uma região onde se registrou, por meio do mapeamento do uso e cobertura da terra do ano de 2020, maior predomínio da vegetação espaçada, demonstrando ser uma região ainda no início do processo de regeneração natural, mas com uma pressão vizinha de atividades antrópicas (agricultura e pastagem) e ocorrência de solo exposto.

Foi possível verificar também a ocupação das veredas dos rios afluentes à margem esquerda do Rio Pandeiros, resultando em áreas de baixo potencial para a preservação, considerando tanto o uso corrente (regeneração inicial), quanto a declividade, configurando-se como ponto de atenção no que tange à real necessidade de preservação desses locais.

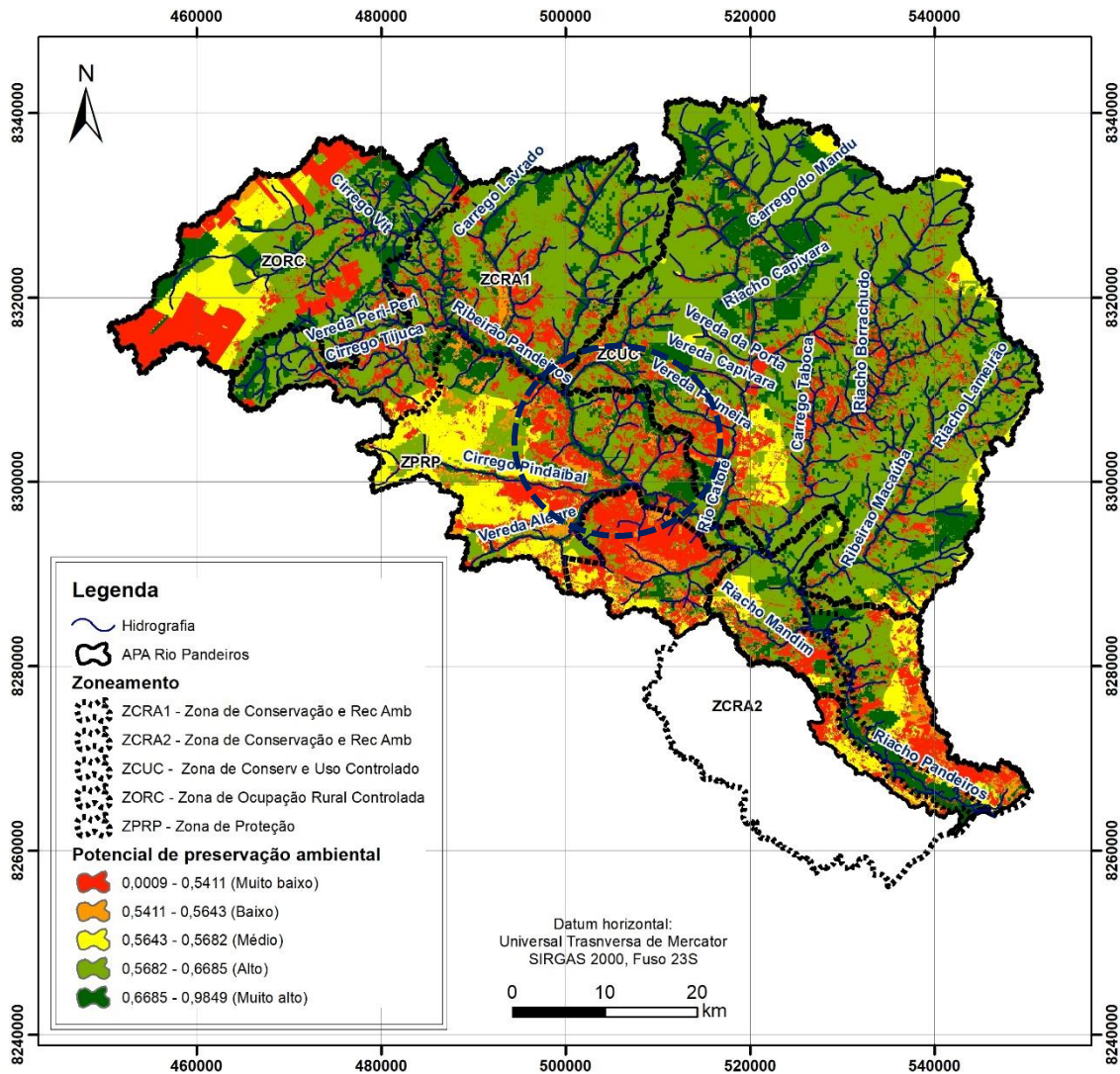


Figura 46 - Mapa potencial para preservação ambiental – cenário ii

Fonte: A autora (2022).

Ao realizar uma comparação entre o mapa potencial para preservação ambiental e o NRVI mostrado no item 5.1.2, observa-se que os resultados conversam entre si, onde há alto potencial de preservação, a ottobacia encontra-se com alto grau de preservação.

Conforme a análise desses dois instrumentos, também pode-se verificar o processo de ocupação das veredas, no córrego Catolé, riacho Borrachudo e ribeirão Macaúba, que foram validados em campo (Figura 29 e Figura 30).

Já na região de pântano, o médio NRVÍ obtido demonstra que há atividades antrópicas ocorrendo no seu entorno, o que denuncia uma pressão num ecossistema que deve ser preservado.

Dando continuidade às análises, como resultado da álgebra dos mapas de potencial para expansão da atividade antrópica e de preservação ambiental, foram obtidos os mapas de interesses conflitantes para os dois cenários referenciados (Figura 47 e Figura 48).

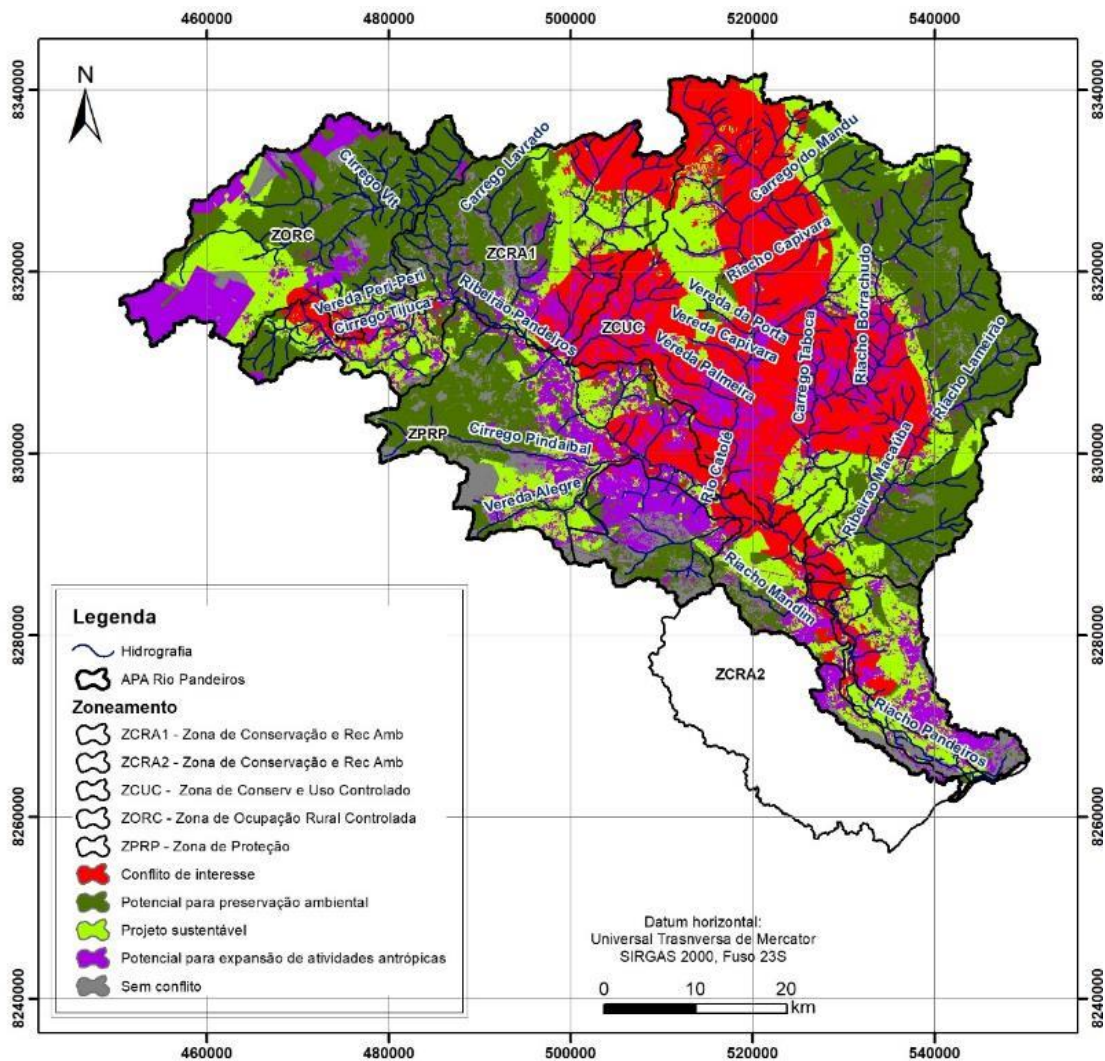


Figura 47 - Mapa de interesse conflitante – cenário i - 2020

Fonte: A autora (2022).

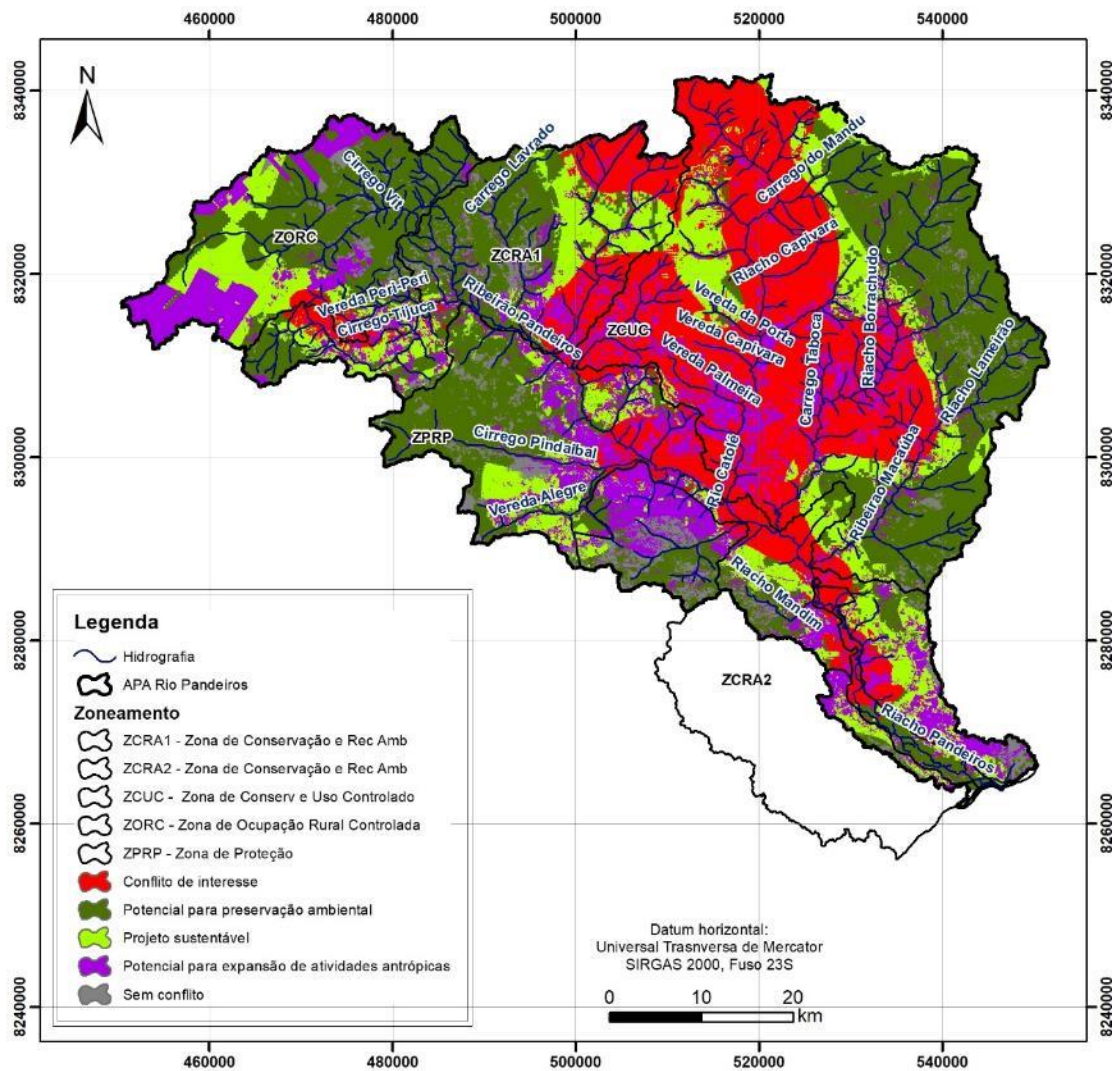


Figura 48 - Mapa de interesse conflitante – cenário ii - 2020
 Fonte: A autora (2022).

Num aspecto geral, os resultados são similares, sendo a diferença mais significativa observada na região de pântano. Para essa região, no primeiro cenário, a área é indicada para a alocação de projetos sustentáveis, provavelmente em decorrência das atividades antrópicas já existentes na região e desconsideração como área de preservação permanente. Já no segundo cenário, fica evidente a necessidade de preservação da área, considerando sua vulnerabilidade natural (Figura 49).



Figura 49 - Área de pântano e a pressão antrópica no entorno - comunidade de Campos (Campo maio/22). Coordenadas geográficas: E = 532308 / N = 8274938
Fonte: A autora (2022).

A similaridade dos resultados dos dois cenários também mostra que a região norte do RVSRP foi classificada como de conflito de interesses, evidenciando a necessidade de discussão e implementação de ações eficazes visando a sua preservação.

No cenário ii (Figura 48), observa-se a necessidade de preservação de grande parte da área determinada como de Zona de Ocupação Rural Controlada, a noroeste da APARP, onde se localiza a nascente do Rio Pandeiros e se concentram processos de voçorocamento, os quais apresentam a maior vazão específica medida.

O potencial para expansão antrópico resultou, predominantemente, nas áreas onde tais atividades encontram-se consolidadas, com baixo potencial de preservação ambiental, bem como ao longo de cursos d'água com a existência de atividades antrópicas mapeadas. Já o potencial para preservação ambiental foi indicado predominantemente nas cabeceiras dos afluentes que compõem a bacia hidrográfica, além da região de pântano.

As áreas indicadas para alocação de projetos sustentáveis permearam a transição das áreas indicadas como conflito de interesses e preservação ambiental, demonstrando provavelmente, a necessidade de se alocar projetos sustentáveis em locais que exerçam menor pressão e impacto ao equilíbrio ecológico em áreas de preservação e que estão se regenerando desde a década de 2000.

Já as regiões onde foram indicados conflitos de interesses, localizadas mais ao centro da APARP, são áreas que apresentam alta vulnerabilidade natural e uma pressão para expansão da atividade antrópica. Tais locais foram condizentes com o zoneamento proposto pelo PM, de conservação e uso controlado.

Diante dessa avaliação, denota-se a importância da região pantanosa como vetor atrativo para ocorrência de atividades antrópicas e a necessidade de preservação do local. Considera-se que o cenário ii é o que mais se aplica à realidade da APARP e, com base nos dados mostrados na Tabela 8, a APARP tem alto potencial para preservação ambiental e considerável conflito de interesse na sua ocupação. Ademais, há áreas potenciais para ocupação antrópica controlada e para a aplicação de projetos sustentáveis.

Tabela 8 – Percentual de área oriunda da matriz de interesses conflitantes

Classificação	Área (ha) cenário i	Porcentagem cenário i	Área (ha) cenário ii	Porcentagem cenário ii
Potencial para preservação ambiental	125.261,16	32%	142.145,10	36%
Conflito de interesse	96.189,21	24%	103.689,31	26%
Potencial para expansão de atividade antrópica	70.793,85	18%	68.608,58	17%
Projeto sustentável	78.729,49	20%	63.607,45	16%
Sem conflito	25.063,25	6%	17.986,53	5%

Fonte: A autora (2022).

Conforme Rocha, Casagrande e Moura (2018), o produto resultante da álgebra de mapas deve ser validado considerando a realidade de campo para verificação da necessidade de possível calibração, fornecendo assim resultados mais acurados e confiáveis para a proposição de soluções ao problema. Nesse sentido, o trabalho de campo realizado auxiliou na validação dos resultados obtidos na pesquisa e trouxe a percepção da continuidade da ampliação da ocupação das veredas (Figura 50), o que demonstra que tais áreas estão sob ameaça constante de extinção, caso não sejam devidamente manejadas.



Figura 50 - Processo de recente ocupação de vereda próximo da Serra da Mescla (Campo maio/22)

Fonte: A autora (2022).

5.4 Análise exploratória

O I-Moran Global para a ocorrência de incêndios apresentou valores positivos com médias positivas, porém isso é pouco significativo (0,132), provavelmente por estes ocorrerem concentrados em poucas áreas, ou seja, pouco espacializados, dentro do contexto das 785 ottobacias (Figura 51). De toda forma, torna-se um indicador importante para verificar e evidenciar onde mais ocorrem os incêndios.

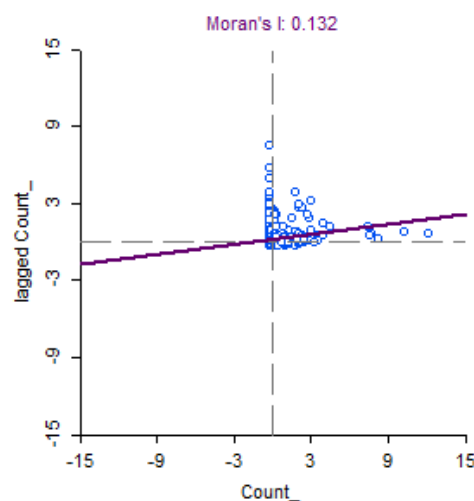


Figura 51 - Diagrama de dispersão do I-Moran Global para a ocorrência de incêndios - 2022

Fonte: A autora (2022).

Com base no LISA, considerando os resultados alto-alto, Figura 52, foi possível verificar quais ottobacias apresentam alta ocorrência de incêndios, juntamente com a circunvizinhança, localizados a noroeste, onde ocorrem as atividades de agricultura e pastagem em larga escala, e a centro-oeste, onde há maior degradação da região do estudo, com ocorrência de solo exposto, agricultura e pastagem em menor escala, em termos quantitativos.

Na região do pantanal, área sul, observa-se que há ocorrência de incêndios, embora de forma local, sem contribuição da região vizinha.

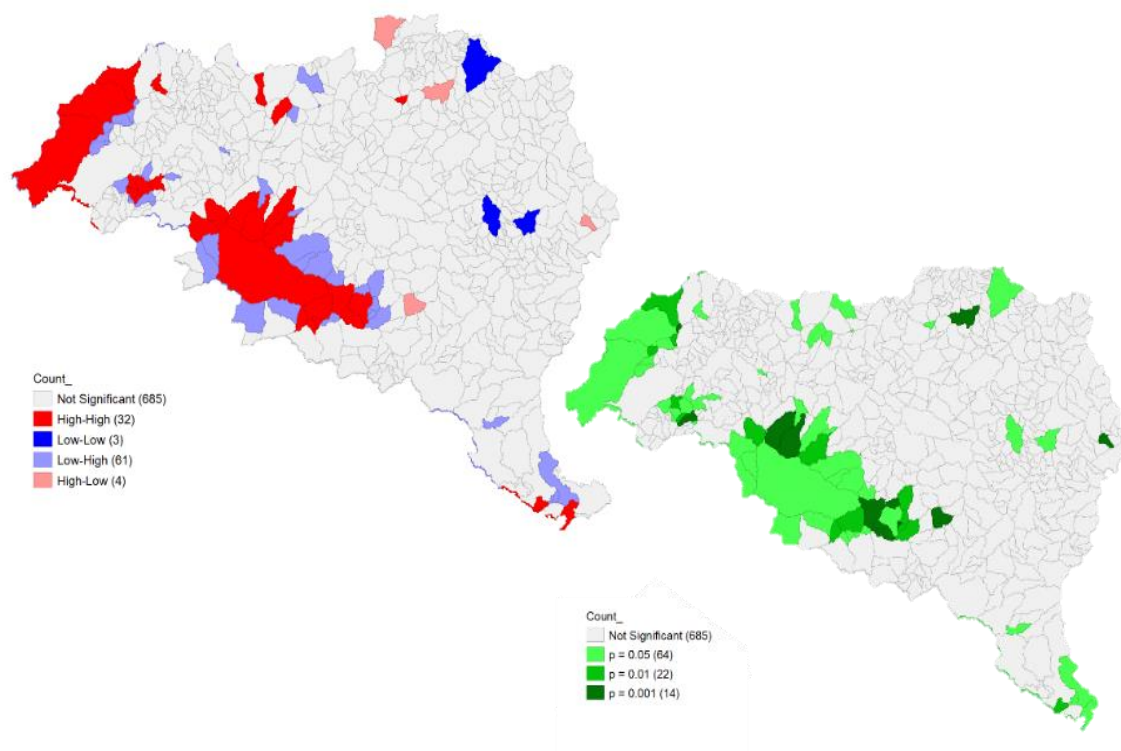


Figura 52 – LISA, análise univariada de ocorrência de incêndios
Fonte: A autora (2022).

Já o I-Moran Global para o NRVI (Figura 53) apresentou valores negativos com médias negativas e um resultado significativo (0,59), demonstrando que há uma autocorrelação espacial positiva (uma localização possui vizinhos com valores semelhantes), ou seja, ottobacias que estejam mais degradadas tendem a possuir vizinhos com as mesmas características e as ottobacias mais preservadas da mesma forma.

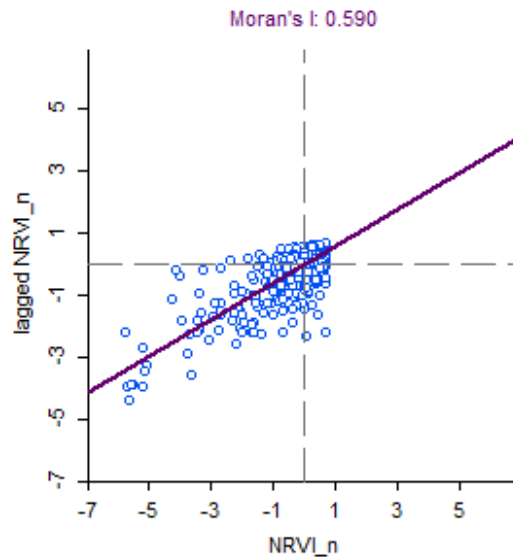


Figura 53 - Diagrama de dispersão do I-Moran Global para o NRVI - 2020
Fonte: A autora (2022).

Ao analisar o LISA, Figura 54, verifica-se que as ottobacias mais preservadas juntamente com seus vizinhos se encontram concentradas na margem esquerda do Rio Pandeiros, especialmente a nordeste, a centro e leste. Já as ottobacias num contexto de degradação ocorrem na porção centro-oeste e noroeste, onde ocorre a agricultura em larga escala.

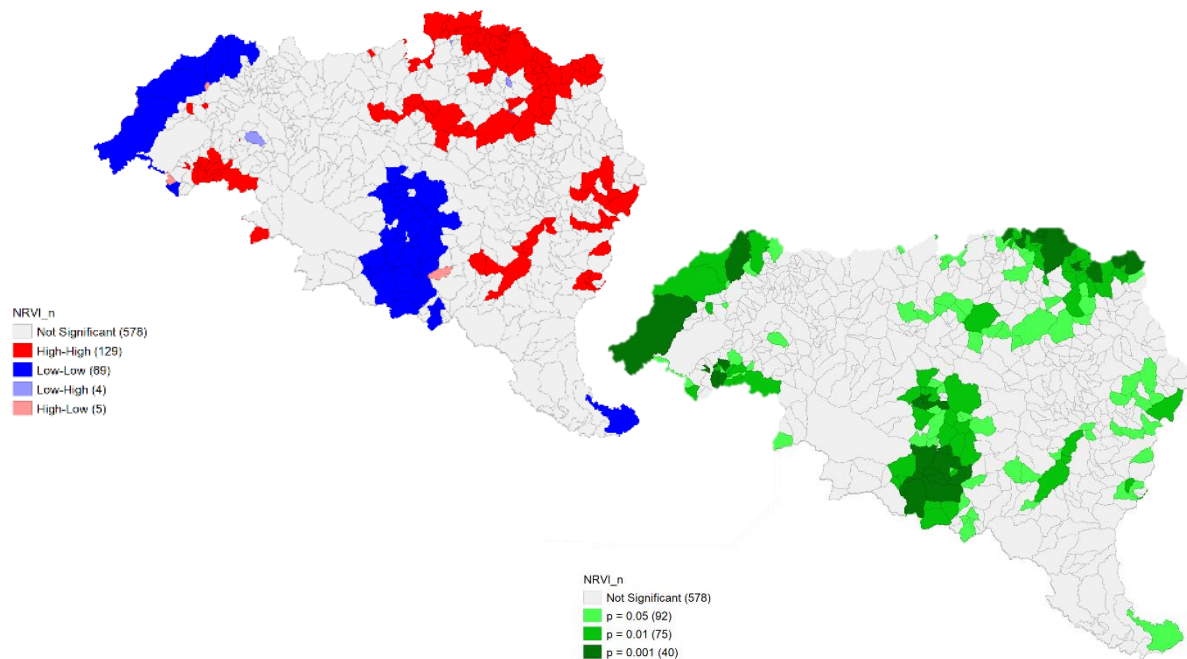


Figura 54 – LISA, análise univariada do NRVI
Fonte: A autora (2022).

Objetivando verificar se há uma correlação espacial entre o NRVI e a ocorrência de incêndios, foi realizada uma análise bivariada, resultando numa autocorrelação espacial negativa (valores negativos com médias positivas), ou seja, quanto mais preservada a ottobacia se encontra, menor o número de ocorrência de incêndios (Figura 55).

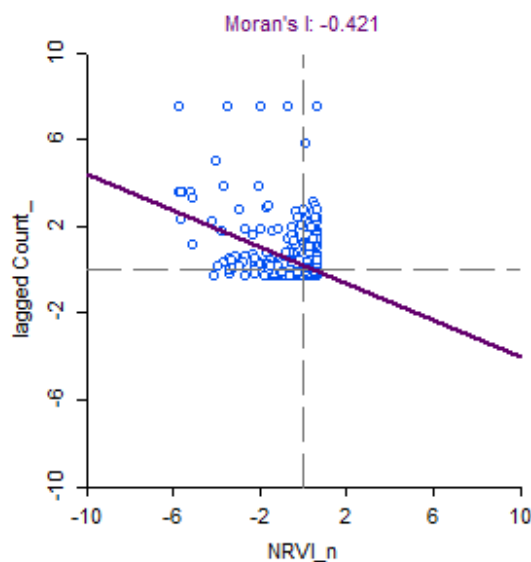


Figura 55 - Diagrama de dispersão do I-Moran Global para a análise bivariada entre NRVI e incêndio - 2020
Fonte: A autora (2022).

Ainda que o I-Moran Global tenha apresentado uma autocorreção espacial negativa, o cálculo do LISA faz sentido, pois o resultado mostra que quanto mais preservada a ottobacia, menor a ocorrência de incêndio, relação esperada para o cenário. Assim, o cálculo do LISA deverá indicar e evidenciar espacialmente os locais onde a correlação ocorre.

Nesse íterim, analisando a Figura 56, denota-se que o NRVI é alto (ottobacia preservada), com ocorrência de incêndio também na porção centro oeste da APARP em região fronteira com a bacia do Rio Pardo e próxima à região onde ocorre a agricultura em larga escala. Conforme demonstrado anteriormente, tal região apresentou resultado de sensibilidade natural, de potencial de preservação ambiental e área de conflito de interesses, caracterizada como uma área de maior conflito. Já as áreas que apresentaram baixo NRVI e alta ocorrência de incêndios (centro-oeste) são caracterizadas pela ocorrência de atividades antrópicas e são coincidentes com os resultados obtidos na

matriz de interesses conflitantes, onde, predominantemente, mostrou-se como área de potencial para expansão de atividades antrópicas. Esse resultado diverge da proposta de zoneamento proposta pelo PM, que a determinou como área de proteção, considerando que a metodologia adotada é diferente da adotada no presente estudo.

Corroborando com a evolução da dinâmica do uso e cobertura da terra constatada nos mapeamentos, principalmente no lado esquerdo da bacia (leste), verifica-se que a maior parte das ottobacias (194) se encontra preservada e com baixa ocorrência de incêndios.

Ao analisar os dados, verifica-se que os resultados obtidos se aproximam da realidade constatada, bem como sugerem que a maioria dos registros de incêndios estão vinculados à atividade de agricultura e pastagem em maior escala, e não à ocorrência da agricultura de subsistência.

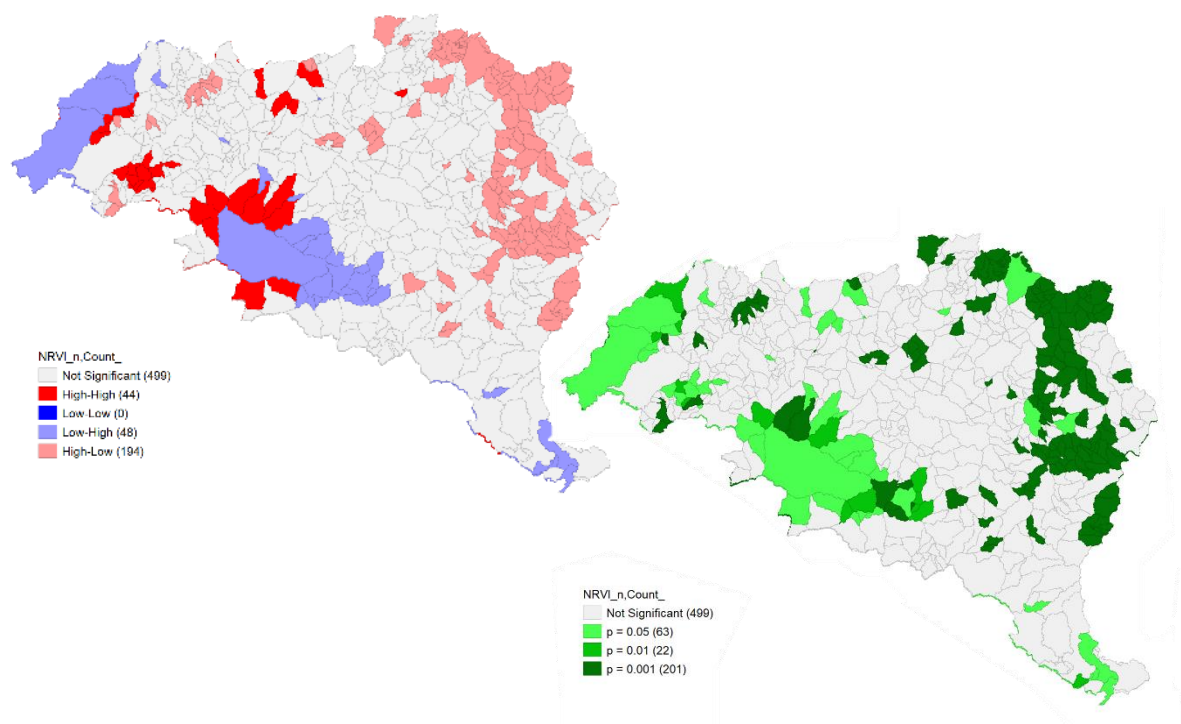


Figura 56 – LISA, análise bivariada entre o NRVI e incêndio
Fonte: A autora (2022).

6. CONCLUSÃO

Com base nas análises integrada e exploratória, que convergem entre si, realizadas com os resultados obtidos, pode-se verificar que o estabelecimento da UC, ferramenta para preservação ambiental de regiões importantes, tem apresentado resultados satisfatórios no que tange à conservação e à regeneração florestal.

Como resultados principais, cita-se a pressão de atividades antrópicas nas áreas de veredas em toda a APARP, bem como no pantanal mineiro; a necessidade de preservação da cabeceira do Rio Pandeiros, que teve seu zoneamento estabelecido no PM como de ocupação rural consolidada e ainda uma persistência das atividades de agricultura e pastagem na região centro-oeste, que podem se configurar como pontos de resistência e expansão para as atividades antrópicas. Assim, caracterizou-se como pontos de maior ameaça a ocorrência de solo exposto, agricultura e pastagem (em pequena e grande escala) e a atividade de agricultura de subsistência no interior das veredas.

Foi possível observar também que a ocorrência de incêndios não está relacionada com as atividades de subsistência que ocorrem na APARP, mas possivelmente com as áreas de ocorrência do uso e cobertura da terra associadas à agricultura e pastagem (em pequena e grande escala) e solo exposto. Entretanto, a ocorrência das atividades de subsistência sem o devido manejo podem se caracterizar como pontos de fragilidade para a preservação das áreas úmidas, conforme se verificou com os resultados obtidos e foi salientado por Oliveira (2021), no que tange à alteração da cobertura vegetal das veredas e, conseqüentemente, comprometimento do serviço de regulação da vazão hídrica característico desse tipo de sistema, que interfere no sistema hidrológico de toda a bacia e por Bahia *et al.* (2009a) no que se refere à a redução da riqueza da florística.

Nesse contexto, conforme exposto por Frota (2013), o ser humano depende do meio ambiente para sobreviver e é indispensável os trabalhos de conscientização socioeconômica e ambiental com as comunidades. É importante que trabalhos socioeconômicos, como o PDSP, sejam implantados continuamente nas comunidades rurais, que tiveram sua fonte de remuneração cerceada com a implantação da APARP, bem como trabalhos de educação ambiental e sanitária, visando à conservação do meio ambiente e da saúde dos moradores. A região tem alto potencial agroextrativista,

conforme exposto no trabalho de Gusmão (2019) e necessita que ações de políticas públicas sejam destinadas a esse mercado promissor.

Outro ponto relevante é o estabelecimento da zona de cabeceira do Rio Pandeiros como de ocupação rural consolidada e a permissão da ocorrência da atividade de agricultura em larga escala. Conforme demonstraram os resultados, tal área apresenta alto potencial de preservação ambiental, indicando-se sua revisão no PM em consonância com as ponderações expostas ao longo do documento.

Verificou-se que as metas estabelecidas no PM, de conservação do meio ambiente, da beleza cênica e das atividades sustentáveis das comunidades locais, têm sido, de certa forma, cumpridas. Nesse viés, observou-se a necessidade de implementação de ações direcionadas ao desenvolvimento socioeconômico dessas comunidades, considerando a difícil realidade econômica e a preservação ambiental já constatada.

A situação econômica dessas comunidades torna-se de grande relevância para continuar garantindo a preservação da cobertura vegetal constatada pelo estudo, pois, pela educação, manejo e investimento em atividades de subsistência e extrativista, pode-se fortalecer as medidas de conservação do território e de toda a sua riqueza biológica. Uma vez que a escassez se torna fator de sobrevivência, os aspectos ambientais tornam-se secundários, tornando-se uma ameaça ao ecossistema. A partir daí, ocupações descontroladas, sem planejamento e visão sustentável podem ocorrer, trazendo retrocessos ao avanço já obtido.

Pode-se entender que o território está em um bom momento para a implementação de políticas públicas de viés econômico e sustentável para garantir o futuro sustentável da região, conforme proposto no PM, principalmente dos programas de integração com os moradores locais, que preveem ações de relações públicas, incentivo às alternativas de desenvolvimento e cooperação institucional, e o programa de uso público, que prevê atividades de recreação, ecoturismo e educação ambiental.

Com base na pesquisa realizada, com a qual foi possível indicar os locais para a ocorrência de atividades de subsistência, indica-se a possibilidade de aprofundamento de quais atividades podem ser mais indicadas e como (principalmente se ocorrerem nas veredas), para nortear a aplicação de investimentos públicos e o desenvolvimento de pesquisas com levantamento de dados primários, que possam aprofundar na análise,

correlação direta e entendimento de quais fatores estão contribuindo com a degradação das *ottobacias*.

Assim, os objetivos propostos para o desenvolvimento da pesquisa foram atingidos, entendendo-se qual é a melhor forma de ocupação das áreas da UC, considerando as variáveis ambientais, as potencialidades de cada área e ocupação antrópica, no pêndulo do desenvolvimento sustentável e trazendo mais elementos para a melhoria do PM da APARP.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A conservação e preservação florestal se caracterizam por um conjunto de ações adotadas para a restauração e proteção de um ecossistema, no qual as interferências humanas tornam-se mínimas (VALENTE, 2005).

Segundo Bezerra *et al.* (2018), alguns dos grandes desafios que se colocam hoje para o SNUC são a efetiva implantação e gestão das UCs e o cumprimento dos seus objetivos. O PM é uma ferramenta essencial para melhor gestão do território, principalmente porque considera a participação social, os aspectos socioambientais e locais do território, numa visão integrada. Entretanto, pode apresentar resultados melhores e otimizados com a contribuição de análises geoespaciais e estatísticas, conforme proposto no presente estudo.

Verifica-se que as análises geoespaciais podem integrar estudos ambientais, como PM e Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e os resultados alcançados contribuem sobremaneira, ao conferir maior assertividade nos planejamentos e processos de regularização ambiental.

A UC alvo de estudo, caracterizada como de uso sustentável, traz muitas possibilidades de discussão, principalmente no que tange ao conflito de interesses no uso da terra. Conforme exposto por Drummond, Franco e Silva (2010) a complexidade do sistema cresce exponencialmente com a extensão dos espaços a serem geridos, desafio que foi caracterizado na APARP.

Ressalta-se que o objetivo da APARP, em síntese, perpassa a proteção das áreas úmidas (veredas e região pantanosa) e implementação do desenvolvimento sustentável da região por meio de atividades extrativistas, agricultura de subsistência, turismo ecológico e sustentável, tendo em vista que as fraquezas constatadas estão relacionadas principalmente com a falta de manejo, fiscalização, organização e planejamento territorial.

Apesar disso, pode-se dizer que a APARP vem cumprindo seu papel de contribuição do desenvolvimento das comunidades locais e, considerando as atividades que lá ocorrem como agricultura de subsistência, devem ser alvo de mais investimento e se alinharem às metas da CDB, no que tange à conservação do bioma cerrado (DRUMMOND; FRANCO; SILVA, 2010).

Coube também como papel da dissertação avaliar se a agricultura de subsistência tem apresentado impacto relevante de tal forma que seja insustentável. Todavia, com o estudo, pôde-se perceber que esse tipo de atividade apresenta impactos locais que devem ser monitorados com suporte técnico para que não haja a supressão local de ambientes como esses.

Salienta-se a importância de criação de UCs de uso sustentável para garantir uma proteção suplementar e para possibilitar a conectividade entre as áreas de proteção integral (DRUMMOND; FRANCO; SILVA, 2010), caso já caracterizado na APARP, uma vez que está inserida no projeto do Mosaico Sertão Veredas-Peruaçu.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACEVEDO, L. E. D.; SAUTTER, K. D.; MICHALISZYN, M. S. **A proteção ambiental, as unidades de conservação públicas do estado do Paraná – Brasil e as contribuições das organizações não governamentais.** 2013. Revista Brasileira de Ciências Ambientais – Nº 27. ISSN Impresso 1808-4524 / ISSN Eletrônico: 2176-9478.
- BAHIA, T. O. de; LUZ, G. R. da; BRAGA, L. L.; MENINO, C. O.; NUNES, Y. R. F.; VELOSO, M. D. M.; NEVES, W. V.; SANTOS, R. M. 2009a. **Florística e fitossociologia de veredas em diferentes estágios de conservação na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais.** MG Biota, Belo Horizonte, v 2, n 3, 2009.
- BAHIA, T. O. de; LUZ, G. R. da; VELOSO, M. D. M.; NUNES, Y. R. F.; NEVES, W. V.; BRAGA, L. L.; LIMA, P. C. V. de. 2009b. **Veredas na APA Rio Pandeiros: importância, impactos ambientais e perspectivas.** MG Biota, Belo Horizonte, v 2, n 3, 2009.
- BARBOSA, I. S. **Classificação e caracterização dos ambientes de terras úmidas do Refúgio da Vida Silvestre do Rio Pandeiros, a partir do uso de imagens Ikonos.** 2010. 78f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.
- BARBOSA, L. A.; GARNÉS, S. J. A.; SANABRIA, P. L. A.; FERNANDES, V.; SANTOS, C. R. B. **Quantificação e identificação de vegetação arbórea de cordilheiras do Pantanal do Negro, MS, por meio de amostragem em campo e classificação de imagem do satélite Quick Bird.** 2009. Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 720-729.
- BETHONICO, M. **Rio Pandeiros: território e história de uma área de proteção ambiental no norte de Minas Gerais.** Revista ACTA Geográfica, 23–38. <https://doi.org/10.5654/actageo2009.0305.0002>, 2009.
- BERTOLDO, A. L. **Comportamento estrutural dos supergrupos São Francisco e Espinhaço e do embasamento, entre a Serra do Espinhaço Setentrional e as Serras de Monte Alto (BA) e Central (MG).** 1993. 87p. Tese (Doutorado). Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- BEZERRA, G. S. C. L.; CARVALHO, R. M. C. M. O.; LYRA, M. R. C. C.; FRUTUOSO, M. N. M. A.; BRANDÃO, S. S. F. 2018. **Política pública e o desafio da participação social na gestão de unidade de conservação.** DOI: 10.15628/holos.2018.4486.
- BONNET, B. R. P.; FERREIRA, L. G.; LOBO, F. C. **Sistema de Reserva Legal Extra-Propriedade no Bioma Cerrado: uma análise preliminar no contexto da bacia hidrográfica.** Revista Brasileira de Cartografia, v.58, n.2, 2006.
- BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. **Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF.
- _____. Decreto Federal nº 86.146, de 23 de junho de 1981. **Dispõe sobre a criação do Programa Nacional para aproveitamento de várzeas irrigáveis – Provárzeas Nacional.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF.
- _____. Constituição (1988). **Constituição [da] República Federativa do Brasil.** Brasília, DF: Senado Federal.

_____. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF.

_____. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006. **Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF.

_____. Decreto nº 6.040, de 07 de fevereiro de 2007. **Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF.

_____. **Sistema de Cadastro Ambiental Rural.** Disponibilizado em: <https://www.car.gov.br/publico/imoveis/index>. Acesso em: 05 set 2021.

CÂMARA, G. E MEDEIROS, C. M. 1998. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais.** INPE, São José dos Campos, Brasil, 195p.

CHIVIAN, E. E BERNSTEIN, A. **Sustaining Life: How Human Health Depends on Biodiversity.** 2008. New York: Oxford University Press, 2008. 568 pp.

COSTA, A. C. G. E MURATA, A. T. **A problemática socioambiental nas Unidades de Conservação: conflitos e discursos pelo uso e acesso aos recursos naturais.** 2015. Sustentabilidade em Debate – Brasília, v. 6, n. 1, p. 86-100, 2015.

COUTO, T. F.; FONSECA, B. M. **Dinâmica do Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros/MG.** Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2019, Santos – SP.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M. SEBAIO, F. A; ANTONINI, Y. 2005. **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação.** 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 222p.

DRUMMOND, J. A; FRANCO, J. L. A; SILVA, D. O. **Uma análise sobre a história e a situação das Unidades de Conservação no Brasil.** 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/303538670_Uma_Analise_sobre_a_Historia_e_a_Situacao_das_Unidades_de_Conservacao_no_Brasil. Acesso em: 15/05/2021

EASTMAN, J.R. **IDRISI Selva Tutorial – Manual version 17.** Clark Labs in Clark University, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 5ª Edição - Brasília, DF. 2018

FAGUNDES, N. C. A; FERREIRA, E. J. **Veredas (Mauritia Flexuosa palm swamps) in the southeast Brazilian savana: Floristic and structural peculiarities and conservation status.** 2016. Neotropical Biology and Conservation. 11 (3): 178-183. DOI: 10.4013/nbc.2016.113.07

FARINHA, M. J. U. S; SILVA, L. F. da; BERNADO, L. V. M. **O estado da arte das Unidades de Conservação como instrumento de preservação da Biodiversidade Brasileira.** Revista Espacios. Vol. 38 (nº 07). 2017.

FONSECA, B.M. **Conceitos e Práticas de Geodesign Aplicados ao Ordenamento Territorial do Município de São Gonçalo do Rio Abaixo.** 2015. 224p. Tese (Doutorado) – Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais. 2015.

FONSECA, L. M. G. **Processamento digital de imagens.** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p

FROTA, R. C. **A influência da política pública ambiental como promotora do desenvolvimento: a experiência do Projeto de Desenvolvimento Sustentável do Pandeiros, município de Januária – MG.** 2013. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Econômicas, Programa de Pós-Graduação e, Desenvolvimento Rural, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS – CETEC. **2º Plano de desenvolvimento integrado do Noroeste Mineiro: recursos naturais.** Belo Horizonte, 1981.

GUSMÃO, Y. J. P. **Agroextrativismo, comunidades tradicionais e os desafios na comercialização dos produtos: Januária, norte de Minas Gerais.** 2019. 82f. Dissertação (Mestrado em Sociedade, Ambiente e Território) – Universidade Federal de Minas Gerais e Unimontes, 2019.

HACK, J. T. Stream-profile analysis and stream-gradient index. **Journal of Research of the United States Geological Survey** v. 1, n. 4, p. 421-429, 1973.

HASSLER, M. L. **A importância das Unidades de Conservação no Brasil.** Sociedade & Natureza, v. 17, n. 33, 2005.

HOUGHTON, R. A. **The Worldwide Extent of Land-use Change.** BioScience v. 44, n. 5, p. 305–313, 1994.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico ano 2000 e ano 2010.** Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?z=cd&o=2&i=P&c=200>>. Acesso em: 16 de maio de 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental Estadual do Rio Pandeiros.** Belo Horizonte, MG, 2019.

JENSEN, John R. **Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective.** Minneapolis: Pearson Prentice Hall, 2009. 592 p.

LIMA, A. C. P., AUGUSTIN, C. H. R. R., OLIVEIRA, D. A. **Distribuição espacial de voçorocas e sua relação com o relevo em escala de bacia para fins de amostragem: Rio Pandeiros-MG.** XVIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. 2019.

LIMA, D. R.M, DLUGOSZ, F.L.; IURK, M. C.; PESCK, A. 2017. **Uso de NDVI e SAVI para caracterização da cobertura da terra e análise temporal em imagens RapidEye.** Revista Espacios. ISSN 0798 1015. Vol. 38 (Nº 36) Año 2017.

LUIZ, C. H. P. **Modelagem da cobertura da terra e análise da influência do reflorestamento na transformação da paisagem: Bacia do Rio Piracicaba e Região Metropolitana do Vale do Aço.** 2014. Universidade Federal de Minas Gerais. Dissertação de Mestrado: 140 p.

MALCZEWSKI, J. **GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature.** International Journal of Geographical Information Science v. 20, n. 7, p. 703–726, 2006.

MARINONI, O. e HOPPE, A. **Using the analytical hierarchy process to support sustainable use of geo-resources in metropolitan áreas.** Systems Engineering Society of China & Springer: 15(2): 154-164 – DOI: 10.1007/s11518-006-5004-8, 2006.

MAS, J. F., KOLB, M., PAEGELOW, M., OLMEDO, M. T. C., HOUET, T.I. **Modelling Land use / cover changes: a comparison of conceptual approaches and softwares.** Environmental Modelling and Software, v. 51, p. 94–111, 2014.

MENDONÇA, D. S. & MAGALHÃES, S. C. M. 2015. **Realidade socioeconômica e ambiental de comunidades tradicionais de vereadores da APA do Rio Pandeiros, Norte de Minas Gerais**. In: Anais do XI Encontro Nacional ANPEGE. P.6082-6093.

MENDONÇA, D. S. de; MAGALHÃES, M. O. A. ALVES, M. O. **Saneamento básico e a invisibilidade humana na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros – MG**. In: XIII ENANPEGE, 2019, São Paulo, 13p.

MINAS GERAIS. Lei nº 11.901, de 1995. **Declara de Proteção Ambiental as áreas de interesse ecológico situadas na Bacia Hidrográfica do Rio Pandeiros**.

_____. Lei nº 9.682, de 12 de outubro de 1988. **Altera a ementa e o artigo 1º da Lei nº 9.375, de 12 de dezembro de 1986, que declara de interesse comum e de preservação permanente os ecossistemas das veredas do vale do Rio São Francisco e dá outras providências**.

_____. Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013. **Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado**.

MOURA, A. C. M. e JANKOWSKI, O. **Contribuições aos estudos de análises de incertezas como complementação às análises multicritérios**. 2016. Revista Brasileira de Cartografia (2016), N0 68/4, Edição Especial Geoinformação e Análise Espacial: 665-684. Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto.

MOURA, A. C. M.; MAGALHÃES, D. M.; PARIZZI, M. G. 2011. **Vocações e conflitos de interesse na ocupação do território da Região Metropolitana de Belo Horizonte – Apoio ao Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado – PDDI**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.0690

NEVES, W. V. **Avaliação da vazão em bacias hidrográficas com veredas, em diferentes estádios de conservação, na APA do Rio Pandeiros – MG**. 2011. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros, 2011.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

NUNES, Y.R.F.; AZEVEDO, I.F.P.; NEVES, W.V.; VELOSO, M.D.M.; SOUZA, R.A.; FERNADES W. **Pandeiros: o Pantanal Mineiro**. MG Biota, Belo Horizonte, v 2, 2009.

OLIVEIRA, D.A. de. **“Wetland” como unidade hidrogeomorfológica no contexto de transição entre o Cerrado e o Semiárido Mineiro: análise da dinâmica do Pantanal da bacia de drenagem do rio Pandeiros-MG**. 2021. 418 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

OLIVEIRA, D.A. de; AUGUSTIN, C.H.R.R.; FONSECA, B.M. **Proposta de mapeamento e delimitação dos domínios geomorfológicos da bacia hidrográfica do rio Pandeiros-MG**. Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento, n. c, p. 6253–6262, 2017.

PIMENTA, L. B; BELTRÃO, N. E. S; GEMAQUE, A. M. S; TAVARES, P. A. **Processo Analítico Hierárquico (AHP) em ambiente SIG: temáticas e aplicações voltadas à tomada de decisão utilizando critérios espaciais**. 2019. Interações (Campo Grande), vol 20, no 2. Campo Grande. DOI: 10.20435/inter.v20i2.1856.

RAFFO, J. G. G. 2012. **O Processo Analítico Hierárquico e seu uso na modelagem do espaço geográfico**. Revista do Departamento de Geografia – USP, vEsp, p 26-37.

- ROCHA, N. A., CASAGRANDE, P. e MOURA, A. C. M. **Análise combinatória e pesos de evidência na produção de análise de multicritério em modelos de avaliação.** *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*. Universidad Nacional de Luján, Argentina. Luján, 2018.
- ROSA, M.; KNUDSEN, M. T.; HERMANSEN, J. E. **A comparison of Land Use Change models: challenges and future developments.** 2016. *Journal of Cleaner Production* 113 - 2016 - 183 e 193.
- ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto.** 7ª Edição da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2009, 264p.
- ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEEERING, D.W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite).** In: PROCEEDINGS OF THE THIRD ERTS SYMPOSIUM, SP-351 Goddard Space Flight Center, 1973, Washington: NASA, 1973, p. 309–317.
- SAATY, T. L. 2008. **Decision making the analytic hierarchy process.** *Ins, J, Serices Scientes*, Vol. 1, No 1
- SAMPAIO, T. V. M. e AUGUSTIN, C. H. R. R. 2014. **Índice de Concentração da Rugosidade: Uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v15, nº 1 (2014).
- SANTOS, A. R.; PELUZIO, T.M.O; SAITO, N. S.2010. **Spring 5.1.2 – Passo a passo: Aplicações práticas.** Alegre, ES, 2010.
- SCHOORL, J.M. E VELDKAMP A. **Linking land use and landscape process modelling: a case study for the Álora region (south Spain).** 2001. Laboratory of Soil Science and Geology, Department of Environmental Sciences, Wageningen University, The Netherlands, 2001.
- SILVA, J. R. **Conformidades e conflitos ambientais no município de Ouro Preto com apoio à gestão e planejamento municipal.** 2012 Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.
- SILVA, N. L. **Mapeamento e análise multitemporal da cobertura do solo do município de São Thomé das Letras.** 2014. Monografia (Especialização em Geoprocessamento). Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.
- SOARES-FILHO, B S.; RODRIGUES, H.; FOLLADOR, M. **A hybrid analytical-heuristic method for calibrating land-use change models.** *Environmental Modelling & Software* v. 43, p. 80–87, 2013.
- SOESBERGEN, A. V., **A review of land-use change models.** United Nations Environment Programme, abril, 2016
- STOMPH, T. J.; FRESCO, L. O.; KEULEN, H. V. **Land use system evaluation: concepts and methodology.** *Agricultural Systems* v. 44, p. 243–245, 1994.
- TOFETI, A. R. **Unidades de Conservação: a meta síntese da política pública ambiental brasileira.** 2015. *Sustentabilidade em Debate – Brasília*, v 6, n 2, p 294-296. DOI:10.18472/SustDeb.v6n2.2015.15604.
- TOMLIN, C. D. **Map Algebra: one perspective.** 1994. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/references/tomlin_map_algebra.pdf. Acesso em: 05 de fevereiro de 2022.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. **Projeto Fronteiras de Minas Gerais.** Programa Mapeamento Geológico do Estado de Minas Gerais, 2015.

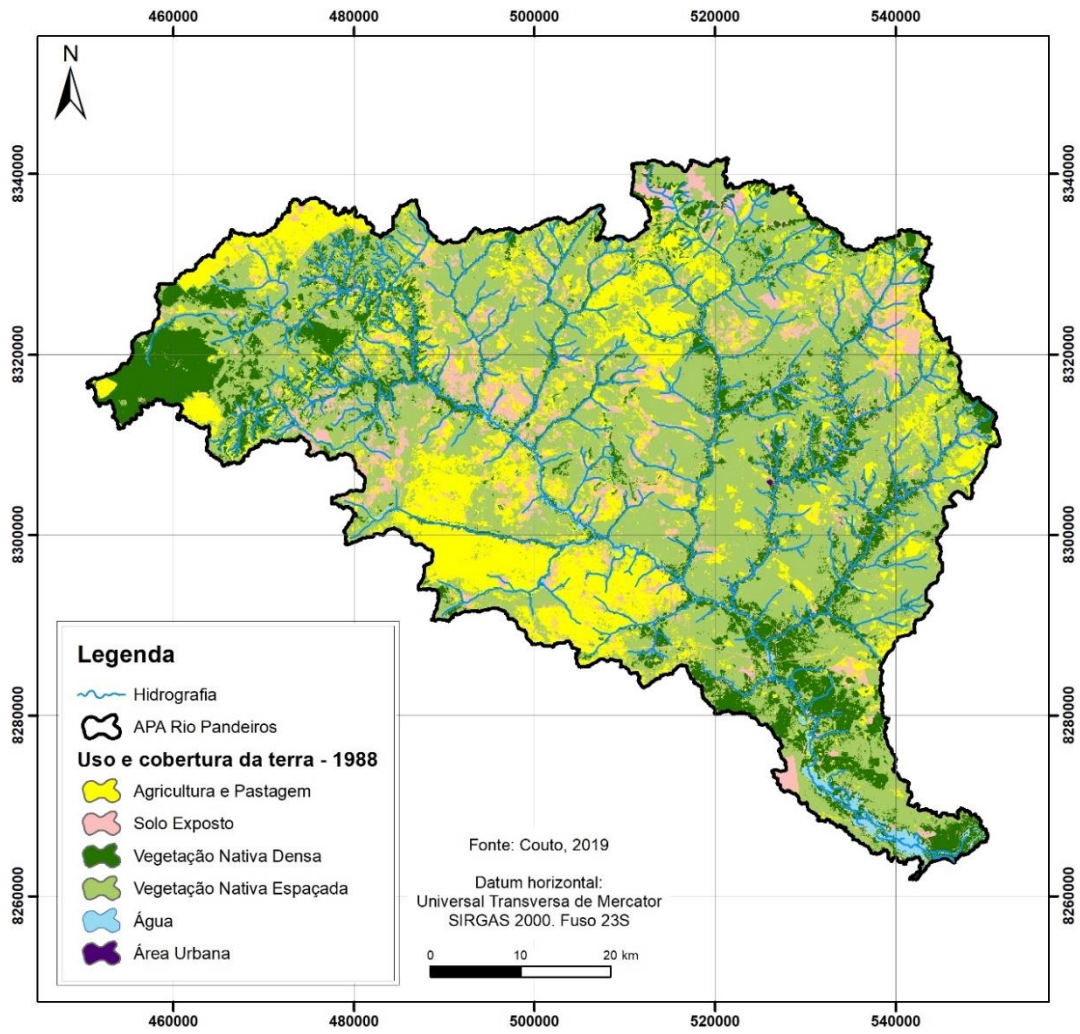
VALENTE, R.O.A. **Definição de Área Prioritárias para Conservação e Preservação Florestal por meio da Abordagem Multicriterial em Ambiente SIG.** 121 p. Tese de doutorado em Recursos Florestais, com opção em Conservação de Ecossistemas Florestais. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

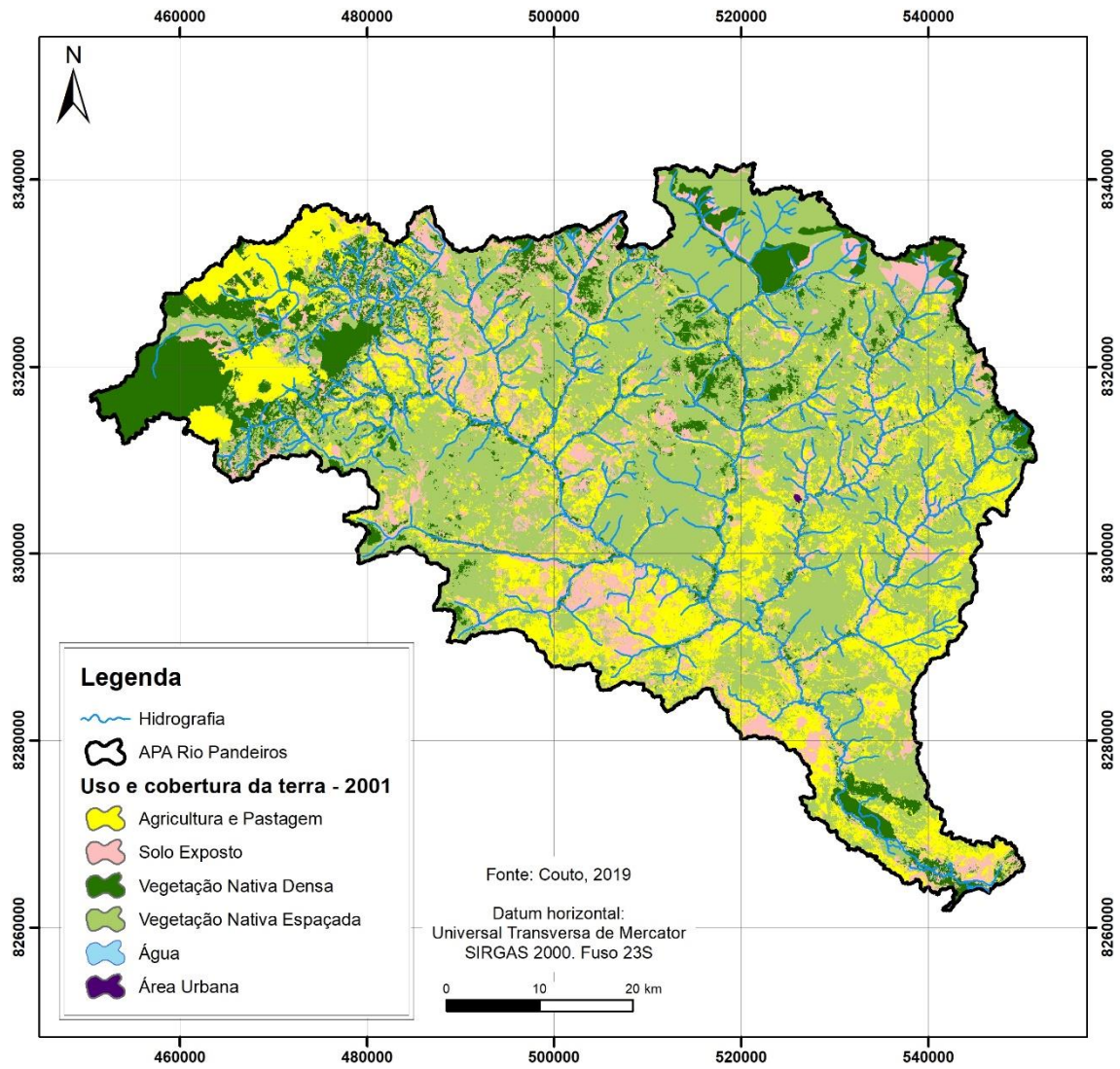
VELOSO, M. D. M, BRASIL, M. C. O., FILHO, R. M., LEITE, M. E., FRAZÃO, L. A., SILVA, J. W. V, SANTO, M. M. 2021. **Dinâmica Espaço-Temporal da Cobertura e Uso do Solo em Unidades de Conservação no Norte de Minas Gerais, Brasil, entre 1986 e 2015.** Biodiversidade Brasileira, 12(2): 1-13, 2022. DOI: 10.37002/biobrasil.v12i2.2032.

ZYNGIER, C. M. **Paisagens possíveis: Geoprocessamento na análise da ação de agentes modeladores das paisagens urbanas dos bairros Santa Lúcia e Vale do Sereno.** 2012. Dissertação (Mestrado) - Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

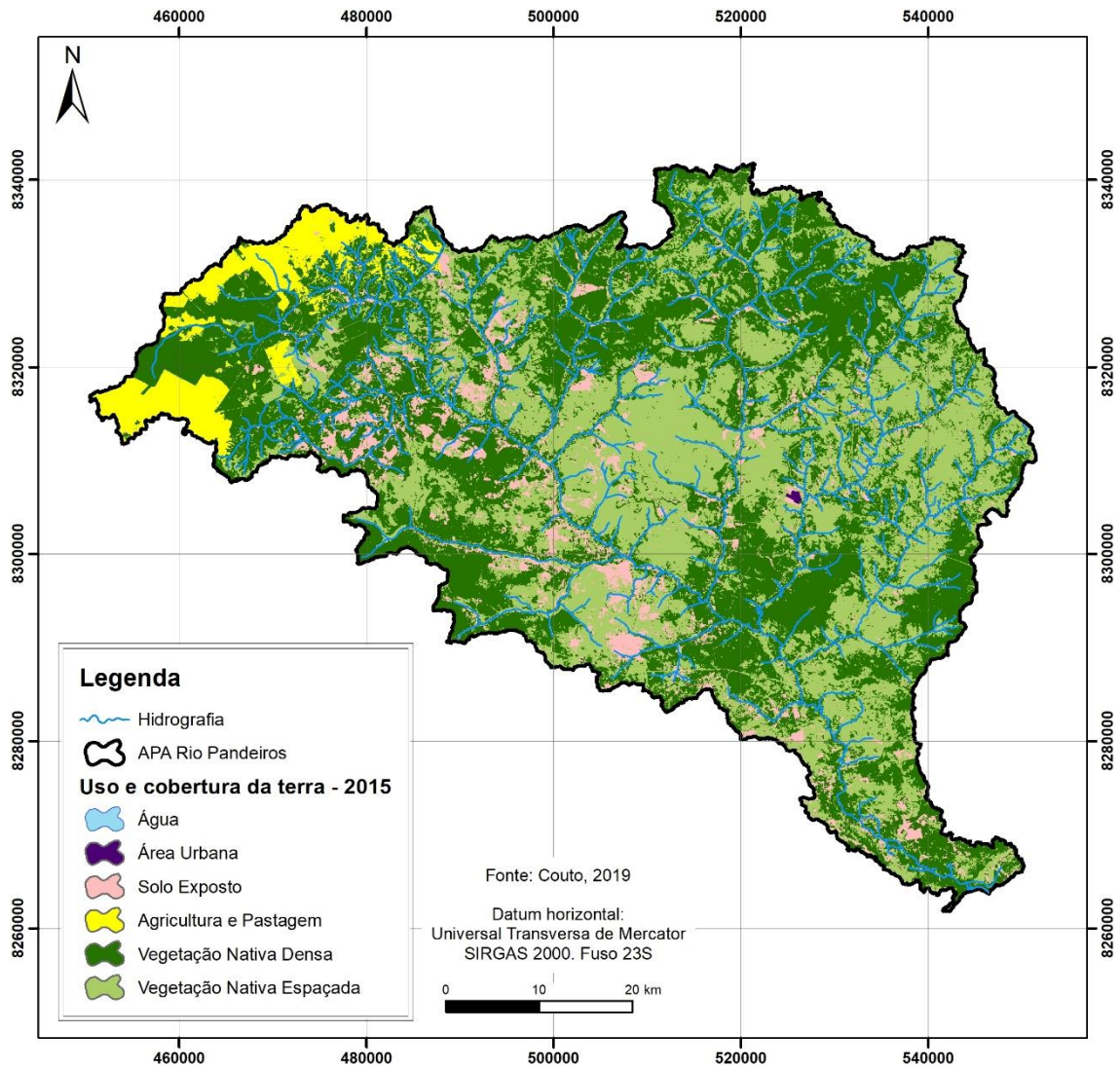
9. ANEXO

ANEXO I – MAPA DO USO E COBERTURA DA TERRA DOS ANOS DE 1988, 2001, 2011 E 2015









ANEXO II – EVOLUÇÃO QUANTITATIVA DAS CLASSES DE USO E COBERTURA DA TERRA NOS ANOS DE 1988, 2001, 2011, 2015 E 2020

Classe	1988		2001		2011		2015		2020	
	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%	Area (ha)	%
Agricultura e pastagem	81161,13	20	86158,26	22	56248,17	14	19578,90	5	18259,37	5
Água	6501,29	2	1882,65	0	7377,53	2	39,29512	0	719,56	0
Área urbana	32,94	0	51,95	0	72,30	0	139,68	0	232,76	0
Solo exposto	34421,15	9	58379,62	15	70438,97	18	28981,18	7	7036,11	2
Vegetação nativa densa	72176,50	18	55633,14	14	51036,51	13	192547,50	49	301752,10	76
Vegetação nativa espaçada	201744	51	193931,4	49	210863,5	53	154750,4	39	68037,04	17

ANEXO III – MATRIZ DE CONFUSÃO DA CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA NO ANO DE 2020

	agua	agri_past_	sol_exp	veg_densa_	veg_densa_	veg_densa_	veg_esp	agri_past_	agri_past_	Abstencao	Soma lin.
agua	3633 5.05%	27 0.04%	88 0.12%	31 0.04%	17 0.02%	17 0.02%	43 0.06%	0 0.00%	8 0.01%	0 0.00%	3864
agri_past_	0 0.00%	5909 8.22%	112 0.16%	0 0.00%	0 0.00%	2 0.00%	596 0.83%	2 0.00%	215 0.30%	0 0.00%	6836
sol_exp	7 0.01%	92 0.13%	3936 5.47%	0 0.00%	14 0.02%	83 0.12%	59 0.08%	1 0.00%	58 0.08%	0 0.00%	4250
veg_densa_	2 0.00%	0 0.00%	5 0.01%	8850 12.31%	1400 1.95%	26 0.04%	49 0.07%	0 0.00%	4 0.01%	0 0.00%	10336
veg_densa_	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	769 1.07%	22492 31.28%	26 0.04%	231 0.32%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	23518
veg_densa_	67 0.09%	48 0.07%	0 0.00%	171 0.24%	299 0.42%	15325 21.31%	202 0.28%	48 0.07%	38 0.05%	0 0.00%	16198
veg_esp	0 0.00%	272 0.38%	24 0.03%	0 0.00%	4 0.01%	11 0.02%	3433 4.77%	0 0.00%	153 0.21%	0 0.00%	3897
agri_past_	0 0.00%	43 0.06%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	2213 3.08%	0 0.00%	0 0.00%	2256
agri_past_	0 0.00%	16 0.02%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	0 0.00%	78 0.11%	0 0.00%	662 0.92%	0 0.00%	756
Soma col.	3709	6407	4165	9821	24226	15490	4691	2264	1138	0	71911

	Exatidão do produtor	Exatidão do usuário
agua	97.95%	94.02%
agri_past_	92.23%	86.44%
sol_exp	94.50%	92.61%
veg_densa_	90.11%	85.62%
veg_densa_	92.84%	95.64%
veg_densa_	98.93%	94.61%
veg_esp	73.18%	88.09%
agri_past_	97.75%	98.09%
agri_past_	58.17%	87.57%

Desempenho geral: 92.41 %

Confusão média: 7.59 %

Abstenção média: 0.00 %

Estatística KHAT: 90.54 %

Variância KHAT: 1.502e-06

Estatística TAU: 91.46 %