

FELLIPE FAZIONATO PACHECO

**FRAGILIDADE AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE
PLANEJAMENTO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: O CASO DA APA
SERRA DA PIEDADE – MG**

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

Orientador: José Flávio Morais Castro

**VIÇOSA – MINAS GERAIS
2021**

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

T

P116p
2021 Pacheco, Fellipe Fazionato, 1988-
Fragilidade ambiental como instrumento de planejamento
em unidades de conservação: o caso da APA Serra da Piedade –
MG / Fellipe Fazionato Pacheco. – Viçosa, MG, 2021.
1 dissertação eletrônica (101 f.): il. (algumas color.).

Orientador: José Flávio Morais Castro.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Geografia, 2021.
Referências bibliográficas: f. 94-101.
DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.021>
Modo de acesso: World Wide Web.

1. Geomorfologia - Minas Gerais. 2. Sistemas de
informação geográfica. 3. Vegetação - Mapeamento. 4. Gestão
ambiental. 5. Solo - Uso - Planejamento. 6. Relevo (Geografia).
7. Piedade, Serra da (MG). I. Castro, José Flávio Morais.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Geografia.
Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

CDD 22. ed. 551.41098151

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fátima Alves CRB6/2578

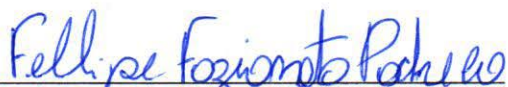
FELLIPE FAZIONATO PACHECO

**FRAGILIDADE AMBIENTAL COMO INSTRUMENTO DE
PLANEJAMENTO EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO: O CASO DA APA
SERRA DA PIEDADE – MG**

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

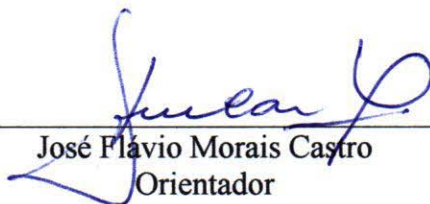
APROVADA: 12 de julho de 2021.

Assentimento:



Felipe Fazonato Pacheco

Autor



José Flavio Morais Castro

Orientador

Este trabalho é dedicado a Dejair de Almeida Pacheco (in memoriam), por tudo que fez por mim. Pai, você sempre estará presente na minha vida!

Te amo muito.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, minha mãe Ana Maria, a minha irmã Mayara e ao meu pai Dejair de Almeida Pacheco no qual esse trabalho é dedicado, pela disposição de me ajudar em todos os momentos difíceis dessa jornada.

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

Agradeço à Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Geografia, pela confiança em meu trabalho, agradeço a todos os professores do Programa de Pós-graduação em Geografia, principalmente aos membros da banca, prof. Edson Soares Fialho, prof. Wagner Barbosa Batella e prof. Charlei Aparecido da Silva. Agradeço ao prof. André Luiz Lopes de Faria pela disponibilização do Laboratório de Geomorfologia, no qual utilizei para grande parte das análises desse trabalho. Agradeço a Patrícia dos Santos Bernardo, secretária do Programa de Pós-graduação em Geografia, por todo suporte que me foi oferecido durante o período do curso. Agradeço aos meus colegas do mestrado, pelo companheirismo e pela amizade, de forma especial a todos que, de alguma maneira, contribuíram para realização desse trabalho.

Agradeço, de forma especial, ao meu orientador, Prof. Dr. José Flávio Morais Castro, pelo auxílio e direcionamento no desenvolvimento desta pesquisa e pelos ensinamentos adquiridos. Por fim, agradeço a todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram na realização desse trabalho.

RESUMO

PACHECO, Fellipe Fazionato, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2021. **Fragilidade ambiental como instrumento de planejamento em unidades de conservação: o caso da APA Serra da Piedade – MG.** Orientador: José Flávio Morais e Castro.

Este trabalho teve por objetivo analisar a fragilidade ambiental da Área de Proteção Ambiental (APA) Serra da Piedade, localizada no Município de Visconde do Rio Branco, no Estado de Minas Gerais. Situada na zona de transição entre as áreas rebaixadas da Zona da Mata mineira e o relevo montanhoso da Serra da Mantiqueira, o relevo apresenta fatores que influenciam a vulnerabilidade a fragilidade ambiental. A pesquisa teve como embasamento teórico a proposição dos Geossistemas de Sotchava, 1963; Tricart, 1965; Bertrand, 1968. A base metodológica consistiu em uma análise multicriterial fundamentada nos trabalhos de Ross de 1994 e Crepani et al. (2001), que ponderam as variáveis de declividade, geomorfologia, uso da terra e precipitação. Utilizando-se o *software* de geoprocessamento *ArcGis*[®], foi realizada uma análise espacial por meio dos recursos de álgebra de mapas e pela integração dos critérios pela soma simples e divisão pelo número de variáveis, obtendo-se a fragilidade, que gerou o Mapa de Fragilidade Potencial (MFP). O Mapa de Fragilidade Emergente (MFE) foi obtido a partir da sobreposição do mapa resultante da Fragilidade Potencial (MFP) e do mapa temático com os valores estabelecidos para as diferentes classes de uso e ocupação da terra. Os resultados mostram que mais 79% da sua área é classificada com Fragilidade Potencial de média a muito alta e 19,96% são classificados com Fragilidade Potencial baixa ou muito baixa. Para o MFE, que leva em consideração as atividades humanas sobre o ambiente, os resultados mostram que mais 75% da sua área é classificada com Fragilidade Potencial de média a muito alta e cerca de 24% são classificados com Fragilidade Potencial baixa ou muito baixa. Os processos de dissecação do relevo na área do geossistema, que é a dimensão do espaço terrestre onde os diversos componentes naturais encontram-se em conexões sistêmicas uns com os outros, tem relação direta com as áreas de alta fragilidade, mas o impacto das atividades humanas faz total diferença na evolução da paisagem, como mostra o mapa de Fragilidade Emergente. Os modelos produzidos no trabalho geraram informações importantes para o planejamento ambiental e territorial da Área de Proteção Ambiental Serra da Piedade, assim como para outras áreas afins, possibilitando o uso adequado da terra, junto a proteção do ambiente, além também de possibilitar um zoneamento acessível, de fácil aplicação e fácil atualização, que gera para os órgãos responsáveis uma ferramenta eficaz, para o monitoramento da fragilidade ambiental.

Palavras-chave: Geossistemas. Geoprocessamento. Mapa de Fragilidade Potencial. Mapa Fragilidade Emergente. APA Serra da Piedade-MG. Planejamento Ambiental. Geografia.

ABSTRACT

PACHECO, Fellipe Fazonato, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2021. **Environmental fragility as a planning instrument in conservation units: The case of apa Serra da Piedade - MG.** Advisor: José Flávio Morais e Castro.

This study aimed to analyze the environmental fragility of the Serra da Piedade Environmental Protection Area (APA), located in the municipality of Visconde do Rio Branco, in the state of Minas Gerais. Located in the transition zone between the lowered areas of the Zona da Mata in Minas Gerais and the mountainous landform of Serra da Mantiqueira, its landscape presents factors that influence vulnerability to environmental fragility. The research had as theoretical basis the proposition of Geosystems (SOTCHAVA, 1963; TRICART, 1965; BERTRAND, 1968). The methodological basis consisted of a multicriteria analysis based on the work of Ross (1994), Crepani et al. (2001), which weights the slope, geomorphology, land use and precipitation variables. Using the ArcGIS® geoprocessing software, a spatial analysis was performed using map algebra resources and by integrating the criteria by the simple sum and division by the number of variables, obtaining the fragility, which generated the Potential Fragility Map (PFM). The Emerging Fragility Map (EMF) was obtained from the superposition of the map resulting from the Potential Fragility (PFM) and the thematic map with the values established for the different classes of land use and occupation. The results show that over 79% of the area is classified as having medium to very high potential fragility and 19.96% is classified as having low or very low potential fragility. For the emerging fragility map that takes into account human activities on the environment, the results show that over 75% of its area is classified with medium to very high potential fragility and about 24% are classified as low or very low potential fragility. Relief dissection processes in the geosystem area are directly related to areas of high fragility, but the impact of human activities makes a total difference in the evolution of the landscape, as shown in the emerging fragility map. The models produced in the work generated important information for the environmental and territorial planning of Serra da Piedade Environmental Protection Area, as well as for other related areas, enabling the proper use of the land, together with the protection of the environment, as well as enabling an accessible, easy to apply and easy to update zoning, which provide stakeholders with an effective tool for monitoring environmental fragility.

Keywords: Geosystems. Geoprocessing. Potential Fragility. Map and Emerging. Fragility Map. APA Serra da Piedade MG. Environmental Planning. Geography.

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1 – Localização da APA Serra da Piedade no Município de Visconde do Rio Branco, MG.....	17
Figura 2 – Foto Aérea da APA Serra da Piedade	24
Figura 3 – Classificação Climática de Köppen da APA Serra da Piedade.....	25
Figura 4 – Rede Hidrográfica da APA Serra da Piedade.	26
Figura 5 – Mapa de Geologia da APA Serra da Piedade.	27
Figura 6 – Unidades do Relevo da APA Serra da Piedade.	28
Figura 7 – Engenho abandonado em Santa Maria. Visconde do rio Branco, MG.	30
Figura 8 – Mapa da População Total por Setor Censitário – IBGE 2010.	33
Figura 9 – Comunidade de São Francisco de Cima.	34
Figura 10 – Comunidade de Piedade de Cima.	35
Figura 11 – Comunidade de Santa Maria.	35
Figura 12 – Modelo dos Geossistemas de Bertrand (1968).	51
Figura 13 – Níveis de Hierarquia da Paisagem.	54
Figura 14 – Fluxo de Relação Sociedade/Natureza.....	57
Figura 15 – Mapa de Precipitação da APA Serra da Piedade.	71
Figura 16 – Precipitação Média Mensal, no Período de 1979 a 2013.....	73
Figura 17 – Mapa de Declividade da APA Serra da Piedade.....	74
Figura 18 – Mapa de Geomorfologia da APA Serra da Piedade.....	78
Figura 19 – Uso da Terra da APA Serra da Piedade.	80
Figura 20 – Mapa de Análise da Fragilidade Ambiental da APA Serra da Piedade.....	82

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1 – Escala Têmporo-Espacial de Representação.....	53

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1 – Variáveis que Compõem o Modelo	67
Tabela 2 – Classificação das Unidades de Fragilidade Ambiental.....	69
Tabela 3 – Áreas das Classes de Precipitação (mm).	72
Tabela 4 – Classes de Fragilidade da Variável Precipitação: Níveis Hierárquicos das Variações.....	72
Tabela 5 – Áreas das Classes de Declividade (%).	75
Tabela 6 – Reclassificação da Declividade na APA Serra da Piedade.....	75
Tabela 7 – Áreas das Classes de Geomorfologia.	77
Tabela 8 – Reclassificação da Geomorfologia na APA Serra da Piedade.....	79
Tabela 9 – Áreas das Classes de Uso da Terra.	81
Tabela 10 – Reclassificação do Uso da Terra na APA Serra da Piedade.....	81
Tabela 11 – Soma das Pontuações e Definição das Classes de Fragilidade Potencial e Emergente.....	83
Tabela 12 – Áreas das Classes de Fragilidade Potencial.....	84
Tabela 13 – Áreas das Classes de Fragilidade Emergente.	88

LISTA DE SIGLAS

APA – Área de Proteção Ambiental.

BID – Banco Interamericano de Desenvolvimento.

CHELSEA – Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas

COMPHAR – Conselho Municipal do Patrimônio Histórico e Artístico

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais.

CRFB – Constituição da República Federativa do Brasil

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EQM – Erro Quadrado Médio

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade.

IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IDW – Inverse Distance Weighted

IEF – Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil

IUCN – União Internacional para a Conservação da Natureza.

MDEHC – Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente.

MG – Minas Gerais.

SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

SISEMA – Sistema Estadual de Meio Ambiente

SIG – Sistemas de Informações Geográficas.

SNIRH – Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos.

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação.

SUS – Sistema Único de Saúde

TGS – Teoria Geral dos Sistemas.

UFV – Universidade Federal de Viçosa.

UC – Unidade de Conservação.

ZEE - Zoneamento Ecológico Econômico.

UTB – Unidades Territoriais Básicas

MMA – Ministério do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. ÁREA DE ESTUDO	16
2.1. Área de Proteção Ambiental (APA) Serra da Piedade	16
2.2. Aspectos Físicos	23
2.3. Aspectos Socioeconômicos.....	29
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	37
3.1. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).....	37
3.2. A Teoria dos Geossistemas	42
3.2.1. O Geossistema de Sotchava	45
3.2.2. A Ecodinâmica de Tricart	47
3.2.3. O Geossistema de Bertrand	50
3.3. A aplicação do Modelo Geossistêmico.....	55
4. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS	62
4.1. Processo de Aquisição de Dados Espaciais	62
4.1.1. Modelo digital de elevação e a declividade do terreno	63
4.1.2. Uso e Cobertura da Terra	64
4.1.3. Intensidade Pluviométrica	65
4.1.4. Geomorfologia	66
4.2. Construção dos Mapas de Fragilidades	67
4.2.1. Definição dos Critérios.....	67
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	69
5.1. Intensidade Pluviométrica.....	70
5.2. Declividade	73
5.3. Geomorfologia	76
5.4. Uso e Cobertura da Terra.....	79
5.5. Fragilidade Ambiental	81
5.5.1. Fragilidade Potencial.....	83
5.5.2. Fragilidade Emergente	85
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

1. INTRODUÇÃO

O Meio Ambiente sendo tratado como um bem de uso comum, ou seja, é direito difuso do homem, detém recursos naturais indispensáveis ao homem e ao meio natural. Nas últimas décadas, devido ao crescimento populacional, ao uso incorreto da terra, à degradação ambiental, ao desmatamento florestal, entre outros fatores, tem se tornado graves os problemas enfrentados pela população quanto a sua privação, sendo importante a sua preservação como observa Tundisi (2008), quando discute a problematização dos recursos hídricos. Nesse contexto, diante de um momento que apresenta intensificada escassez desses recursos, esta pesquisa pretende contribuir com um método para elaboração de uma análise de fragilidade ambiental para a APA Serra da Piedade, localizada no município de Visconde do Rio Branco, Minas Gerais.

A análise ambiental tem como fundamento as condições da paisagem e as características naturais da região, como a declividade, a geomorfologia a intensidade pluviométrica, o uso da terra e a cobertura vegetal, como instrumentos fundamentais de gerenciamento ambiental (BOJÓRQUEZ-TAPIA et al., 2013).

Para ser eficaz, o planejamento das formas de uso e ocupação da terra deve considerar a fragilidade do ambiente à degradação, monitorando processos que afetam diretamente o fornecimento de bens e serviços ambientais, como características relacionadas à erosão do solo, assoreamento de cursos d'água e perda de biodiversidade (VALLE et al., 2016).

A fragilidade ambiental consiste na suscetibilidade de um ambiente quanto a dinâmica de seus processos naturais, bem como as pressões ocasionadas pela intervenção do homem. No cenário atual, onde evidenciam uma intensificação de desmatamentos no País e na Mata Atlântica, segundo o relatório do Atlas da Mata Atlântica (INPE, 2019), as práticas de gestão ambiental têm se mostrado como uma tentativa de amenizar o impacto socioespacial que essa degradação pode causar, bem como mostrar e/ou indicar soluções para recuperação de áreas degradadas. Sendo assim, uma análise da fragilidade ambiental torna-se um instrumento importante para elaboração de um planejamento territorial ambiental, que permite avaliar os processos antrópicos que ocorrem na região, além de avaliar as potencialidades e as restrições das áreas meio ambiente de forma integrada.

A Área de Proteção Ambiental (APA) Serra da Piedade está localizada no município de Visconde do Rio Branco, no Estado de Minas Gerais, na mesorregião da Zona da Mata Mineira, na microrregião de Ubá, e está distante aproximadamente 11 km da área urbana do município

de Visconde do Rio Branco. As comunidades rurais com maior representatividade em extensão territorial e população, que fazem limites com a APA Serra da Piedade, são: Santa Maria, São Francisco e Piedade de Cima. A Serra de Piedade é um fragmento da Serra da Mantiqueira, localizada entre os municípios de Visconde do Rio Branco e São Geraldo, em área coberta originalmente por Mata Atlântica.

O presente trabalho tem por objetivo elaborar uma análise da fragilidade ambiental da APA Serra da Piedade, localizada no município de Visconde do Rio Branco, MG. Esta análise é realizada então por meio de técnicas de geoprocessamento, efetuadas em Ambiente SIG (Sistemas de Informações Geográficas). Como objetivos específicos pretende-se identificar as áreas com alta fragilidade ambiental; identificar as variáveis fundamentais para análise geossistêmica; integrar as variáveis por meio de técnicas de análise espacial dentro do ambiente SIG; e elaborar o mapa de fragilidade da APA Serra da Piedade.

Identificada à proeminência dos processos erosivos ocorridos na região, por conta de seu relevo acidentado e por conta da dinâmica da ocupação do seu território, esse trabalho visa averiguar como uso e ocupação das terras na área da APA, interfere no grau de fragilidade ambiental da área, que ao ser exposta a um uso indevido pode desencadear processos de degradação.

Os cenários de uso das terras neste trabalho são fundamentais para compreender as dinâmicas da relação natureza e sociedade. Se por um lado, os cenários nos trazem a dimensão das paisagens naturais do passado, por outro demonstra com clareza como as paisagens foram alteradas na tentativa de satisfazer o sistema socioeconômico hegemônico.

Segundo Verdum (2012, p. 10) “estudar a relação natureza e sociedade na perspectiva de análise de paisagem é possível compreender, em parte, a complexidade do espaço geográfico em um determinado momento”. Desse modo para o autor os mosaicos de paisagem são importantes para que possamos entender como as estruturas estabelecidas no local se organizam (PEIXOTO, 2016).

Desse modo, esse trabalho pode ser útil para propor um planejamento do territorial para APA Serra da Piedade que promova um modo adequado de ocupação, que provoque a diminuição dos processos erosivos causados pelos altos níveis de densidade de drenagem e de declividade e origine um nível estabilidade do ambiente

Os resultados da pesquisa poderão contribuir na seleção de áreas de maior fragilidade ambiental, promovendo ações nessas áreas que promovam a restauração do ambiente e por conseguinte maior estabilidade ambiental. Esses resultados também podem ser usados para elaboração de um método que ajudaria na idealização de outros modelos, onde as especificidades do relevo e da hidrografia são diferentes da área estudada.

Foi escolhida para o embasamento teórico da pesquisa a ser realizada a Teoria dos Geossistemas. A teoria dos Geossistemas tem como base epistemológica a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), idealizada na década de 1930 pelo biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy (1968), tendo alcançado o seu auge de divulgação na década de 1960, mais precisamente em 1968, com a divulgação da Teoria Geral dos Sistemas (TGS). Segundo Peixoto (2016), a TGS surgiu como uma perspectiva de análise nas ciências, sendo logo introduzida na Geografia, com pressupostos de uma visão sistêmica. O modelo passou a ser amplamente discutido nas escolas de Geografia do século XX, principalmente na escola Russa, com Sotchava (1963) e na escola francesa, com Tricart (1965) e Bertrand (1968). No Brasil, Cristofolletti (1980), Ross (1994), Crepani et al. (2001) e Monteiro (2001) apresentaram as primeiras proposições teóricas e metodológicas referenciando a teoria Geossistêmica, contribuindo para o desenvolvimento da Geografia Física (PEIXOTO, 2016).

Nesta concepção sistêmica, Bertalanffy adota o pressuposto de que a idealização de modelos é essencial para a quebra de analogias reducionistas e que objetivam a hierarquização dos elementos do sistema e a correlação entre os demais processos desencadeados. Diante da concepção sistêmica de Bertalanffy, origina-se para a Geografia a concepção de Geossistemas dos estudos de Sotchava, 1963; Tricart, 1965; Bertrand, 1968.

Sobre a Teoria Geral dos Sistemas Bertalanffy define-a como conjuntos de elementos com várias características distintas, que conserva relações entre si e formam o todo. Segundo Peixoto, a concepção sistêmica de Bertalanffy reconhece que a proposição de modelos é essencial para o rompimento de analogias simplistas (reducionismo), o que visa a hierarquização dos elementos do sistema e a correlação entre os demais processos desencadeados. O teórico refere-se à elaboração de uma concepção de mundo pós-moderno, articulado por diversas formas de poder, desenvolvimento econômico/desigual, informacional, explosão demográfica, e inserido em uma diversidade de ecossistemas em diferentes lugares do planeta (PEIXOTO, 2016).

Para aplicação do modelo geossistêmico foi utilizada a metodologia proposta por Ross (1994) e Crepani et al. (2001), que reúne diferentes padrões de fragilidade ambiental em Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis, produzindo o Mapa de Fragilidade Potencial que representa fatores inerentes à paisagem e o Mapa de Fragilidade Emergente que pondera também a cobertura da terra e intervenções humanas.

Em conclusão, a fundamentação teórica e metodológica partiu da concepção sistêmica de Bertalanffy (1934) e das concepções de Paisagem e Geossistema de Sotchava (1963); Tricart (1965) e Bertrand (1968), que apesar de ter contraposições particulares, ou seja, têm seus significados particulares, complementam-se para cumprir o objetivo de analisar e avaliar a fragilidade ambiental da APA Serra da Piedade.

2. ÁREA DE ESTUDO

A APA Serra da Piedade está localizada no município de Visconde do Rio Branco, MG, mesorregião da Zona da Mata Mineira e microrregião de Ubá, o município limita-se com os municípios de Divinésia, Guidoal, Guiricema, Paula Cândido, São Geraldo e Ubá. O município possui uma extensão territorial aproximada de 243,46 km², que equivalem a 0,04% da área total do Estado de Minas Gerais, e altitude média de 402 m. (IBGE, 2020).

A APA Serra da Piedade, por sua vez, está localizada ao norte do município de Visconde do Rio Branco, MG, entre as longitudes de 42°56'55" e 42°53'55" Oeste e as latitudes 20°56'00" e 20°59'53" Sul. A APA possui uma área total de 16,03 km² e uma altitude média de 680 m, correspondendo a um divisor de águas entre as Bacias do Rio Paraíba do Sul e do Rio Doce (Figura 1).

2.1. Área de Proteção Ambiental (APA) Serra da Piedade

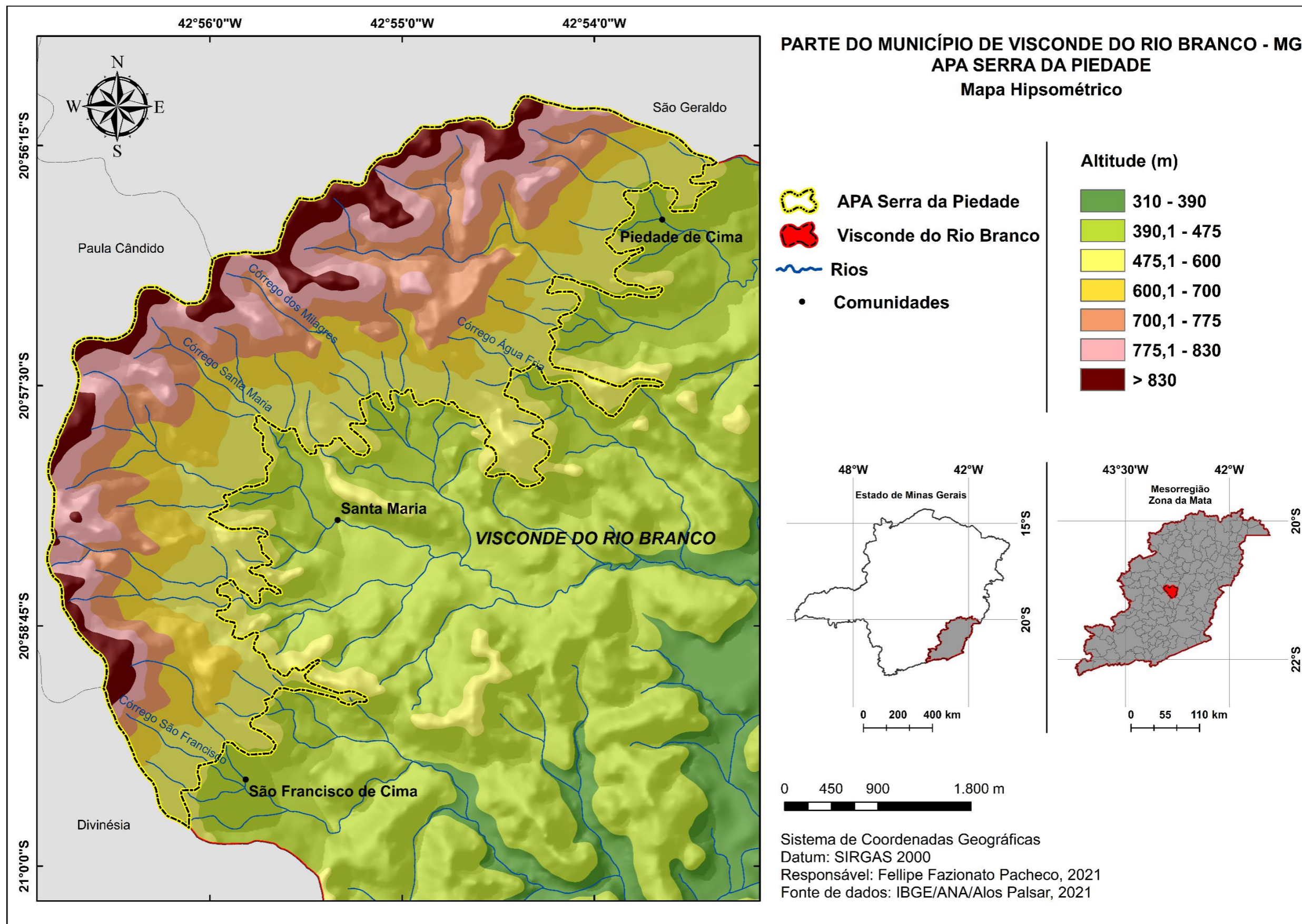
Entre os vários tipos de unidades de conservação destaca-se a Área de Proteção Ambiental (APA), principalmente por se tratar de áreas onde o principal objetivo não se dá unicamente pela injunção de restrições, mas, sim, pela instituição de uma administração recíproca e participativa, que confere a sua finalidade o uso sustentável dos recursos naturais, orientado sempre pelo zoneamento ambiental (IEF, 2021).

A Área de Proteção Ambiental (APA), primeira categoria de manejo que possibilitou conciliar a população residente e seus interesses econômicos com a conservação da área a ser protegida, foi institucionalizada no País em 1981, através da Secretaria Especial do Meio Ambiente. A ideia, inspirada nos Parques Nacionais de Portugal, foi trazida ao Brasil pelo Dr. Paulo Nogueira Neto, então Secretário do órgão (NOGUEIRA NETO, 2001).

Com a Lei nº 6.902/1981, o Poder Executivo passava a declarar como APA as porções do território nacional que julgasse relevantes para o interesse público, a fim de “assegurar o bem-estar das populações humanas e conservar ou melhorar as condições ecológicas locais” (BRASIL, 1981).

No dia 6 de junho de 1990 a categoria foi regulamentada, a partir do Decreto nº 99.274. Essa regulamentação, definiu-se que o decreto de criação de uma APA deve conter sua denominação, seus limites, seus objetivos e suas principais restrições de uso, ficando a cargo do poder público a supervisão e a fiscalização das áreas. (BRASIL, 1990).

Figura 1 – Localização da APA Serra da Piedade no Município de Visconde do Rio Branco - MG



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) / Alos Palsar (2021).

A nova categoria contemplava a articulação entre interesses da população residente e finalidades ecológicas, como as de conectividade e amortecimento. Além disso, as APAs teriam as funções de evitar maiores danos ambientais em áreas já ocupadas pelo homem e de regradar o uso dos recursos naturais em áreas privadas de difícil desapropriação (DOUROJEANNI; PÁDUA, 2001).

As Áreas de Proteção Ambiental (APAs) pertencem ao grupo de unidades de conservação de uso sustentável. São áreas em geral extensas, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais, especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. APAs podem ser estabelecidas em áreas de domínio público ou privado, pela União, pelos Estados ou municípios, sem a necessidade de desapropriação das terras privadas. No entanto, as atividades e os usos desenvolvidos nestas estão sujeitos a regras específicas. As condições para a realização de pesquisas científicas e a visitação pública nas áreas sob domínio público serão estabelecidas pelo órgão gestor da unidade, enquanto nas propriedades privadas, cabe ao proprietário estabelecer as condições para pesquisa e visitação pelo público, observadas as exigências e restrições legais. (IEF, 2021).

A unidade deve dispor de um conselho presidido pelo órgão responsável por sua administração, o ICMBio, se for uma APA de administração federal, um órgão ambiental estadual, se for APA estadual ou municipal – e constituído por representantes dos órgãos públicos, de organizações da sociedade civil e da população residente, conforme se dispuser em seu regulamento (IEF, 2021).

Na atualidade, a problemática da implantação das APAs tem gerado controvérsias. Isso se dá diante da complexidade da associação entre seus propósitos e os fins para os quais vem sendo usada causa polêmica e certo descrédito à categoria. Autores, como Cabral e Souza (2002), Dourojeanni e Pádua (2001) e Pádua (2001) têm dissertado a esse respeito, de que, em geral, muitas APAs têm sido criadas, mas poucas são levadas à risca como quer a legislação, o que não é o caso da área objeto de estudo (EUCLYDES; MAGALHÃES, 2006).

Segundo Euclides e Magalhães (2006), além de permitir a presença de populações humanas e poder desenvolver seu desenvolvimento econômico local, conservação, algumas outras particularidades da categoria apresentam-se como vantagens em relação às demais UCs,

como a não necessidade da desapropriação das terras; a existência de um Conselho, que permite o diálogo entre os interesses dos proprietários e da conservação; seu uso como um instrumento de ordenamento do território mais localizado; seu papel na conectividade entre UCs e seus moradores, que permite, entre vários outros benefícios, a propagação de uma educação ambiental focada no uso sustentável da terra.

A Área de Preservação Ambiental (APA) sempre foi questionada com relação a sua efetividade como categoria de unidade de conservação. Dourojeanni e Pádua (2001) ressaltam que em decorrência de seu caráter predominantemente privado, as áreas das APAs pouco se diferem de áreas em que se respeite a legislação. Os autores mencionam um estudo encomendado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) para obter informações sobre a efetividade do manejo de nove APAs por ele financiadas, no qual se conclui que, “nas APAs visitadas, não existe diferença nenhuma entre o estado da natureza dentro delas e nas áreas circundantes. (DOUROJEANNI; PÁDUA, 2001).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), até fevereiro de 2019 as APAs correspondiam a 27,9% de todas as áreas de UCs disposta em território brasileiro, sendo a categoria que possui maior representatividade no sistema (MMA, 2019).

Segundo Magalhães (2017), as APAs abrangem mais de 60% da área total protegida de biomas, como Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga e Pampa, e representa mais de 80% da área protegida marinha, mesmo que em 2016 cerca de 7 milhões de pessoas viviam em APAs. As unidades de conservação são de significativa importância para a proteção do meio ambiente para proteção social dos indivíduos, o abastecimento de água, a preservação ambiental e cultural também são protegidas dentro dos seus limites, assim como a inclusão social e a geração de renda para seus ocupantes, atuando totalmente dentro de parâmetros e regras socioambientais que promovem o uso sustentável, daí a importância que as Áreas de Proteção ambiental têm em nosso espaço geográfico, agindo como um importante instrumento para conservação do meio ambiente e para a inserção de práticas sustentáveis no manejo e uso da terra (MAGALHÃES, 2017).

As serras situadas no município, por conta do seu grande valor ambiental, paisagístico, histórico, arqueológico e turístico já vinham fazendo parte de leis de preservação, desde o ano de 1985, quando da publicação da Lei Municipal nº 26/1985, de 23 de agosto de 1985, que institui o “tombamento histórico da serra da Piedade de Cima”, devido as suas potencialidades

naturais, e suas relíquias antropológicas e arqueológicas de civilizações primitivas (VISCONDE DO RIO BRANCO, 2019).

O procedimento de concepção da Área de Proteção Ambiental (APA) ocorreu em 30 de junho de 1994, quando a Lei nº 82/1994 instituiu como APA as serras ao norte do município. Segundo consta em seu artigo 1º, a região situada na Zona Rural do município se torna um Área de proteção ambiental, em seu artigo 2º, define que a lei tem o intuito de garantir a conservação do conjunto paisagístico, e da cultura regional da área, além de estimular o desenvolvimento com base em práticas conservacionistas (VISCONDE DO RIO BRANCO, 1994).

Em 2016, também foi instituído um Decreto Municipal de nº 74/2016 que tombou a serra de Santa Maria, o Caminho da Água Santa, o obelisco, o cruzeiro, a fonte (nascentes), o bosque e seus respectivos entornos, considerando o reconhecimento pleno dos valores históricos, culturais, paisagísticos e ecológicos, do local (VISCONDE DO RIO BRANCO, 2016).

Já em 2020, foi publicada a deliberação normativa do Conselho Municipal do Patrimônio Histórico e Artístico (COMPHAR) nº 001/2020, que “dispõe sobre vedação de atividade mineradora no âmbito da região serrana rio-branquense para salvaguardar bens de valor histórico, cultural, ambiental, paisagístico, turístico, ecológico e antropológico” (VISCONDE DO RIO BRANCO, 2020).

Enfim no ano de 2020, foi aprovada a Lei de Patrimônio Hídrico Municipal nº 1.526/2020, mais um fato que corrobora o processo de proteção das serras do município protegendo e dando visibilidade à importância da área como território fundamental para produção de águas na região, que está incluída na bacia do Rio Xopotó, que por sua vez é um dos afluentes do Rio Pomba. São essas águas que abastecem cerca de 35 mil pessoas no município de Visconde do Rio Branco além dos demais municípios cortados pelo Rio Xopotó e, mais adiante, pelo Rio Paraíba do Sul (VISCONDE DO RIO BRANCO, 2020).

A área da APA, assim como boa parte do município de Visconde do Rio Branco (antigo Presídio de São João Batista), foi ocupada até o fim do século XVIII por povos nativos indígenas como os Coroados, Coprós e Puris, ou seja, a sua ocupação antecede a legislação ambiental, ao passo que, nesse trabalho, ela é discutida no momento em que a legislação já está em vigor, sendo assim, a sua vegetação nativa já vinha sendo derrubadas para a prática da agricultura de subsistência e pastagem, que logo foram substituídas pela monocultura de cana

de açúcar e, posteriormente, a cultura de café. O cultivo da cana de açúcar teve como primeiro objetivo fixar os povos indígenas em seus aldeamentos, mas, no século XX, se tornou a principal fonte de renda do município, estando ao longo de 200 anos como a principal fonte de renda da região. O café também teve destaque na localidade no século passado, chegando a ser exportado para Europa, através da firma comercial de Adriano Telles & Cia, dando origem à primeira casa bancária do município de Visconde do Rio Branco (SLAIBI, 2005).

Os primeiros habitantes da área da APA e do município foram os indígenas Coroados, Cropós e Puris. Esses índios, após a confederação dos Tamoios, nos fins do século XVIII se viram pressionados por “tribos” inimigas e obrigados a deixar suas aldeias primitivas e partirem em busca de novas terras. O caminho mais fácil e acessível para a fuga foi o curso a margem do Rio Paraíba do Sul e seus afluentes, os rios Pomba e Muriaé. Por seguidas migrações, os indígenas subiram por esses rios, vindo atingir as margens superiores dos rios Xopotó e Bagres, onde passaram a habitar, dando, assim, origem ao aparecimento de localidade (SLAIBI, 2005).

Segundo Saint-Hilaire (1975) o nome Coroados, que os portugueses dão a esses indígenas, assim como a vários outros povos, deve, ao que parece, sua origem ao costume que tinham antigamente muitos aborígenes, seja de cortar os cabelos no meio da cabeça, à maneira dos nossos sacerdotes, seja, antes, de não conservar mais do que uma calota de cabelos, como fazem ainda hoje os Botocudos.

Ainda nos fins do século XVIII, os Coropós e Coroados, genericamente conhecidos como botocudos, permaneciam à cautela de padre Francisco da Silva Campos e do civilizador Guido Thomaz Marliere. Segundo Lamas, deve-se destacar que o padre Francisco da Silva Campos se referiu à utilização do trabalho como forma de “civilizar” os indígenas, com a ideia de que o índio era incapacitado para o trabalho. A respeito da prática de sustentação dos indígenas que, de certa forma, referenda a ideia de que o indígena seria incapaz de se sustentar e que a utilização do trabalho escravo indígena seria a única como forma de civilizar os indígenas, o padre ainda insistia que seria impossível transformar os indígenas em bons cristãos e bons cidadãos sem que os obriguem a trabalhar a terra em que moram. Para o referido padre, portanto, o trabalho era a melhor maneira de catequizar os indígenas da área Central da Mata de Minas, uma vez que ele volta a frisar o indígena brasileiro era naturalmente preguiçoso e ignorante (LAMAS, 2012).

Em 1730, as autoridades da Capitania tomavam medidas com o fim de conquistar esses indígenas. Coube, no entanto, ao padre Ângelo da Silva Pessanha o mérito de iniciador da tarefa de “civilizar” os Coroados, tendo conseguido fazer cessar as ferozes lutas que eram travadas

contra os brancos devastadores. Não resistiram, porém, por muito tempo o contato com o pretense civilizador e extinguiram-se como povos na década setenta do século XIX. (VISCONDE DO RIO BRANCO, 2020).

Já Guido Thomaz Marlière designado para a missão de pacificação dos índios Coroados, Coropó e Puri, em 1813 e, em 1818, é indicado para o cargo de Diretor de Índios de Minas Gerais. Sua gestão caracterizou-se pelas tentativas de preservação das terras dos aldeamentos indígenas e limitação dos casos de escravização. O processo de integração dos indígenas ao modo de vida dos colonizadores utilizava estratégias que iam desde fazer guerra utilizando as rivalidades intertribais até promover casamentos entre índios e brancos, fazendo misturas interétnicas, forçando aos indígenas à sedentarização. (SILVA, 2010).

A desconsideração em relação à cultura indígena, foi percebida pelos colonizadores como bárbara (baseada em superstições), associada à intenção de civilizar (aculturar) aquele, levou a reações violentas por parte dos índios. Deve-se destacar que o padre Francisco da Silva Campos se referiu a utilização do trabalho indígena, sem, contudo, utilizar o termo escravo; no entanto, na representação apresentada à Rainha o seu conselheiro compreendeu a proposta de Silva Campos sem seu sentido subliminar e mais profundo. Por último, segundo Lamas, as ações perpetradas pelos colonizadores na área Central da Zona da Mata de Minas Gerais, principalmente entre os indígenas, especialmente os Coroados e os Coropós, não atingiram os resultados esperados pela administração colonial. Este fato deveu-se ao preconceito dos colonizadores, fossem eles clérigos ou leigos, em relação à cultura indígena (LAMAS, 2012).

Desde o final do século XVIII até o ano de 1945, o município teve diversas denominações, o que sempre motivou equívocos e aborrecimentos lamentáveis. O primeiro nome dado por ocasião do desbravamento da região, no final do século XVIII, foi o de Zona do Rio Xopotó dos Coroados, por ser a região habitada pelos índios Coroados, também chamados de Croatos. Posteriormente, teve o de Aldeia do Xopotó e no início do século XIX eram território e povoação, denominados Presídio de São João Batista ou São João Batista do Presídio, por ter sido o local escolhido pela Capitania para a localização de presos políticos ou comuns; funcionava como presídio aberto, tendo a cercá-lo densas florestas. Mais tarde, prevalecendo a lei do menor esforço, foi a expressão reduzida para Arraial do Presídio e depois simplesmente Presídio. Ao receber foros de cidade, a Vila passou a denominar-se Visconde do Rio Branco, depois Rio Branco e em 1943, recebeu o topônimo de Paranhos, tendo finalmente, em 1945 restabelecido o nome de Visconde do Rio Branco em homenagem ao grande estadista José Maria da Silva Paranhos (o Visconde do Rio Branco). (VISCONDE DO RIO BRANCO, 2020).

2.2. Aspectos Físicos

O município de Visconde do Rio Branco, MG, está localizado na mesorregião da Zona da Mata Mineira (Figura 1) e limita-se com os municípios de Divinésia, Guidoal, Guiricema, Paula Cândido, São Geraldo e Ubá. O Município possui uma extensão territorial aproximada de 243,459 km², que equivalem a 0,04% da área total do Estado de Minas Gerais, e altitude média de 402 metros, neste município, localiza-se a Área de Proteção Ambiental (APA), denominada APA da Serra da Piedade. (IBGE, 2020).

A Serra de Piedade é um fragmento da Serra da Mantiqueira localizada entre os municípios de Visconde do Rio Branco e São Geraldo, em área considerada originalmente por Mata Atlântica. As delimitações da APA Serra da Piedade têm início na região rural de São Francisco de Cima, na divisa dos municípios de Visconde do Rio Branco, Divinésia, em cota altimétrica de 500 m, segue rumo a noroeste pela divisa do município até o cume com altitude de 932 m, onde se encontra com as linhas divisórias dos municípios de Visconde do Rio Branco, Divinésia e Paula Cândido, segue rumo norte pela divisa dos municípios de Visconde de Rio Branco e Paula Cândido até a região denominada Alto de Santa Maria, segue rumo a leste pelo divisor de águas dos córregos de Santa Maria e Milagres até a divisa dos municípios de Visconde do Rio Branco e São Geraldo até a região de Piedade de Cima na cota de Altitude de 500 m, segue pela curva de nível de mesma altitude até a região de São Francisco de Cima, onde ela se encontra com o ponto inicial. (VISCONDE DE RIO BRANCO, 1996).

A rede hidrográfica é composta por cursos de água de pequeno volume, sendo os principais: córrego São Francisco, Água Fria, ribeirão Santa Maria, e Milagres. Estes, se juntam ao Rio Xopotó, que é afluente do Rio Pomba, que por sua vez desagua no rio Paraíba do Sul. A região tem como principal bioma a Mata Atlântica. (VISCONDE DO RIO BRANCO, 2013).

Devido à localização peculiar em que a APA está inserida na Serra da Piedade (Figura 2), bem na divisa entre as superfícies elevadas das escarpas da Mantiqueira e as áreas abaixo de 300 m de altitude da Zona da Mata de Mineira, o clima da região segundo a classificação de Köppen-Geiger, adaptada por Alvares et al. (2013), se divide em duas classes climáticas, na sua parte de altitude mais elevada o clima da APA se configura como Cwb (Clima subtropical de altitude). Nas partes com altitudes menos elevadas o clima se caracteriza como Cwa (Clima subtropical úmido), como pode ser observado na figura 3.

A temperatura média anual da região é 23,9 °C, com médias das máximas de 31,9 e mínimas e 16 °C (ALVARES et al., 2014). A precipitação média anual gira entorno de 1.308 mm, com chuvas concentradas no período de outubro a março. (CHELSA, 2020).

Figura 2 – Foto Aérea da APA Serra da Piedade



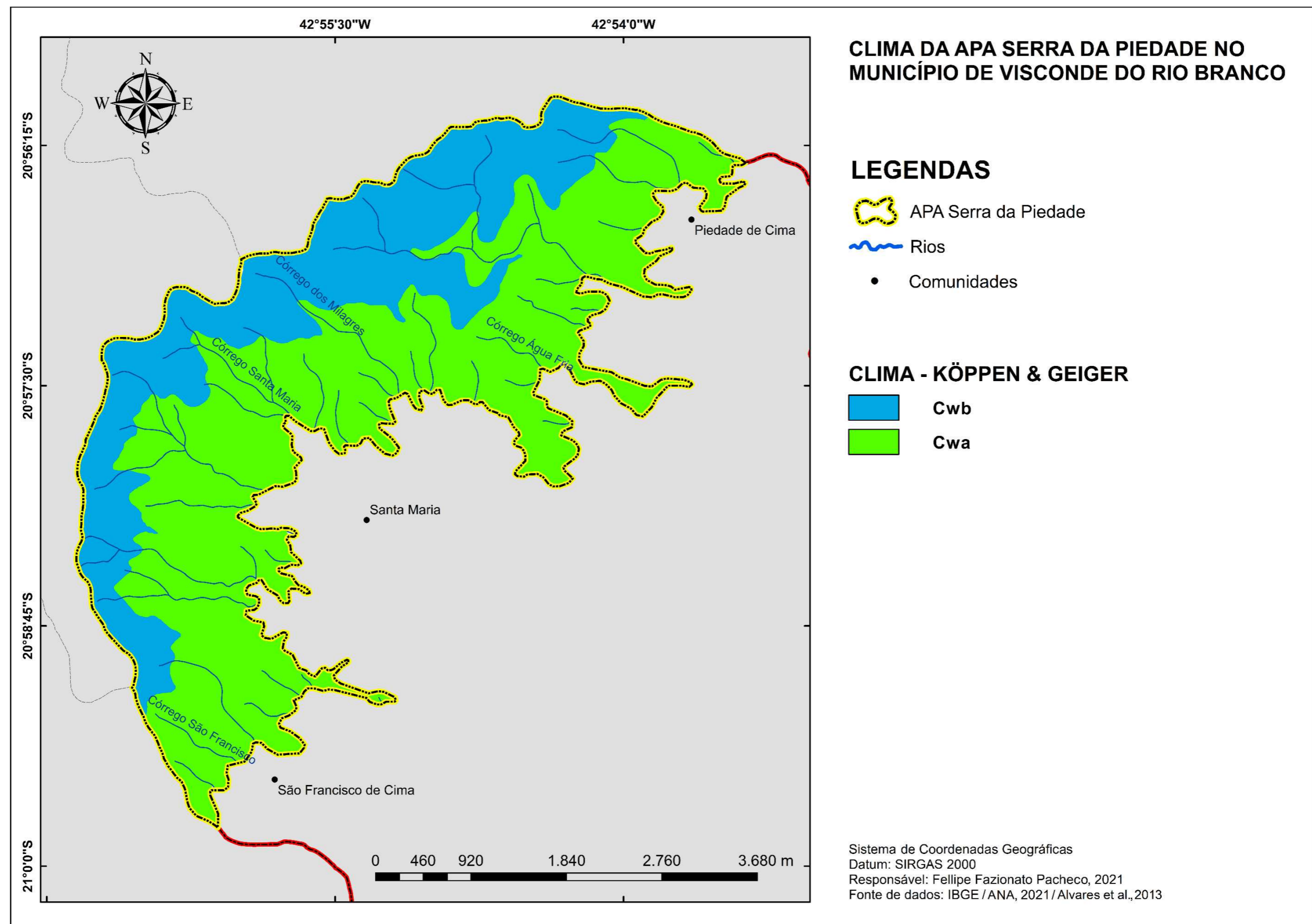
Foto: Fellipe Fazionato Pacheco /sobrevoo de ultraleve na APA Serra da Piedade. (2021)

A APA Serra da Piedade, segundo dados da Agência Nacional de Águas – ANA (2019) possui um total de 53 rios, sendo que 46 são cursos de primeira ordem, seis são os cursos de segunda ordem e um curso apenas de terceira ordem, segundo a classificação de Strahler (Figura 4).

A geologia da APA Serra da Piedade, segundo dados da CPRM (2003), é formada pelo Complexo São Sebastião do Soberbo, agrupando Paragnaisse, calcissilicática e formação ferrífera bandada predominante localmente (PP2ss), faz parte do Complexo Mantiqueira, agrupando Ortognaisses bandados tipo TTG, com intercalações de anfibolito e metaultramáfica (Figura 5).

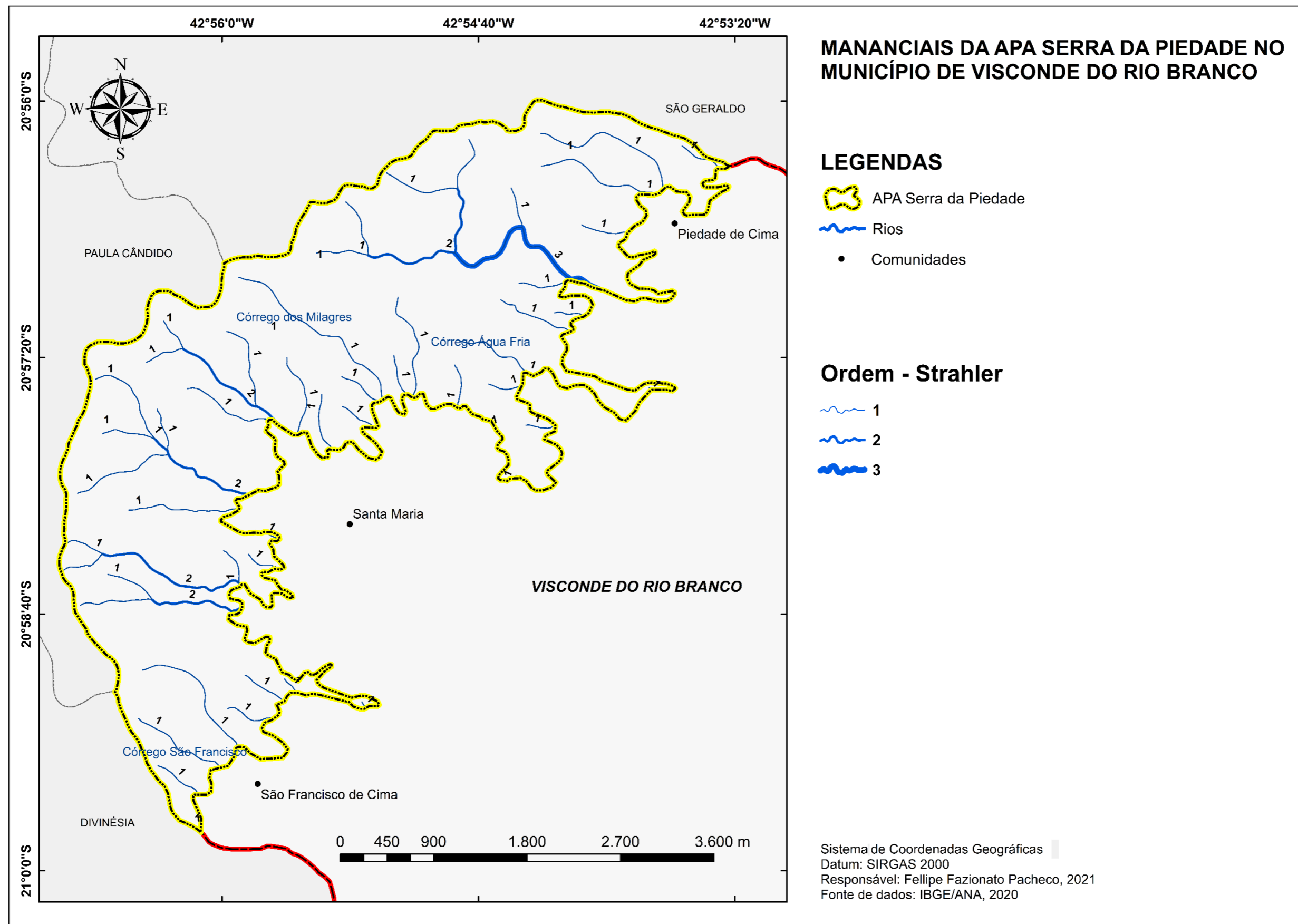
Quanto ao relevo, segundo Ab'Saber (1970), ele se caracteriza como forte ondulado a montanhoso. Observando o Mapa Altimétrico as altitudes, da área onde a APA se encontra, variam entre 310 e 830 m. A APA pertence ao Domínio Morfoclimático dos Mares de Morros, caracterizado por áreas com relevos de colinas dissecadas mamelonares tropical-atlânticas florestadas. Do ponto das unidades do relevo dispostos na área, a APA Serra da Piedade é dividida em seis classes de unidades, sendo elas: Morros Altos, Morros Baixos, Morrotes, Rampas de Alúvio-Colúvio, Serras, Vertentes recobertas por depósitos de encostas (colúvios e tálus) (Figura 6).

Figura 3 – Classificação Climática de Köppen da APA Serra da Piedade.



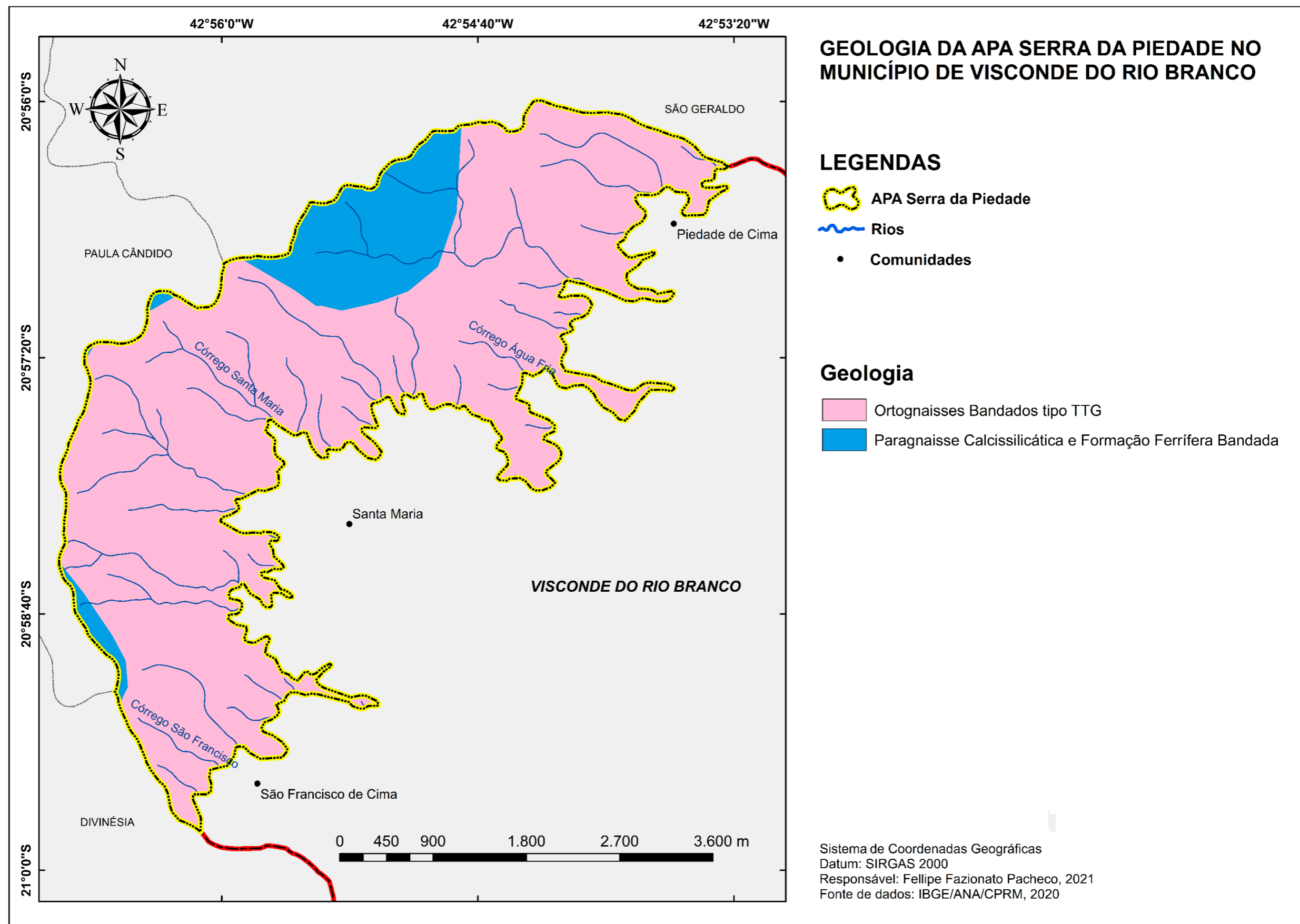
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), (2020). / Alvares et al. (2013).

Figura 4 – Rede Hidrográfica da APA Serra da Piedade.



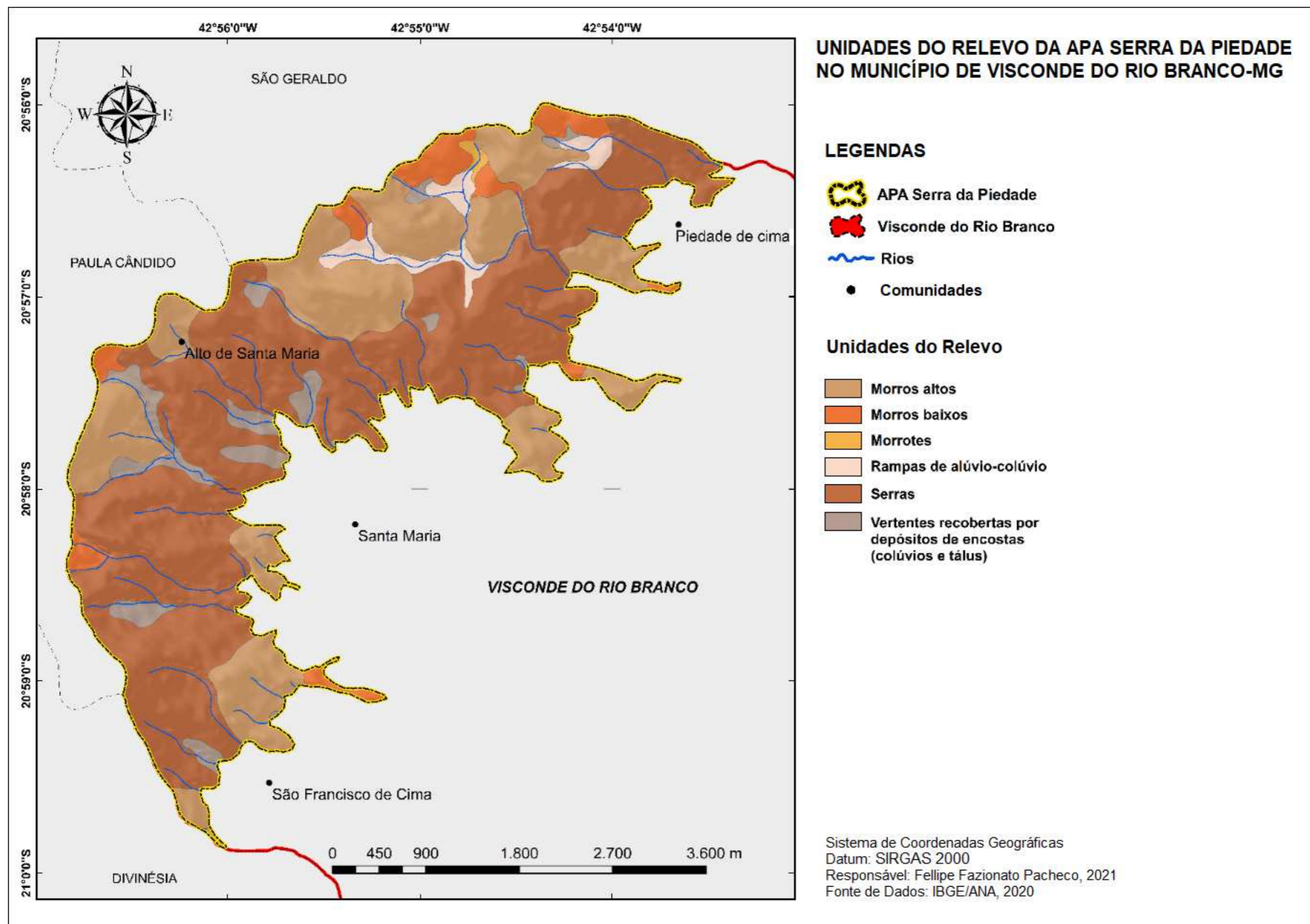
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), (2020).

Figura 5 – Mapa de Geologia da APA Serra da Piedade.



Fonte: Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (2003).

Figura 6 – Unidades do Relevo da APA Serra da Piedade.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2020) / Laboratório de Geomorfologia (DGE/UFV).

Segundo o Mapa de solos do Estado de Minas Gerais elaborado pela Universidade Federal de Viçosa e pela Universidade Federal de Lavras, as cristas e encostas íngremes são dominadas por Cambissolos Háplicos (CXbd) sob Floresta estacional semidecidual de montana. Os terraços abrigam Argissolos Vermelho-Amarelos estrófico (PVAe25) e Latossolos Vermelho-Amarelos distrófico (LVAd) típicos onde é encontrada. Floresta estacional semidecidual de sub-montana e Neossolos Litólicos que sustentam Campos de Altitude (UFV/CETEC/UFLA/FEAM, 2010).

2.3. Aspectos Socioeconômicos

O município de Visconde do Rio Branco, é um antigo distrito criado em 1810 com a denominação de São João Batista do Presídio, nome que foi lhe dado por ter sido o local escolhido pela Capitania para a localização de presos políticos ou comuns, o distrito funcionava como presídio aberto, tendo a cercá-lo densas florestas e era subordinado ao município de Pomba (hoje Rio Pomba). Em 1839, tornou-se vila chamada São João Batista do Presídio e em 1853 a vila foi extinta, e o local passou a ser figurado como distrito do município de Ubá. Em 1868 é elevado novamente à categoria de vila com a denominação de Visconde de Rio Branco e foi desmembrado do município de Ubá. Alcançou a condição de cidade em 1882, sendo renomeado para Rio Branco e em 1943 o município recebeu a sua denominação atual, Visconde de Rio Branco. O atual nome Visconde do Rio Branco foi dado ao município em homenagem ao grande estadista José Maria da Silva Paranhos (o Visconde do Rio Branco). (IBGE, 2020).

Segundo Simoncini (2011) o cenário agrário do município, contempla no seu processo de ocupação três tipos de uso da terra, sendo que foi o da grande lavoura, de modo específico a cana-de-açúcar, e o café os que predominaram até o final do século XX e deixou marcas materiais através da paisagem cultural urbana ou rural.

Tavares descreve que a produção de alimentos se encontrou na região desde a criação dos primeiros aldeamentos nos fins do século XVIII. A partir da final do século XVIII e início do século XIX o município tinha como principais atividades econômicas a cana de açúcar e logo em seguida o café. A partir da segunda metade do século XIX, o café começa a despontar como o produto mais importante, embora a economia de Visconde do Rio Branco geralmente seja associada ao cultivo e processamento da cana-de-açúcar, foi notada que essa não era a atividade mais rentável e tampouco a mais recorrente. (TAVARES, 2013).

Segundo Rodrigues (2012), até meados de 1850 a cana-de-açúcar ocupou posição de destaque na região onde se localiza o município, perdendo espaço para o café a partir da segunda metade do século XIX.

Em 1888 existiu então o declínio da lavoura cafeeira do sul da Mata, que foi agravada em função da abolição da escravidão que contribuiu fortemente para que essa situação perdurasse, visto que a mão-de-obra utilizada nas lavouras eram essencialmente escravas. Entretanto, em Visconde do Rio Branco, MG, o café continuou a disputar espaço com os canaviais que passou novamente a ser a principal produção agrícola do município, mesmo este ocupando posição de destaque na região do presídio que era responsável pela maior parte da produção de todo o açúcar proveniente da região da Mata, propiciando assim o surgimento de diversos engenhos (Figura 7) (TAVARES, 2013).

Figura 7 – Engenho abandonado em Santa Maria. Visconde do rio Branco, MG.



Foto: Fellipe Fazonato Pacheco (2021).

Segundo Slaibi (2005), a indústria do açúcar perdura até meados da década de 1990, quando o setor açucareiro foi desmantelado por sucessivas crises econômicas nacionais, o município de Visconde do Rio Branco se viu obrigado a se reestruturar, abrindo as portas para outros setores. No início da década de 1990, sendo a maior parte dos canaviais substituída por plantações de fruticulturas, milho e pastagens.

Com o novo declínio da produção do açúcar na década de 1990 o município passou a contar também a presença de pequenas, médias, e grandes indústrias que vinham se instalando ao longo dos anos, pode-se citar aquelas de maior relevância sendo a de alimentos, com abatedouros de frangos e na produção de ração animal; e produção de suco artificial, desde. O município atualmente também faz parte do terceiro maior polo moveleiro do país (constituído por oito cidades da região), sendo o primeiro polo do estado de Minas Gerais, tornando a economia do município voltada agora para os setores de produção de alimentos e a produção de móveis (SLAIBI, 2005).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma unidade de medida utilizada para aferir o grau de desenvolvimento de uma determinada sociedade nos indicadores de educação, saúde e renda. O IDH é uma referência numérica que varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de zero, menor é o índice para os indicadores de saúde, educação e renda. Quanto mais próximo de 1, melhores são as situações para esses indicadores. O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), no ano de 2010 para o município de Visconde do Rio Branco, é de 0,709, esse é menor que o IDH nacional que é de 0,761 (IBGE, 2020).

Em 2018, o salário médio mensal era de 1,9 salário-mínimo. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 28,4%. Na comparação com os outros municípios do estado, ocupava as posições 182 de 853 e 53 de 853, respectivamente. Já na comparação com cidades do País, ficava na posição 2.678 de 5.570 e 586 de 5.570, respectivamente. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário-mínimo por pessoa, tinha 29% da população nessas condições, o que o colocava na posição 799 de 853 dentre as cidades do estado e na posição 4.878 de 5.570 dentre as cidades do Brasil (IBGE, 2020).

Apresenta 85,2% de domicílios com esgotamento sanitário adequado, 71,8% de domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 55,9% de domicílios urbanos em vias públicas, com urbanização adequada (presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio). Quando comparado com os outros municípios do estado, fica na posição 141 de 853, 322 de 853 e 87 de 853, respectivamente. Já quando comparado a outras cidades do Brasil, sua posição é 697 de 5.570, 3.000 de 5.570 e 293 de 5.570, respectivamente (IBGE, 2020).

Segundo dados do IBGE de 2017, a taxa de mortalidade infantil na cidade é de 11,24 para 1.000 nascidos vivos. As internações devido a diarreias são de 7,9 para cada 1.000 habitantes. Comparado com todos os municípios do estado, fica nas posições 422 de 853 e 21 de 853, respectivamente. Quando comparado a cidades do Brasil todo, essas posições são de

2.810 de 5.570 e 375 de 5.570, respectivamente. As taxas de mortalidade infantil são geralmente classificadas em altas (50 ou mais), médias (20-49) e baixas (menos de 20). O município conta com 20 estabelecimentos de saúde do SUS (IBGE, 2020).

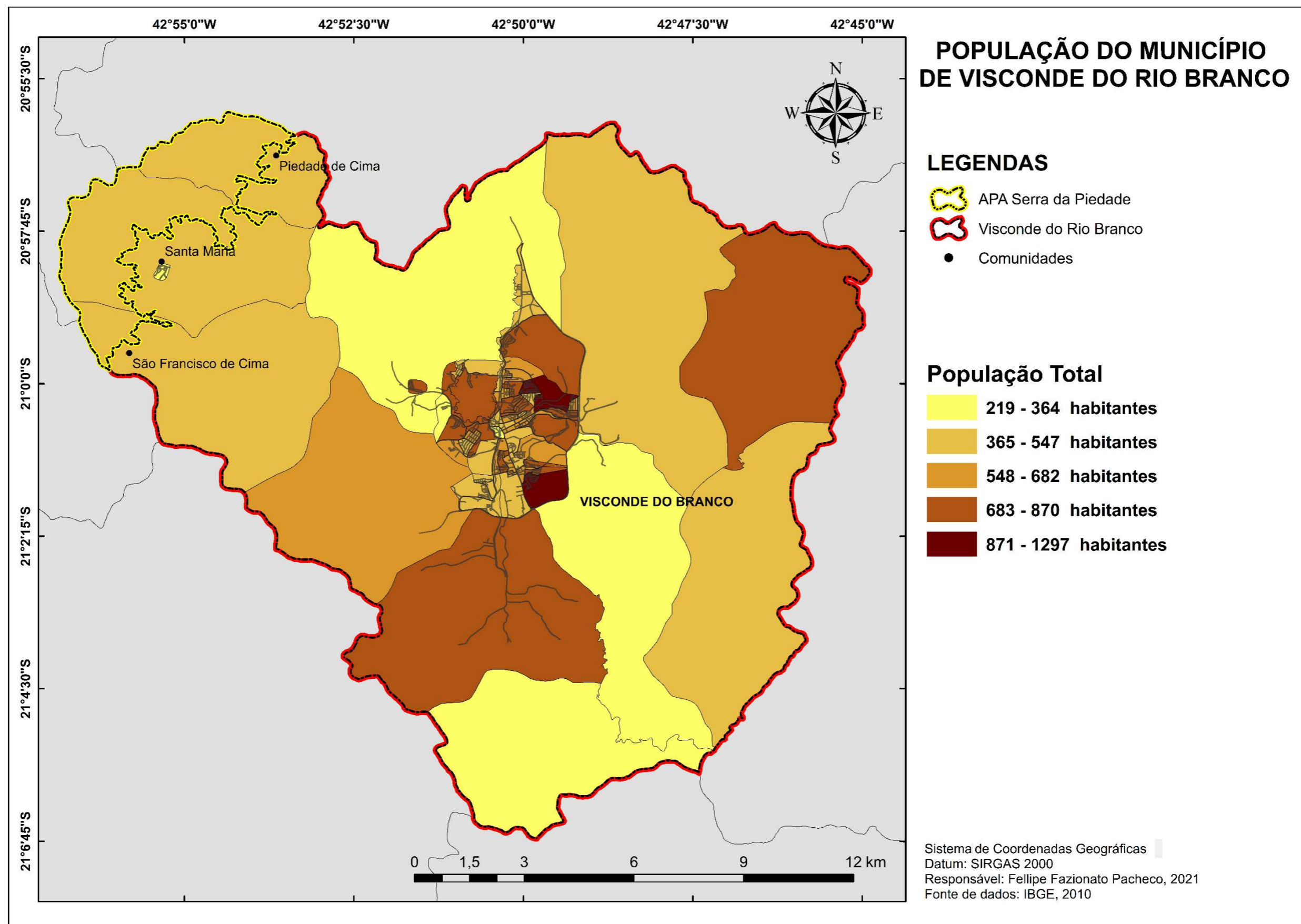
A taxa de escolarização entre 6 e 14 anos de idade no município é de 97,5% segundo o Censo 2010. O IDEB (Índice de Desenvolvimento da Educação Básica), que é um indicador criado pelo governo federal para medir a qualidade do ensino nas escolas públicas, é de 6,5 nos anos iniciais e de 4,6 nos anos finais, segundo dados do IBGE para rede pública de ensino (IBGE, 2020).

Segundo o IBGE (2020), a população total da cidade no último Censo realizado em 2010 era de 37.942 habitantes (Figura 8), a população estimada para 2020 é de 42.965 habitantes. A população rural da cidade de Visconde do Branco segundo o censo de 2010 era de 6.562 pessoas, não foram encontrados dados específicos referentes às comunidades de São José, Santa Maria e Piedade de Cima.

Com uma densidade demográfica de 155,91 h/km² em 2018, o salário médio mensal foi de 1,9 salários mínimos. A proporção de pessoas ocupadas em relação à população total era de 28.4%. Na comparação com os outros municípios do estado, ocupava as posições 182 de 853 municípios e 53 de 853, respectivamente; no País, na posição 2.678 de 5.570 municípios e 586, respectivamente. Considerando domicílios com rendimentos mensais de até meio salário mínimo por pessoa, o município contava com 29% da população nessas condições, o que o colocava na posição 799 de 853 municípios do estado e na posição 4.878 de 5.570 municípios do Brasil. O Município de Visconde do Rio Branco conta hoje com 24 escolas dedicadas para o ensino fundamental e quatro escolas dedicadas ao ensino médio; a taxa de escolarização entre 6 e 14 anos de idade é de 97,5% no município (IBGE, 2020).

A APA Serra da Piedade situa-se a aproximadamente 11 km da área urbana de Visconde do Rio Branco, as comunidades rurais com maior representatividade em extensão territorial e em população, se localizam nos limites da APA Serra da Piedade e em suas Proximidades, são elas: São Francisco, Santa Maria e Piedade de Cima, como observado na Figura 8, não há comunidades presentes dentro da área da APA mas sim ao seu entorno, que têm ligações diretas com o seu território. O município de Visconde do Rio Branco não possui dados diferenciados pelo censo IBGE (2020) para as localidades de São Francisco de Cima e Piedade de Cima; para determinar a população das comunidades foi considerada nesse trabalho a área do setor censitário correspondente.

Figura 8 – Mapa da População Total por Setor Censitário – IBGE 2010.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010)..

A comunidade de São Francisco de Cima (Figura 9) possui uma população residente de 493 pessoas, segundo dados do censo 2010; nessa localidade não há dados que diferencie a população urbana, que de fato vivem na área e a população rural, sendo todas sendo observadas como do tipo rural. Esse setor censitário possui área de 20,959 km² e uma densidade demográfica de 24 pessoas por km², sendo que essa densidade inclui toda área do setor censitário como mostra a Figura 6. (IBGE, 2020).

Figura 9 – Comunidade de São Francisco de Cima.



Foto: Fellipe Fazionato Pacheco (2021).

A comunidade de Piedade de Cima (Figura 10) possui uma população residente de 419, habitantes, segundo dados do censo 2010; na localidade também não há dados que diferem a população urbana da população rural, sendo todas também observadas como do tipo rural. Essa comunidade possui uma densidade demográfica de 46 pessoas por km², e uma área total de 9,084 km², esse setor possui a maior densidade demográfica entre os três citados (IBGE, 2020).

Figura 10 – Comunidade de Piedade de Cima.



Foto: Fellipe Fazionato Pacheco (2021).

Já a comunidade de Santa Maria (Figura 11) possui um setor censitário específico para sua área, como observado na Figura 6. Se contarmos só a população residente dentro do setor censitário, a localidade conta com 348 moradores e tem uma área de 134.259 m², sendo que sua densidade demográfica fica em torno de 0,00259 habitantes por m². (IBGE, 2020).

Figura 11 – Comunidade de Santa Maria.



Foto: Fellipe Fazionato Pacheco (2021).

Os aspectos socioeconômicos são muito importantes para entendermos a conjuntura em que a APA está inserida e em que o trabalho foi realizado. Os níveis de inter-relação entre a APA e a sociedade, que vive dentro dela e ao seu redor, resulta no atual grau de fragilidade em que ela se encontra, isso porque no âmbito da pesquisa, a ação humana é fundamentalmente uma variável indispensável para chegarmos ao seu resultado final. Por isso é de suma importância para a dissertação entender seu contexto histórico atual, para desse modo compreendermos também sua atual configuração.

Vale ressaltar nesse trabalho que, os dados socioeconômicos do IBGE (IBGE) que são retratados nesse trabalho estão completamente desatualizados. O atraso para a realização do Censo Demográfico pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística está impactando o repasse de recursos do Fundo de Participação dos Municípios (FPM) para diversas prefeituras do país, isso prejudica não só o quantitativo do recurso que os municípios recebem para gestão do seu território, mas também uma série de dados que auxiliam na gestão do território. O censo é responsável por fazer um raio-x de diferentes áreas da população, como nível de educação, renda, saúde, saneamento, mercado de trabalho. Destaca-se que as análises da área física como intensidade pluviométrica, declividade e geomorfologia e uso da terra foram realizadas com dados atualizados, de imagens de satélite, mas há um hiato importante nos dados de ocupação da APA que poderiam explicar melhor a relação dos habitantes com seu território e os dados de uso da terra.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)

Apesar do aumento do número de áreas protegidas, em nosso país, ainda permanecem inúmeros problemas administrativos e gerenciais, nessas áreas de conservação, entre os quais destacam-se a ineficiência de suporte público em infraestrutura e vigilância, ocupações ilegais, exploração agropecuária e extração de recursos, mineração, incêndios, contaminações e narcotráfico (RODRIGUES, 2005).

No Brasil, o estabelecimento e a manutenção de Unidades de Conservação iniciam-se a partir da Constituição da República Federativa do Brasil (BRASIL, 1988), que define como tal os “espaços territoriais e seus recursos ambientais com características naturais relevantes”. (COUTINHO JUNIOR et al., 2016).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) foi instituído pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que define Unidades de Conservação (UC) o espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

A primeira Unidade de Conservação (UC) no Brasil surgiu em 1937, com a inauguração do Parque Nacional do Itatiaia, localizado no Estado do Rio de Janeiro. A partir desta iniciativa, o número de UCs aumentou consideravelmente no País, sobretudo entre as décadas de 1970 e 1980, em função do Plano de Sistema de Unidades de Conservação Nacional (CRAVEIRO, 2008).

Os órgãos responsáveis pela gestão do SNUC estão alocados em três níveis a partir de competências consultiva e deliberativa, centralizadora e coordenativa, bem como executiva, de acordo com respectivas atribuições e esferas de atuação. Cada UC, via de regra, tem sua própria gestão e conta com a administração direta de um órgão ambiental responsável (órgão executor), por exemplo, o Instituto Estadual de Floresta (IEF), em Minas Gerais. Comumente as UCs possuem, ainda, um Conselho que poderá ser consultivo ou deliberativo. (COUTINHO JÚNIOR et al., 2016).

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA), publicados pelo Sistema Nacional de informações Florestais, em 2019, o Brasil possuía um total de 2.309 UCs (MMA, 2021). Segundo a Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), por meio do Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA), em Minas Gerais existem hoje 123 Unidades de Proteção Integral e 171 Unidades de Uso Sustentável (SEMAD, 2021).

Na sua implementação, as UCs devem explicitar a categoria de manejo, objetivos, limites, área da unidade, órgão administrativo responsável, população tradicional beneficiada (no caso de Reservas Extrativistas e de Desenvolvimento Sustentável), população tradicional residente (nos casos de Florestas Nacionais, Estaduais e Municipais) e quais atividades econômicas, de segurança e de defesa nacional estão envolvidas. O SNUC situa estudos técnicos e consulta pública para identificação de localização, dimensão e limites mais adequados para a unidade. Desse modo, no ato de criação de uma UC, o órgão responsável pela consulta deve informar claramente à população residente no interior e entorno quais as possíveis decorrências socioambientais que sua implementação poderá causar. No caso da APA Serra da Piedade, as comunidades que situam no seu entorno, são as de Santa Maria, Piedade de Cima e São Francisco de Cima (SILVA et al., 2020).

A efetiva gestão das UCs deve pautar-se pelo o Plano de Manejo, lei interna das áreas de preservação ambiental, especificada pela Lei do Sistema Nacional. O plano estabelece zonas de amortecimento, corredores ecológicos, mosaicos de espaços protegidos, ordenamento da visitação pública, programas de educação ambiental, pesquisas científicas, recursos financeiros e a regularização fundiária. Este documento deve ser elaborado por cada unidade no prazo de cinco anos, contados da sua criação, pelo seu gestor ou proprietário, conforme o caso, e, depois de aprovado, deve ser disponibilizado para consulta pública (ANTUNES, 2012).

Os principais objetivos do SNUC são os de colaborar para a conservação da variedade de espécies biológicas e dos recursos genéticos no território nacional e nas águas jurisdicionais; proteger as espécies ameaçadas de extinção; promover a educação e a interpretação ambiental; fomentar o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais; suscitar a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento; proteger as paisagens naturais e pouco alteradas de notável beleza cênica, proteger as características relevantes de natureza geológica, morfológica, geomorfológica, espeleológica, arqueológica, paleontológica e cultural; proteger ou restaurar ecossistemas degradados, proporcionando

meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental; valorizar econômica e socialmente a diversidade biológica; favorecer condições a recreação em contato com a natureza por meio do turismo ecológico e proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura (BRASIL, 2000).

Internacionalmente, o termo Áreas Protegidas é comumente empregado para definir estes espaços, principalmente pela influência e forte atuação da União Internacional para a Conservação da Natureza ou *International Union for the Conservation of Nature* (IUCN), uma das mais importantes organizações internacionais dedicadas à conservação dos recursos naturais. A experiência mundial mostra que embora existam estratégias para a conservação de ecossistemas ricos em biodiversidade, nenhuma tem se evidenciado tão eficiente quanto o estabelecimento e a manutenção de UCs (WWF-BRASIL, 2008).

Essas Unidades de Conservação estão divididas em dois grandes grupos, sendo eles as Unidades de Proteção Integral e as Unidades de uso Sustentável. Segundo Craveiro, as unidades de conservação exercem um papel vital para a conservação dos recursos naturais, suas funções partem desde preservar amostras representativas de regiões naturais e de sua diversidade biológica, a manutenção da estabilidade ecológica de zonas que as circundam e os valores culturais de uma população circunvizinha. E nesse processo é comum nos depararmos com diversas terminologias para definir uma categoria específica de manejo, como parques, reservas, florestas e entre outras. Mas, de nada disso adianta se as normas e as diretrizes de planos de manejo de uma unidade não forem respeitadas e praticadas, bem como a sua legislação. Logo, a mera criação dessas unidades não garante a conservação dos seus recursos se não executarem políticas em defesa do meio ambiente, com uma educação e consciência ambiental em toda população brasileira, já que as unidades de conservação se mostram tão interligadas com a nossa qualidade de vida. (CRAVEIRO, 2008).

a) Unidades de Proteção Integral

As Unidades de Proteção integral têm o objetivo de preservar a natureza, sendo aceito apenas o uso indireto dos recursos naturais, e por isso as regras e normas são restritivas. Fazem parte desse grupo as seguintes categorias (BRASIL, 2000):

- A Estação Ecológica (ESEC) tem como objetivo a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas. Nesses territórios é proibida a visitação pública, exceto com objetivo educacional e a pesquisa.

- A Reserva Biológica (REBIO) tem como objetivo a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes dentro de seus limites, sem intervenção humana direta nela, promovendo medidas de recuperação de seus ecossistemas, quando alterados, e também executam os manejos necessários para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais.

- O Parque Nacional (PARNA) tem como objetivo a preservação de ecossistemas naturais de grande importância ecológica e beleza cênica, autorizam a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades recreativas em contato com a natureza, projetos de educação e interpretação ambiental, e de ecoturismo ou turismo ecológico.

- O Refúgio da Vida Silvestre (REVIS) tem o objetivo de proteger espaços naturais utilizados para a “existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória”.

- O Monumento Natural (MN) tem como objetivo preservar sítios naturais que contêm a presença de aspectos singularidade, raridade ou representatividade em termos ecológicos, estéticos, científicos e culturais (BRASIL, 2000).

b) Unidades de Uso Sustentável

As unidades de uso sustentável harmonizam a conservação da natureza com o uso sustentável de parte dos recursos naturais, em função disso, aceitam a presença de moradores nos locais. Essas unidades permitem as atividades que envolvam coleta e uso de recursos naturais, desde que esse uso aconteça de forma responsável, respeitando os limites impostos pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. (BRASIL, 2000).

- A Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local, também cabe a ela regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza. Essas áreas podem ser tanto públicas quanto privadas e são conhecidas por possuírem características naturais extraordinárias, ou por acolherem indivíduos raros da fauna e flora regional.

- A Floresta Nacional (FLONA) tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas, é uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas. Não é aceita a ocupação humana nessas áreas, ao menos nos casos em que há existência de comunidades tradicionais no local antes da criação da unidade.

- A Reserva Extrativista (RESEX) tem como objetivo básico proteger os meios de vida e a cultura de populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte; também tem o objetivo de assegurar o uso sustentável dos seus recursos naturais.

- A Reserva de Fauna (REFAU) tem o objetivo voltado para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos; é uma área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, além de serem criadas para manter essas populações. Essas unidades são de domínio público, não sendo permitida a apropriação particular.

- A Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) tem o objetivo de preservar a natureza além de abrigarem populações tradicionais que vivem de sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais e que, em virtude de seu modo de vida, contribuem para a proteção e para a manutenção da diversidade biológica, assegurando sua perpetuação; também visa garantir a qualidade do modo de vida e a exploração dos recursos naturais pelas comunidades tradicionais que lá habitam. Essas áreas são de posse e domínio público, não podendo haver apropriação particular.

- A Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) tem o objetivo de conservar a diversidade biológica, área privada onde é firmado um compromisso perpétuo entre o proprietário e o governo de conservação da diversidade biológica. Nessas áreas só são permitidas a pesquisa científica e a visitação pública com objetivos turísticos, recreativos e educacionais.

- A Área de Proteção Ambiental (APA) que é evidenciada em nosso estudo, é uma categoria de Unidade de Uso Sustentável tem como objetivo básico proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais, é uma área em geral extensa, constituídas por áreas com características específicas, sejam bióticas ou abióticas, estéticas ou culturais, que são consideradas importantes para o bem-estar humano com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais, especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2000).

3.2. A Teoria dos Geossistemas

Um dos fundamentos teóricos que embasam esta pesquisa, têm seus alicerces no trabalho realizado Ludwig von Bertalanffy (1928). O autor concebeu e aperfeiçoou seus estudos no desenvolvimento dos organismos ao combater às compreensões mecanicistas contemporâneas à época. Na década 1930, o autor formula a ideia fundamental da sua teoria onde “o ser humano e os animais funcionam como um todo, como um sistema”. Em 1950, publica uma série de artigos onde concebe a noção de sistema aberto que constituirá a base da Teoria Geral dos Sistemas. Já em 1954, cria, com um grupo de amigos, a *Society for General Systems Research* (Sociedade de Pesquisa dos Sistemas Gerais), com a intenção de ampliar o estudo da Teoria dos Sistemas. Finalmente, em 1968, publica a sua obra fundamental – *General System Theory* – onde procura possibilitar a aplicação da sua teoria à Matemática, às Ciências da Natureza e às Ciências Sociais com a ideia de integrar vários níveis das ciências.

Segundo Drack (2009), a abordagem geral do sistema de Bertalanffy apareceu cronologicamente depois que ele já havia aplicado uma “teoria do sistema” em Biologia. Em 1928, Bertalanffy já tentou abordar os problemas centrais da vida, a saber, ordem e organização (uma derivação da totalidade) no organismo formulando teorias de desenvolvimento de que “integridade, é o principal atributo da vida”. (BERTALANFFY, 1928).

Para Bertalanffy (1934), observar eventos apenas separadamente não revelará nada sobre a organização do organismo. E a Biologia deve compreender o organismo como um todo; sendo assim, a característica da vida não está na distinção dos processos de vida individuais, mas, sim, em uma certa ordem entre todos os processos.

A Teoria Geral dos Sistemas consiste então em um conjunto de teorias e formulações conceituais que possam ser aplicadas na realidade e procuram explicar a dinâmica da natureza de forma integrada. Posto isso, a partir de década de 1960, com o russo Victor Sotchava, a Geografia inicia um processo onde formula uma aplicação da teoria geral dos sistemas ao estudo

da superfície terrestre e suas paisagens, sendo elas modificadas ou não pelo homem, essa é denominada como a Teoria dos Geossistemas.

A Teoria dos Geossistemas é discutida por vários autores dentro da ciência geográfica, que incluem Bertrand (1968) e Tricart (1977). Esses autores trazem uma forma de pensar os geossistemas como a paisagem resultante da ocupação humana sobre o meio ambiente, como a distribuição de energia ocorre entre as variáveis naturais e a ação antrópicas e qual é o resultado que o meio ambiente vai demonstrar perante essa ocupação.

Para avaliar o impacto dessas ações antrópicas, os trabalhos de Ross (1994) e Crepani et al. (2001) formulam uma teoria que contemple a fragilidade do meio natural diante das ações humanas do meio ambiente e a fragilidade do ambiente por ele mesmo, ou seja, sua fragilidade natural.

Desse modo, a Teoria dos Geossistemas forneceu subsídios para que fosse formulada uma análise multicriterial para determinar a fragilidade de diversos ambientes, segundo sua própria morfologia e segundo a intervenção humana que ali ocorre.

Na década de 1920, o biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy desenvolveu a Teoria Geral dos Sistemas (TGS), que consiste no conjunto de elementos com várias características distintas, que conserva relações entre si e formam o todo. (BERTALANFFY, 1934).

Segundo Nascimento e Sampaio, o conceito de geossistema forneceu à Geografia Física um caráter metodológico, que, até então, era indefinido, propiciando a avaliação de estudos integrados da paisagem, fomenta a análise ambiental por meio do estudo prático do espaço geográfico, introduzindo ação social e sua interação natural com o potencial ecológico e a exploração biológica (NASCIMENTO; SAMPAIO, 2004).

Neves (2014) afirma que a teoria dos geossistemas pode ser utilizado pela ciência geográfica, uma vez que, representa uma importante evolução nos estudos geográficos, sobretudo na Geografia Física. Isso efetiva-se pois o geossistema humaniza a Geografia Física por considerar a interação e a integração dos elementos abióticos e bióticos, associado às ações antrópicas, alertando para não tratar esses elementos de maneira isolada e na mesma escala temporal, por isso o mesmo é exposto como um conceito naturalista com dimensão antrópica.

Dias e Perez Filho (2017) afirmam que a Teoria dos Geossistemas foi introduzida na Geografia a partir da década de 1950, com a Geomorfologia de Strahler e conforme Cereda Junior (2011), foi na década de 1960 que a Geografia começou a absorver esta teoria, aplicando-

a principalmente na área da Geografia Física, com contribuições de Hack (1960), Chorley (1962), Sotchava (1963) e Howard (1965).

Para Vicente e Perez Filho (2003), o modelo sistêmico, nos estudos geográficos, se introduz na própria necessidade de reflexão sobre a apreensão analítica ambiental, por meio da evolução e interação de seus componentes naturais e antrópicos, resultando em organizações espaços-temporais. Os autores destacam a necessidade de estudar os componentes da natureza por meio da conexão entre eles.

Desse modo, tomando as variáveis nesse trabalho denominadas de geofácies como caráter conexo da paisagem, por meio dos esboços sistêmicos, procurou-se analisar o lugar que cabe a ciência geográfica na análise integrada entre os fluxos de matéria e energia dos sistemas ambientais, concebendo o conceito de “geossistema”, que desde sua concepção auxilia a análise dos processos geográficos entre sociedade e natureza através, essencialmente, do conceito de paisagem (ROSS, 1994).

Assim sendo, ressalta-se que a Teoria Geral dos Sistemas proveu grande subsídio na formação de concepções mais completas e complexas de sistema. Esses sistemas possuem caráter energético-substancial de componentes inter-relacionados em ligações múltiplas (diretas e inversas), em unidades formadas por objetos, onde são destacadas três formas de mudança, sendo elas a dinâmica da “operação, a evolução e a transformação” (MATTOS; PEREZ FILHO, 2004).

Troppmair (1985) afirma que a visão sistêmica ainda foi um episódio que promoveu para a Geografia o direcionamento para a sistematização e a integração do meio ambiente com seus elementos, conexões e processos, como potencial a ser utilizado pelo homem, assume um peso crescente. Lembrando que a ideia de que a Geografia assume o meio físico como produto, único e isolado em si, é uma falácia que não deve ser atentada. O meio físico para a Geografia deve ser acima de tudo um meio integrado e dinâmico, em que os seres vivos, entre eles o homem, vivem, se conectam e desenvolvem suas atividades.

Segundo o referido autor, a estrutura, as suas inter-relações e a dinâmica que ocorrem em determinada área formando o geossistema, dão origem à feição, à fisionomia daquele espaço, que nada mais é do que a própria paisagem vista como um sistema, como uma unidade real e integrada. A paisagem seria então a fisionomia do próprio geossistema (TROPMAIR, 1983).

A metodologia dos geossistemas proporciona uma visão global que permite aplicá-la em escalas distintas, procurando entender a função dos ambientes e suas inter-relações. O geossistema é, portanto, uma unidade complexa, um espaço amplo que se caracteriza por certa homogeneidade de seus componentes, estruturas, fluxos e relações que, integrados, formam o ambiente físico onde há exploração biológica (TROPPEMAIR; GALINA, 2006).

Logo este trabalho faz a utilização da teoria dos geossistemas, e nas suas diferentes propostas de modelos conceituais, morfológicos e de classificação, como os de Tricart (1977) e principalmente sobre a proposição de Geossistema de Bertrand (1968), para propor sua base teórica.

3.2.1. O Geossistema de Sotchava

Em 1962, a escola russa, por intermédio de vários geógrafos, deu vazão ao surgimento de novas áreas de estudo da geografia, entre esses geógrafos, destacam-se os trabalhos da Paisagem, de Boris B. Polinov; a Biogeoquímica e a Teoria da Biosfera, de Vladimir I. Vernadsky; a Biogeocenologia, de Vladimir N. Sukachev; a Ciência da Paisagem, de Lev Semionovitch Berg e a Teoria do Geossistema de Viktor Sotchava (BERNARDINO et al., 2018).

Quando se chega ao início de década de 1960, o geógrafo russo Viktor Sotchava se apropria do princípio básico da Teoria de Bertalanffy, chamada Teoria Geral dos Sistemas, que traz em sua concepção elementos essenciais, como a inter-relação e a interdependência dos fenômenos, e aplica esses elementos dentro da ciência geográfica. Viktor Sotchava desenvolveu o conceito de *geossistema*, tratando da relação entre a natureza e a sociedade, envolvendo as interferências de fatores econômicos e sociais (CHRISTOFOLETTI, 1999).

Segundo Sotchava (1963), um geossistema é uma dimensão do espaço terrestre onde os diversos componentes naturais encontram-se em conexões sistêmicas uns com os outros, apresentando uma integridade definida, interagindo com a esfera cósmica e com a sociedade humana. O autor ainda define que o geossistema consiste em uma unidade dinâmica com organização geográfica própria; um espaço que permite repartição de todos os componentes de um geossistema, o que assegura sua integridade funcional. O autor denomina como paisagem total a integração entre a paisagem natural e os reflexos da ação do homem sobre o meio natural, tendo em vista a “combinação dinâmica, logo instável, de elementos físicos, biológicos e

antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em contínua evolução.

Bolós (1992) explica que, para Sotchava (1963), o *geossistema* é uma dimensão do espaço terrestre onde os diversos componentes naturais encontram-se em conexões sistêmicas uns com os outros, onde todos os elementos da paisagem atuam como um modelo global, territorial e dinâmico, aplicável a qualquer paisagem concreta, e que todo sistema natural é classificado como aberto, uma vez que nele entra e sai determinada quantidade de matéria e energia, fazendo dele um sistema dinâmico. Também, segundo Sotchava (1963), a preocupação essencial dos estudos da geografia física não é o simples estudo dos componentes da natureza, mas, sim, as conexões entre eles, necessitando o estudo não se ater restritamente a morfologia da paisagem, mas extrapolar para o estudo de sua dinâmica, incluindo as integrações entre o homem e o meio natural.

Ainda na definição Sotchava (1978),

um *geossistema* é um sistema dinâmico aberto hierarquicamente organizado em uma dimensão do espaço terrestre onde os diversos componentes naturais encontram-se em conexões sistêmicas uns com os outros, apresentando uma integridade definida, interagindo com a esfera cósmica e a sociedade humana. (SOTCHAVA, 1978).

O geógrafo russo elaborou uma classificação onde os níveis hierárquicos (táxons) são definidos com precisão, mas, por outro lado, deixam dúvidas sobre sua escala. Para Sotchava, as organizações espaciais se manifestam em variadas escalas e espacialização territorial, apresentando uma taxonomia de geossistemas, mencionada por ele como geômeros (unidades homogêneas) e geócoros (unidades diferentes). Essas unidades, por sua vez, dividem-se em três níveis taxonômicos: topológico, regional e planetário (SOTCHAVA, 1963).

A proposição teórico-metodológica e prática, apresentada por Sotchava e demais geógrafos da ex-URSS, inserida no modo russo-soviético de enxergar a Geografia Física voltada para a aplicação, é um significativo marco de mudança de postura dos geógrafos diante dos problemas de planejamento e de desenvolvimento econômico e social de um lado e dos problemas ambientais de outro (ROSS, 2006).

Portanto, segundo Neves et al. (2014), o modelo de análise sistêmica forneceu a chance de rever os fundamentos lógicos da ciência da paisagem no entorno do Complexo Territorial Natural e meio ambiente, estabelecendo uma distinção clara entre problemas da fisiografia e da

setorização das disciplinas geográficas (apud SOTCHAVA, 1978; SNYTKO; SEMENOV, 2008).

Troppmair e Galina (2006) destacam que, ao criar o termo “geossistema” Sotchava o deixou bastante vago e flexível. Por este motivo, vários geógrafos utilizaram e empregaram o termo (geossistema) com conteúdo, metodologia, escala e enfoque diferentes. Sendo assim vários autores reaplicam essa teoria a realidade do contexto que estão inseridos, logo diversos trabalhos surgem para explicar essa teoria, entre eles, os que foram escolhidos para referenciar teoricamente o nosso trabalho, são eles os de Bertrand (1968) e o de Tricart (1977).

3.2.2. A Ecodinâmica de Tricart

O trabalho de Jean Tricart (1977) insere a classificação ecodinâmica do meio ambiente, e sugere a criação da teoria sistêmica na Geografia:

O conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise – que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação – e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente (TRICART, 1977, p. 32).

Segundo Tricart (1977), os recursos ecológicos são elementos do meio ambiente necessários à vida do homem; desse modo, estudar os problemas do meio ambiente responde ao conceito de que a Ciência deve contribuir para o bem público, devemos, assim, estimar o impacto das ações técnico-econômicas do homem sobre um ecossistema (TRICART, 1977).

O autor define o conceito de sistema como um conjunto de fenômenos que se desenvolvem a partir dos fluxos de matéria e energia, que tem origem a partir de uma interdependência, no qual surge uma nova entidade global, integral e dinâmica, permitindo, assim, uma atitude dialética, a necessidade de análise e de visão do todo, afim de se atuar sobre o meio ambiente, como consequência, o sistema apresenta propriedades que são essenciais e diferem da soma das propriedades de seus componentes (TRICART, 1977).

Para o autor, esse conceito possibilita assumir uma atitude dialética entre a necessidade da análise e a necessidade de uma visão conjunta, capaz de acarretar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente. “O conceito de sistema é, atualmente, o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar os problemas do meio ambiente”. (TRICART, 1977).

O autor descreve ainda que conceito de ecossistema foi proposto em 1935 pelo botânico inglês Arthur George Tansley. Apesar do conceito de ecossistema já existir, Tansley o

sistematizou; a definição dada por ele foi de que um ecossistema é um conjunto de seres vivos mutualmente dependentes uns dos outros e do meio ambiente no qual vivem (TANSLEY, 1935).

Para Tricart (1977), a Ecologia objetiva estudar os vários seres vivos em suas relações com o meio ambiente. Como o homem participa ativamente dos Ecossistemas em que vivem ele os modifica e os Ecossistemas reagem exigindo algumas adaptações do homem. Neste sentido, a forma como o homem mais influência na alteração do Ecossistema é por meio da retirada de recursos naturais. Nesse caso, os Sistemas naturais são a interação de um conjunto de elementos formados a partir de processos naturais, capazes de se manter em um equilíbrio dinâmico, sem a intervenção humana.

Neste sentido, Tricart (1977) estabelece uma classificação Ecodinâmica fundamentada em unidades em termos de degradação ou conservação, segundo três estágios: *Meios Estáveis*, *Meios Intergrades* e *Meios Fortemente Instáveis* (TRICART, 1977).

Sob o ponto de vista da analogia morfogênese/pedogênese, Tricart (1979) relaciona os meios estáveis, a biostasia encontrada na obra de Bertrand, e os meios instáveis, a resistasia, sendo os meios intergrades (ou intermediários) o diferencial, pois busca uma maior aproximação da dinâmica natural.

Nos Meios Estáveis, a pedogênese é o processo predominante, decorrente de uma proteção da cobertura vegetal (fitoestasia). Nessa situação, o modelado evolui lentamente, muitas vezes de forma insidiosa, dificilmente perceptível, os processos mecânicos atuam pouco e sempre de modo lento. Nos *meios intergrades*, há interferência permanente de morfogênese e pedogênese, que exerce de maneira concorrente sobre um mesmo espaço é a passagem gradual entre os meios estáveis e instáveis. Nos *meios fortemente instáveis*, a morfogênese é superada a pedogênese, o elemento predominante na dinâmica natural e fator determinante do sistema natural, ao qual outros elementos estão subordinados (TRICART, 1977).

A abordagem Ecodinâmica, formulada por Tricart, é fundamentada no estudo da dinâmica dos ecótopos^{1/}. Para o autor, a dinâmica do meio ambiente dos ecossistemas é de suma importância para a conservação e o desenvolvimento dos recursos ecológicos. Para Tricart, uma unidade ecodinâmica, é caracterizada por certa dinâmica do meio ambiente que tem repercussões mais ou menos importantes sobre as biocenoses^{2/}. O conceito de unidades

¹ Meio ambiente de um ecossistema

² Conjuntos dos seres vivos de um ecossistema

ecodinâmicas é integrado ao conceito de Ecossistema, onde definiu que os ambientes, quando estão em equilíbrio dinâmico, são estáveis e quando em desequilíbrio são instáveis (TRICART, 1977).

Assumindo o Geossistema como referência para uma análise crítica de planejamento e gestão ambiental, Tricart apresenta-se a questão do como fazer, que ferramentas devemos utilizar, quais indicadores são relevantes, para se apresentar uma modelagem consistente, como processar os dados obtidos e como evidenciá-los de forma clara e objetiva para que outros possam entender os resultados obtidos.

A evolução da “ciência da paisagem” no âmbito da Geografia produziu uma melhor definição do conceito a partir do questionamento da dicotomia entre paisagem humana e paisagem natural embora a visão da paisagem natural predominasse como elemento ideográfico e descritivo. A escola russa se desenvolveu em torno dessa discussão originalmente e interagiram posteriormente com a escola francesa que se desenvolvia paralelamente. Esta última trouxe várias contribuições a Geografia brasileira, fornecendo suporte teórico a metodologia. A discussão da noção de paisagem e sua evolução na Geografia e a sistematização do conceito de geossistema para compor o método de análise da paisagem foram a base, no Brasil, para os esforços de análises integradas na tentativa de articular o maior número possível de correlações dos diferentes atributos na estrutura de uma paisagem (MONTEIRO, 2001).

A análise geossistêmica de Tricart propõe que as variáveis discutidas são interdependentes e possuem uma hierarquia no processo e na interpretação do objeto de estudo, que é próprio para cada geossistema. Nessa Carta de Fragilidade, quando lavamos em consideração a Geologia, a Declividade, o Uso da Terra, a Intensidade Pluviométrica e os Tipos de Solos, todas essas variáveis têm o mesmo peso dentro do modelo gerado pela elaboração da carta, por isso, que o modelo geossistêmico e o modelo ecodinâmico hierarquizam a participação dessas variáveis dentro do contexto de análise, acima disso, quando se dá as notas nas classes de cada variável evidenciamos a diferença que cada um dos atributos possui dentro das variáveis escolhidas, ou seja cada classe vai ter maior ou menor ação em termos da Fragilidade Ambiental, dentro do nosso pressuposto de análise.

Desta forma insere-se a hipótese metodológica, proposta por Tricart (1977), da análise morfodinâmica da paisagem, salienta a importância das observações morfoestruturais, processuais e funcionais da superfície terrestre, durante o estudo de um determinado sistema de paisagens, e que influenciavam diretamente a sua morfodinâmica.

A contribuição de Tricart (1977) para elaboração do trabalho se efetiva na utilização de um instrumento lógico, mais tarde consolidado por Ross (1994), que permite identificar e classificar categorias em Unidades Ecodinâmicas Estáveis (Fragilidade Potencial) para as áreas em equilíbrio dinâmico e Unidades Ecodinâmicas Instáveis (Fragilidade Emergente) para as áreas modificadas pela ação antrópica. Em suma, a maneira dinâmica de abarcar os problemas possibilita introduzir critérios de ordenação e gestão do território.

A análise integrada da paisagem que considera a dimensão natural e social dos sistemas paisagísticos possibilitou a Geografia avaliar como acontece a interação sociedade-ambiente nos diferentes espaços. Desse modo a proposta de Sistema e de Ecodinâmica, de Tricart, tornou possível adotar uma atitude entre a necessidade da análise das partes e, da mesma forma, da visão de conjunto. Essa visão propicia um entendimento eficaz sobre o meio ambiente, colaborando assim para os estudos de vulnerabilidade e, deste modo, para o Planejamento Ambiental.

3.2.3. O Geossistema de Bertrand

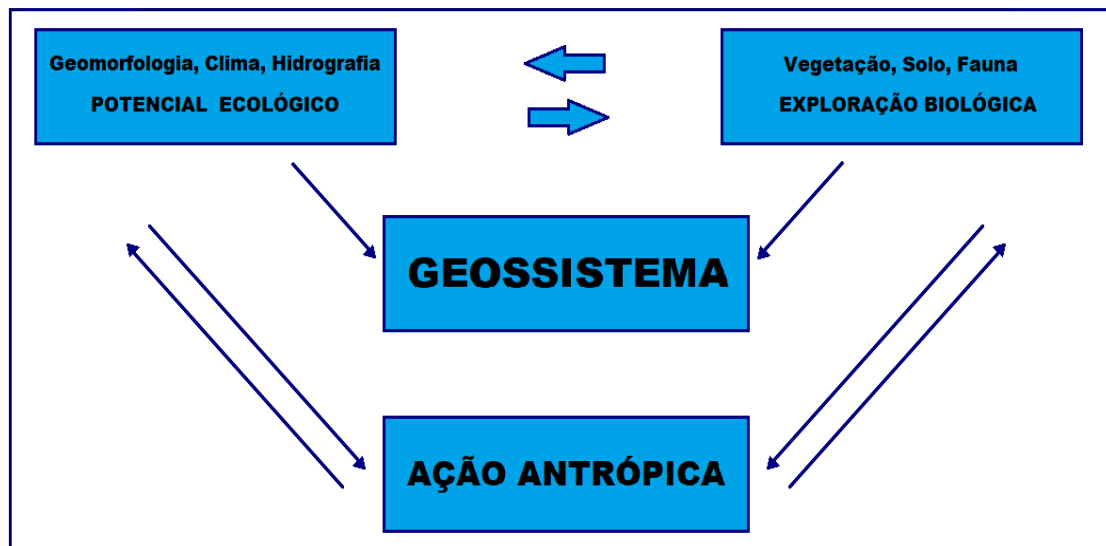
Os franceses deram início à *Teoria Geral dos Sistemas* (TGS) fundamentada na abordagem sistêmica e no aspecto teórico-metodológico, utilizando a representação cartográfica, introduzindo o estudo da paisagem conforme sua dinâmica de interdependência e interação entre seus componentes, conforme Tricart e Bertrand (MARQUES NETO, 2008).

Segundo Buss e Furtado (1998), a contribuição de Georges Bertrand dada ao estudo dos geossistemas e merece destaque. É com esse autor que a Geografia passa a ressaltar que na pesquisa dos geossistemas, além do estudo dos elementos abióticos (clima, solo, hidrografia etc.) e bióticos (flora e fauna), segundo o autor, é necessário utilizarmos elementos da sociedade, da história, da economia, não para fazer sociologia, mas estudar o meio ambiente, ou seja, analisar o meio ambiente de épocas passadas e, em particular, o que passa na história.

Bertrand (1968) otimiza o conceito de Sotchava e dá a conotação geossistêmica, uma conotação mais precisa, estabelecendo uma tipologia espaço-temporal, compatível com a escala socioeconômica. Isso ocorre justamente por que Bertrand aplica a teoria geossistêmica no contexto da realidade francesa, possivelmente, com base nas dimensões e nas escalas de análise daquele país. Então, Bertrand refere-se a áreas relativamente pequenas para definir geossistemas, geofácies e geótopos, variando a área entre alguns quilômetros quadrados (geossistema) e a poucos metros quadrados (geótopo).

Assim, o autor introduz o conceito de geossistema baseado em três pontos: potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica (Figura 12). Esse conceito forma um complexo dinâmico que se inter-relaciona, dando assim importância à dinâmica social junto aos processos naturais do geossistema.

Figura 12 – Modelo dos Geossistemas de Bertrand (1968).



Fonte: Bertrand (1968).

Segundo o autor, é nessa escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que envolvem as combinações dialéticas mais interessantes para o geógrafo que se caracterizam também por forte alteração antrópica. Nos níveis superiores, as regiões naturais, o dos domínios e as zonas, ao autor só o relevo e o clima importam e, acessoriamente as grandes massas vegetais (TROPPEMAIR; GALINA, 2006).

Este trabalho então adota como referência a teoria geossistêmica elaborado por Bertrand onde o autor estabelece um sistema taxonômico para o geossistema, que possibilita uma classificação em função de sua escala, caracterizando-o como uma unidade de paisagem (BERTRAND, 1968)

Bertrand elabora uma diferenciação das pesquisas da intitulada Geografia Física de moldes regionais. Neves (2015) destaca que, diferentemente de Sotchava, Bertrand aproxima o homem da natureza ao analisá-lo na mesma hierarquia. Nesse ponto de vista, o autor, apoiado nos princípios de “biostasia e resistasia”^{3/} do edafólogo Erhart, define o geossistema em relação

^{3/} O edafólogo Erhart denominou biostasia o estado de estabilidade vegetal que se traduz por uma meteorização e uma erosão fracas, com transporte pouco significativo e sedimentação fina, principalmente orgânica. Pelo contrário, denominou resistasia a situação resultante da ruptura do equilíbrio biológico: erosão muito significativa, transporte da camada alterada e posterior sedimentação mais grosseira.

à constituição e destruição do solo por meio da dinâmica do relevo, evidenciando a relevância da ação e dinâmica antrópica na modificação da paisagem.

Bertrand defende a visão holística da paisagem em contraponto à análise compartimentada, geralmente utilizada na Geografia, destacando a inexistência de limites próprios para cada ordem de fenômeno; quem faz a limitação é o pesquisador, como forma de aproximar o estudo à realidade geográfica (BERTRAND, 1968).

Esses geossistemas trazem inferência à escala têmporo-espacial de análise, tal qual pode ser vista através da subdivisão das ordens de grandeza, através de zona, do domínio e das regiões naturais, além de unidades inferiores, como os geossistemas, geofácies e.g., cujas escalas inferiores têm a representação de corresponder a maiores possibilidades de análise e mapeamento, já que abrangem a escala de forte alteração humana. Assim, o geossistema pode ser dado, segundo Bertrand, como um conceito híbrido. Segundo o autor, o ambiente é um conceito muito amplo e vago demais para se prestar diretamente a uma análise frontal e formal do tempo.

O trabalho de Cailleux e Tricart (1956) representa o marco inicial do emprego de uma escala espaço-temporal para fundamentar as pesquisas geomorfológicas. O geossistema de Bertrand é subdividido em unidades de paisagem, conforme a escala espaciotemporal, de Cailleux e Tricart. Observando o Quadro 1, percebe-se que unidades superiores são definidas como zona, que é reservado aos conjuntos de primeira grandeza, definidos primeiramente pelo seu clima e biomas, como domínio, conjunto de segunda grandeza; e região natural, denominadas de terceira e quarta grandeza.

Quadro 1 – Escala Têmporo-Espacial de Representação.

Unidade de Paisagem	Escala Têmporo-Espacial (Cilleux-Tricart)	Unidades Elementares				
		Relevo (1)	Clima (2)	Botânica	Biogeografia	Unidade Valorada pelo Homem (3)
Zona	G I		Zonal		Bioma	Zona
Domicílio	G II	Domínio estrutural	Regional			Domínio região
Região Natural	G III	Região estrutural		Estágio série		Bairro rural ou urbano
Geossistema	G IV-V	Domínio estrutural	Local		Zona equipotencial	
Geofácia	G VI			Estágio agrupamento		Exploração ou bairro parcelado (pequena ilha ou cidade)
Geótopo	G VII		Microclima		Biótopo biocenose	Parcela (ex.: casa na cidade)

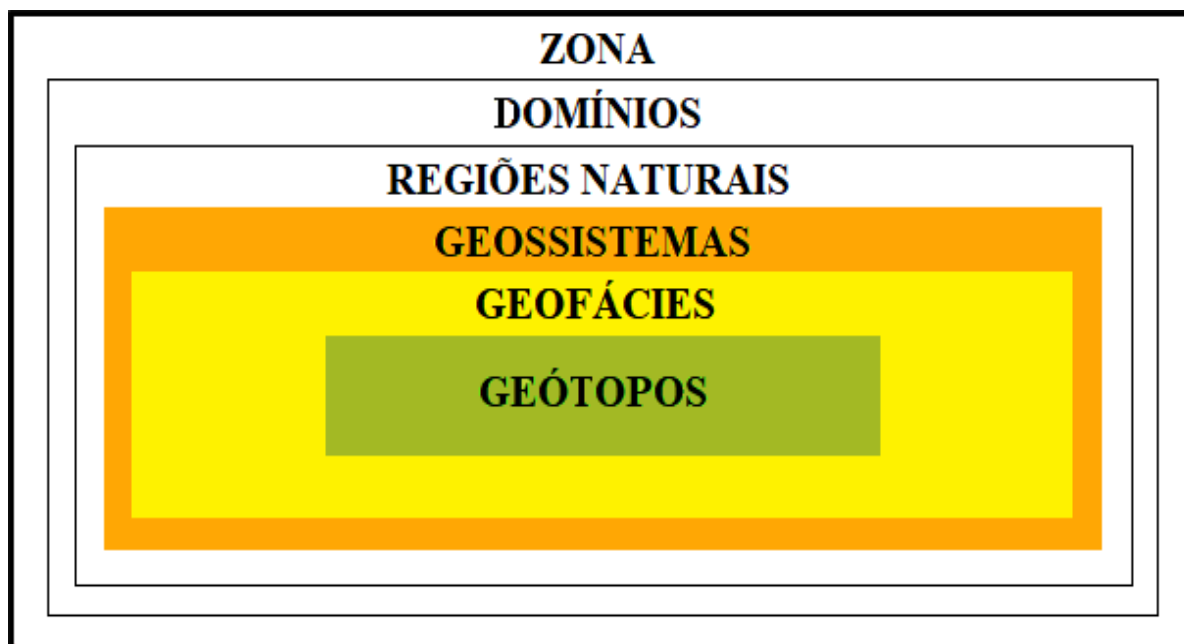
Fonte: Bertrand (1968).

Já as unidades inferiores são classificadas em geossistema, definidos como unidades fisionômicas homogêneas, sendo um complexo geográfico e a dinâmica do conjunto; as geofácies, que representa uma subdivisão destas unidades com seus aspectos fisionômicos; e o geótopo, a menor unidade geográfica homogênea classificada e o último nível de escala espacial.

Na proposta inicial de classificação das paisagens, apresentada por Georges Bertrand (1968), as geofácies são os aspectos superficiais das paisagens: solos, vegetação e explorações humanas sobre o meio natural. As geofácies, por sua vez, se dividem em *geótopos*, que são as menores unidades de um geossistema e que correspondem a particularidades topo-geomorfológicas.

Na categorização da paisagem ao propor sua taxonomia em seis níveis, considerando espaço e tempo, Bertrand introduz as relações com o potencial ecológico, a exploração biológica e a ação da sociedade (humana) no estudo da hierarquia da paisagem, introduzindo os níveis de zona, domínios, regiões naturais, geossistemas, geofácies e geótopos sendo as três unidades iniciais chamadas de superiores e as três restantes denominadas de inferiores (Figura 13) e os métodos para essa avaliação são embasados na proposta metodológica de taxonomia, dinâmica, tipologia e cartografia.

Figura 13 – Níveis de Hierarquia da Paisagem.



Fonte: Bertrand (1968).

Bertrand (1968) afirma que, para estudar geossistemas, ou seja, a análise de um território, deve ser realizada de três formas:

a - uma entrada que será essencialmente *naturalista*, que levará em conta características e, evolução da natureza bio-físico-química para compreender o funcionamento dos elementos naturais, do relevo, da vegetação, do solo, mas integrados; *b*- Em seguida vem a segunda entrada: que chamei simplesmente de território dos homens, é a entrada da gestão do meio ambiente. É uma entrada essencialmente econômica, ou socioeconômica; *c* - E o terceiro modo pelo qual posso entrar, é o cultural, é o conceito de paisagem. (BERTRAND, 1968).

O autor explica que a paisagem deve ser situada no tempo e no espaço, considerando inícios de manifestação e de extinção.

A paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. É, em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto, instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 1968, p. 142).

Segundo Troppmair e Galina (2006), ao pesquisarmos os geossistemas, que são definidos como sistemas dinâmicos, devemos abordar tanto os elementos abióticos, bióticos e noóticos, não somente os existentes no momento; mas levar em consideração também sua história. Assim ganha importância fundamental o elemento “tempo”, seja este linear, de

evolução normal, ou cíclica, alterações no decorrer do ano com a fenologia das estações, refletindo-se na dinâmica da natureza, no agir e no comportamento social e nas atividades econômicas. Acrescentamos um terceiro tempo: o tempo antrópico ou de impactos. O tempo antrópico ou de impactos é o tempo que altera de forma mais rápida e drástica o geossistema e sua paisagem, pois ocorre em curtíssimo espaço de tempo, ou seja, em poucos anos, meses ou mesmo em dias ou horas. São queimadas do Brasil Central e da Amazônia, inundações, movimentos coletivos do solo, desmatamentos ou implantação de monoculturas.

Desse modo, o presente trabalho emprega as definições de Geossistema de Bertrand para definir a escala geográfica de estudo do trabalho, a ação do homem sobre o meio natural e a própria significação da paisagem, como uma dinâmica de interdependência e interação entre seus componentes. Isso pois essa proposta foi a que mais se adequou e foi mais propensa para as análises propostas. Assim esses pressupostos teóricos da concepção integrada da paisagem de Bertrand dão subsídios para a criação de um modelo de fragilidade ambiental para APA Serra da Piedade.

3.3. A aplicação do Modelo Geossistêmico

Ross (1990) aborda em seu trabalho a ligação da geomorfologia aos estudos de impactos ambientais e de planejamento ambiental. Em seu livro *Ecogeografia do Brasil* (2006) Ross vai se ater seus estudos de planejamento ambiental a partir dos conceitos de Geossistemas, Ecodinâmicas e de Ecogeografia, apoiado, principalmente, nos estudos de Bertrand, Tricart e Sotchava.

Ross (1994) descreve uma metodologia de análise empírica que atua na definição da fragilidade em ambientes naturais e antropizados, apresentando como fundamento teórico o conceito das unidades ecodinâmicas de Tricart (1977). Esse processo de planejamento territorial reúne diferentes padrões de fragilidade ambiental. Conforme Ross, essas unidades se dividem em: *unidades ecodinâmicas estáveis* (instabilidade potencial) e *unidades ecodinâmicas instáveis* (instabilidade emergente), no qual o *mapa de Fragilidade Potencial* representa fatores inerentes à paisagem e o *mapa de Fragilidade Emergente* pondera também a cobertura da terra e intervenções humanas.

Ross (1994), a partir do conceito de unidades ecodinâmicas, elabora o conceito de fragilidade de ambientes que podem ser tanto naturais quanto antropizados. Ele insere o conceito a partir da relação da fragilidade dos ambientes pela interferência humana. O autor

assegura que antes das intervenções humanas, o meio coexistia em um estado de “equilíbrio dinâmico”. Em síntese, para a concretização desta base teórica, o autor fundamentou seus estudos na teoria de sistemas expressa por Tricart (1977), onde o autor insere as categorias Unidades Ecodinâmicas Estáveis que no produto cartográfico final se dá como Fragilidade Potencial, para as áreas em equilíbrio dinâmico e Unidades Ecodinâmicas Instáveis cujo produto cartográfico final se dá como Fragilidade Emergente, para as áreas modificadas pela ação antrópica. (ROSS, 1994).

Foi somente com o início da evolução da concepção sistêmica do meio que a visão das pesquisas ambientais se conduziu para uma ideia mais unificada da conformação espacial, ou seja, observou-se não só o dinamismo dos processos presentes no meio, mas, também, suas interdependências. Desse modo, as percepções da fragilidade ambiental exposta por Ross (1994) partem dessa conjectura geossistêmica e ecodinâmica da paisagem, onde as escalas partem de episódios locais e podem ir até mesmo em extensões globais de ocorrência.

Atualmente, as temáticas em volta da conjuntura climática do planeta explicam esta analogia. Estes debates apresentaram a ideia de conservação do equilíbrio dos sistemas, em todas as esferas dos processos naturais, não somente na disponibilidade dos recursos em si para o aproveitamento humano, mas, também, na preservação do meio natural. Precisamente, pela configuração integrada e interdependente, como o equilíbrio dinâmico da natureza se comporta, a interferência humana na degradação das paisagens naturais altera o fluxo energético dentro de um sistema, impactando, também de forma sistêmica, em todas as esferas desses processos naturais (ROSS, 2006).

Na concepção teórica da análise da fragilidade e da potencialidade dos recursos naturais, proposto por Ross (1994), determina que, os estudos de um determinado território presumem o entendimento da dinâmica de funcionamento do ambiente natural, com ou sem intervenção das ações humanas. Para o autor, a elaboração do Zoneamento Ambiental deve partir da adoção de uma metodologia de trabalho, com base na compressão das características e da dinâmica do meio natural e do meio socioeconômico (ROSS, 1994).

Assim sendo, a ação humana se enquadra, como o principal transformador da paisagem natural. Para tanto, Ross apresenta um fluxograma (Figura 14) explicando essa inter-relação entre o equilíbrio dinâmico natural e a ação do homem sobre o próprio.

Para que esses conceitos pudessem ser empregados como elementos para elaboração do Planejamento Ambiental, Ross (1990) expandiu o uso do conceito, instituindo as unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente, e essa pode se apresentar em vários graus, desde Instabilidade Muito Fraca a Instabilidade Muito Forte. O autor empregou o mesmo para as Unidades Ecodinâmicas Estáveis, que apesar de estar em equilíbrio, podem apresentar também Instabilidades qualitativamente previsível diante de suas características naturais e a inserção humana que é sempre possível de ocorrer. Portanto, as Unidades Ecodinâmicas Estáveis foram apresentadas como Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial, e essas também foram diferenciadas em diferentes graus, que vão de Estabilidades Potencial Muito Fraca a Muito Forte.

Uma outra metodologia fundamentada no conceito de ecodinâmica de Tricart (1977) foi exposta por Crepani et al. (2001). Neste trabalho, a metodologia é usada para representar a vulnerabilidade natural à perda de solo por meio da releitura de mapas e imagens de satélite. Nessa metodologia, a vulnerabilidade das unidades de paisagem é construída com embasamento na relação morfogênese/pedogênese. Segundo Tricart (1977), haveriam meios estáveis com vegetação florestal, quando a pedogênese prevaleceria sobre a morfogênese, e meios fortemente instáveis, com vegetação de baixa densidade foliar, predominância da morfogênese e fraca pedogênese

Conforme a metodologia proposta por Crepani et al. (2001), inicialmente, é feita a reclassificação das informações das variáveis coletadas: mapas geológicos, geomorfológicos, pedológicos, de cobertura vegetal e uso da terra, sobre as imagens de satélite utilizadas como “âncora”, e a geração de curvas de intensidade pluviométrica e a geração de curvas de intensidade pluviométrica. Em seguida, é feita uma classificação do grau de vulnerabilidade de cada unidade territorial fundamentada nos processos de morfogênese e pedogênese. A vulnerabilidade é expressa pela atribuição de valores para cada unidade de paisagem. Com este procedimento metodológico é possível organizar cartas de vulnerabilidade natural à perda de solo a partir de um banco de dados abarcando as informações básicas do meio físico e de uso da terra de uma determinada região. Cabe ressaltar aqui que a metodologia em questão foi desenvolvida pelo INPE, faz parte do Roteiro Metodológico para o Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) da Amazônia Legal (CREPANI et al., 2001).

Becker e Egler (1996) apresentam em seu trabalho que as unidades territoriais básicas são as células fundamentais de informação e análise para um zoneamento ecológico-econômico. Segundo os autores, uma unidade territorial básica é uma entidade geográfica que

abarca atributos ambientais que permitem distingui-la de suas vizinhas, ao mesmo tempo em que contêm vínculos dinâmicos que a articulam a uma complexa rede composta por outras unidades territoriais. (BECKER; EGLER 1996).

Segundo os autores, dentro da proposta de viabilizar a integração de dados sobre uma imagem que possa ser interpretada, as Unidades Territoriais Básicas (UTB) podem ser divididas em duas categorias: as “Unidades de Paisagem Natural” e os “Polígonos de Intervenção Antrópica”. (CREPANI et al., 2001).

De acordo com os autores, as Unidades de Paisagem Natural são unidades territoriais básicas passíveis de georreferenciamento, contêm um fragmento do terreno onde insere-se uma combinação de eventos e interações, visíveis e invisíveis, ao qual o resultado é registrado e pode ser visto na forma de imagem fotográfica de um determinado momento, representando um elo de ligação entre a Geografia e a Ecologia. As unidades de paisagem natural, que são representadas pelas imagens orbitais, necessitam ser analisadas à luz de suas características genéticas e daquelas relacionadas à sua influência mútua com o meio ambiente, para que se possa conhecer e classificar sua capacidade de sustentação à ação humana (CREPANI et al. 2001).

Crepani et al. (2001) também descreve o que seriam Os Polígonos de Intervenção Antrópica. Segundo os autores, nas imagens da área física onde há intervenção humana que modifica os estados naturais, os polígonos de intervenção antrópica podem localizar-se sobre uma única, ou várias unidades de paisagem natural, dependendo exclusivamente de suas dimensões. Esta simples comprovação mostra a necessidade de se conhecer antecipadamente as unidades de paisagem natural. A ação do homem sobre o meio natural, sem o prévio conhecimento do equilíbrio dinâmico existente entre as distintas unidades de paisagem natural, pode levar a situações desastrosas do ponto de vista ecológico e econômico.

No método desenvolvido por Crepani et al. (2001), a análise morfodinâmica das unidades de paisagem natural pode ser produzida com base nos procedimentos da teoria da Ecodinâmica (TRICART, 1977); nessa se estabelece diferentes categorias morfodinâmicas resultantes dos processos de morfogênese ou pedogênese. Nesta análise, quando predomina a morfogênese prevalecem os processos erosivos, modificadores das formas de relevo, e quando predomina a pedogênese prevalecem os processos formadores de solos (CREPANI et al., 2001).

Crepani et al. (2001) ainda afirmam que o tipo de atividade humana desenvolvida sobre uma alguma unidade de paisagem natural pode significar a sua destruição, isso pode acontecer

devido a sua pequena capacidade de absorver os estímulos advindos desta atividade econômica, enquanto a interação com outra unidade de menor vulnerabilidade, seguindo os sistemas de manejo mais indicados com práticas conservacionistas, pode representar uma atividade economicamente rentável. Isto parece mostrar que a escolha entre um desastre ecológico ou o desenvolvimento sustentado, passa pelo conhecimento da natureza da interação existente entre as Unidades de Paisagem Natural e os Polígonos de Intervenção Antrópica (CREPANI et al., 2001).

Tendo em consideração as metodologias para o cálculo da Fragilidade Ambiental, o modelo proposto Crepani et al. (2001), que se fundamenta na relação Morfogênese/Pedogênese, e utiliza valores médios para a elaboração do produto final, ou seja, todas as variáveis têm o mesmo peso, para a criação dos graus de fragilidade das Unidades Territoriais Básicas (UTB). Em compensação, o modelo de Ross (1994) adota o agrupamento dos índices das variáveis e considera o relevo (mapa de declividade) como variável principal, com uma importância maior na definição dos graus de fragilidade.

Considerando o contexto e a localização da área de estudo, o trabalho teve como finalidade elaborar um modelo para o determinar a fragilidade ambiental em relevo forte ondulado. Para esse fim, foram estudados fatores que traduzem qualitativamente os riscos de deterioração do ambiente, sobretudo em relação ao desencadeamento de processos erosivos.

Dessa forma, foi concebido um método ajustado de resposta a esse tipo de relevo, aos graus de erosão e as inter-relações que ocorrem dentro da APA Serra da Piedade, constituindo produtos que, interligados, traduziram-se em uma ferramenta para planejamento territorial na escala local que a APA ocupa, exemplificando essa escala local para a referência teórica utilizada, chamada de escala Geossistêmica.

Portanto, também adotamos nesse trabalho que a APA Serra da Piedade se configura em um Geossistema, já que revela as relações entre as variáveis ambientais e antrópicas que se configuram como suas Geofácies: a Geomorfologia, o Uso da Terra, a Declividade e a Intensidade Pluviométrica. Em síntese, as relações de interdependência e interação dessas variáveis irão traduzir em áreas de maior ou menor fragilidade que irão se definir como ponto de corte da pesquisa, ou seja, os Geótopos.

O planejamento ambiental destinado à criação e à gestão de Unidades de Conservação, é hoje a maneira mais hábil para atingir os principais objetivos atribuídos a estas áreas. O emprego prático do trabalho realizado, traz a aplicação de um método de classificação de

unidades de fragilidades, para um determinado geossistema. Esse emprego é realizado sob a perspectiva da relevância da Geografia física na condução de estudos integrados da paisagem, principalmente nos estudos de planejamento ambiental (MIARA, 2011).

4. FUNDAMENTOS METODOLÓGICOS

4.1. Processo de Aquisição de Dados Espaciais

Este trabalho aborda a metodologia de modelagem de dados espaciais dentro de um ambiente SIG, esta metodologia, por sua vez visou à confecção de um modelo matemático que aponte os locais de maior fragilidade. Uma modelagem em ambiente SIG também pode ser chamada de modelagem cartográfica, este modelo cartográfico é composto por várias camadas de mapas com seus dados espaciais reconhecidos que representam a realidade de um dado local. Este tipo de técnica de análise espacial consiste na sobreposição desses mapas sobre uma base cartográfica comum, onde cada mapa é uma variável que por fim derivam o mapa final que vai conter o resultado da soma das camadas anteriores que, por meio de um método pré-definido, adquirem valores independentes.

Para a realização desse trabalho foi utilizado o *Software ArcMap*[®] da plataforma de SIG *ArcGis*[®], desenvolvida pela empresa americana *Ersi*[®] usado principalmente para visualizar, editar, criar e analisar dados geoespaciais. As imagens de satélite foram adquiridas do programa CBERS-4A e estão disponíveis para *download* no catálogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com resolução espacial que pode chegar a 2 m após o pós-processamento da imagem.

As cartas de solos utilizadas foram as retiradas da carta de solo de Minas Gerais, em formato *Shapefile* (SHP), desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, a Universidade Federal de Lavras, a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais e a Fundação Estadual do Meio Ambiente, na escala 1:600.000, essas cartas estão disponíveis no *site* do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa.

Para os dados Meteorológicos foi utilizado Banco de Dados Meteorológicos do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), dados do período de 2005 a 2020. Além da plataforma CHELSA (*Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas*)

Os dados geológicos foram extraídos do Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais (CPRM), escala 1:100.000. Os dados de hidrografia foram retirados base hidrográfica ortocodificada da bacia do Rio Paraíba do Sul, dados da Agencia Nacional de Águas (ANA), com escala 1:50.000.

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), da qual o *Software ArcMap* faz parte, são um conjunto de sistemas de hardwares, softwares de informação espacial, procedimentos

computacionais e recursos humanos que são construídos especialmente para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, esses dados podem representar objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica essencial e imprescindível para tratá-los. Sendo assim SIG é capaz de produzir, armazenar, processar, analisar e representar inúmeras informações sobre o espaço geográfico (CÂMARA et al., 1996).

Os SIGs, também conhecidos na literatura internacional como *Geographic Information System* (GIS), surgiram no Canadá no início dos anos de 1960, devido à necessidade de se transferir mapas físicos para o ambiente computacional (CASTRO, 1993). São sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas, também, por meio de sua localização. Para que isto seja possível, a geometria e os atributos dos dados num SIG devem estar georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica (CÂMARA et al., 1996).

As principais características que um SIG apresenta são: poder inserir em uma base de dados, espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno, oferecendo mecanismos para combinar as várias informações, por meio de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados (CÂMARA et al., 1999).

4.1.1. Modelo digital de elevação e a declividade do terreno

O Modelo Digital de Elevação de um terreno ou conhecido também como MDE é um arquivo de formato raster (dados raster, matriciais ou bitmap são imagens que contêm valores atrelados a cada pixel) que tem como objetivo principal mostrar a elevação de determinada área, ou de uma localização específica. Tradicionalmente um modelo digital de elevação é obtido pela interpolação dos valores das curvas de nível da área em questão, mas ele também pode ser obtido através de imagens de satélite como as do satélite Alos Palsar que possui um sensor do tipo radar que obtém os valores de superfícies já prontos, ou seja, não há a necessidade da realização da interpolação.

Para a geração do Modelo Digital de Elevação (MDE) empregado nesse trabalho utilizamos o *software ArcMap*[®] da plataforma *ArcGis*[®]. O MDE que foi obtido é chamado de Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC). Diferente do Modelo Digital de Elevação (MDE) convencional que leva somente em consideração dados de

altimetria, este modelo, o MDEHC, é o que melhor define a elevação do terreno pois, diferencia o caminho preferencial das águas, utilizando a malha hidrográfica durante o processo de interpolação dos dados, isso melhora a definição do relevo ao longo das calhas dos rios e torna o Modelo Digital de Elevação mais consistente.

No processo de construção do MDEHC desse trabalho inicialmente foram interpolados os dados das curvas de nível extraídas da imagem do Satélite Alos Palsar, através da ferramenta *Contour*, do programa *ArcMap*, com resolução espacial de 12,5 metros, com a base hidrográfica otocodificada da Bacia do Rio Paraíba do Sul, (adquirida pelo site da ANA) de escala 1:50.000, pelo algoritmo *Topo to Raster*, gerando um *raster* com 12,5 m de resolução. Em seguida as depressões espúrias no MDEHC foram eliminadas a partir da ferramenta *Fill*, que corrige o modelo numérico do terreno, removendo as depressões fechadas que interrompem o escoamento da rede hidrográfica. A partir do MDEHC foram obtidos os dados necessários para realização do mapa de declividade. A declividade é extraída por meio da ferramenta *Slope* e classificada de acordo com as classes de declividade da Embrapa (1979), sendo as áreas com declividade de 0 a 3% definidas como planas, as áreas de 3 a 8% definidas como suave onduladas, as de 8 a 20% definidas como onduladas, as áreas de 20 a 45% definidas como forte onduladas, as áreas de 45 a 75% definidas como montanhosas e as áreas acima de 75% de declividade definidas como escarpadas.

4.1.2. Uso e Cobertura da Terra

O uso e cobertura da terra de apresenta um conjunto de informações referentes à classificação dos tipos de apropriação do homem sobre o meio natural, ou seja, é a sistematização dos tipos de ocupações que o ser humano dá a natureza independentemente desta ocupação retirar ou não a cobertura vegetal original. Os mapas de uso e cobertura então produzem informações referentes à classificação dos tipos de cobertura e uso voltados para a representação e análise da dinâmica do território e de suas transformações.

O mapa de categorização do uso e cobertura da terra foi concebido a partir da classificação de uma imagem do satélite CBERS-4A. As imagens CBERS-4^a, estão disponíveis para download no catálogo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens baixadas são então alocadas em ambiente SIG por meio do *software ArcMap*[®]. Com a imagem em ambiente SIG o primeiro passo a ser feito é a composição das bandas RGB (Red, Green, Blue) por meio da ferramenta *Composite Bands*, o resultado gera uma imagem colorida que contempla a área de estudo. O satélite possui resolução espacial na composição RGB de 8 m,

mas no processo de fusão com a banda Pancromática do satélite por meio da ferramenta *Create Pan-sharpened Raster Dataset* a imagem final é obtida com resolução espacial aproximada de 2 m. Logo após é utilizada a ferramenta *Image Classification*, para realização de uma classificação supervisionada por meio do algoritmo *Maximum Likelihood Classification*, por fim, é realizada a correção manual corrigindo polígonos que não atendem a classe especificada.

4.1.3. Intensidade Pluviométrica

A Intensidade Pluviométrica ou Intensidade de Precipitação é a quantidade de chuva (mm) por unidade de tempo (horas). Essa quantidade é o volume de chuva dado em mm. A intensidade pluviométrica constitui-se numa variável climática importante para diagnósticos de vulnerabilidade e fragilidade ambientais, haja visto o seu potencial de erosividade, tornando-se necessário espacializar a forma de sua ocorrência numa determinada região. Os valores de intensidade pluviométrica são considerados representativos da energia potencial disponível para transformar-se em energia cinética, responsável pela erosividade da chuva. Logo, pode-se dizer que quanto maior o valor da intensidade pluviométrica maior será a erosividade da chuva (CREPANI et al. 2004).

. Em relação aos dados climáticos, especialmente distribuição e intensidade da chuva, que têm ação direta sobre a dinâmica de superfície, principalmente no que tange ao intemperismo de rochas e solos, a APA Serra da Piedade encontra-se na interface entre a bacia Rio Doce ao norte e a bacia do Rio Paraíba do Sul ao sul, caracterizando-se em um importante divisor de águas das duas principais bacias hidrográficas da região.

Para a coleta desses dados pluviométricos foi utilizado o Banco de Dados Meteorológicos do CHELSA (*Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas*) disponíveis em formato raster. A partir desse banco de dados é extraída a média mensal de precipitação de determinada área no período de 1979 a 2013. O primeiro passo a ser realizado é o download das imagens raster através do site <https://chelsa-climate.org/> com os valores de precipitação de 1979 a 2013 para cada mês do ano, gerando um total de 12 imagens a serem pós-processadas (KARGER, 2020).

Logo após, em ambiente SIG é preciso atrelar os valores de precipitação do CHELSA, que são para todo o planeta, para área de estudo, no caso a área da APA Serra da Piedade, para isso é necessário criar um arquivo *shapefile* de pontos aleatórios e distribuí-los em toda área da APA, inclusive ao seu redor, para criação desses pontos foi utilizado a ferramenta *Create*

random points. Depois de realizada a criação dos pontos devemos extrair os valores dos arquivos raster e atrela-los aos os valores de precipitação, para isso utilizamos a ferramenta *extract multi values to points*, essa ferramenta vai vincular os valores de precipitação para cada ponto criado anteriormente, logo após é realizado a média anual de precipitação através dos valores dos 12 arquivos, referentes aos 12 meses do ano, essa média é realizada através da ferramenta *Field Calculator* no *ArcMap*. Finalmente é realizada a interpolação dos pontos da média anual obtida, ela é realizada através da ferramenta de interpolação IDW (*Inverse Distance Weighted*) que faz a interpolação de pontos pela ponderação do inverso da distância, essa ferramenta também disponível no software *ArcMap*.

A Interpolação espacial é o processo de utilização de pontos com valores conhecidos para estimar os valores em outros pontos desconhecidos. No método IDW de interpolação, as amostras de pontos são pesadas durante a interpolação de acordo como a influência de um ponto relativo a outro declina com a distância a partir de um ponto desconhecido que você quer criar. O motivo da escolha do interpolador IDW para realização do trabalho se dá por seu menor erro quadrado médio (EQM) e seu índice de concordância mais próximo de sua unidade, isso para valores de precipitação (MAGALHÃES et al., 2013).

4.1.4. Geomorfologia

A geomorfologia utiliza a identificação das formas de relevo, por meio de estudo de sua origem, estrutura, natureza das rochas, clima e dos fatores endógenos e exógenos responsáveis pelo modelado ou formação de determinados elementos da superfície terrestre

Para a compartimentação geomorfológica iremos utilizar como base metodológica a compartimentação do relevo, proposta por Ross (1992). Foram utilizados dados do MDEHC gerado anteriormente com resolução espacial de 10 m.

A partir do MDEHC, produzido anteriormente, com uso do *software ArcMap*[®], foi extraída variável geomorfologia. Para isso foi utilizada a ferramenta *Curvature*, a partir conseguimos separar o relevo em três classes, que são, respectivamente, côncavo, retilíneo e convexo, para isso selecionamos a ferramenta e inserimos o MDEHC já criado, o resultado é um arquivo raster com a curvatura da área. Teoricamente, valores positivos de curvatura devem corresponder a terrenos convexos, negativos a terrenos côncavos (ou vice-versa), enquanto valores nulos indicam vertentes retilíneas.

4.2. Construção dos Mapas de Fragilidades

A integração dos critérios foi realizada pela soma simples dos valores associados aos mapas das variáveis intermediárias (intensidade pluviométrica, declividade do terreno, geomorfologia e o uso e cobertura da terra). Os dados com os respectivos valores e com as respectivas natas de cada classe são inseridos na ferramenta *Raster Calculator*, do *software ArcMap*[®]. O resultado consiste no mapa de fragilidade ambiental, com suas respectivas classes ordenadas. O Mapa de Fragilidade Potencial (MFP) foi elaborado por meio da sobreposição das variáveis ambientais, respectivamente de intensidade pluviométrica (mm/mês), declividade do terreno (%) e geomorfologia. O Mapa de Fragilidade Emergente (MFE) foi obtido a partir da sobreposição do mapa resultante da Fragilidade Potencial (MFP) e do mapa temático com os valores estabelecidos para as diferentes classes de uso e ocupação da terra.

4.2.1. Definição dos Critérios

Para a produção dos mapas finais que compõem o modelo foram produzidos os distintos mapas intermediários citados acima. Os mapas finais foram primeiramente hierarquizados, definindo pesos a eles, de forma a permitir a sobreposição e os cálculos entre as distintas variáveis utilizadas no diagnóstico da fragilidade ambiental (Tabela 1). As variáveis empregadas, como critério para definição das classes de fragilidade ambiental formam os seguintes temas: declividade do terreno (%), Embrapa), precipitação média anual (mm/ano), classes de solo (EMBRAPA, 1979), uso/cobertura da terra (imagem de satélite Cbers 4a) e a geomorfologia do terreno. As classes dos mapas foram então foram discretizadas por meio de reclassificação, utilizando a ferramenta *reclassify*, do *software ArcMap*[®], com base em limites pré-definidos.

Tabela 1 – Variáveis que Compõem o Modelo

Variável 1	Intensidade Pluviométrica
Variável 2	Declividade do terreno
Variável 3	Geomorfologia do terreno
Variável 4	Uso/cobertura da terra

Fonte: elaborada pelo Autor.

Com o objetivo de elevar a coerência entre os mapas utilizados e adequar a escala de origem para a escala do trabalho (CREPANI et al., 2001; SPÖRL, 2007), executou-se a reinterpretação dos mapas preexistentes, utilizando-se como referência a imagem de satélite Cbers 4A e os dados das curvas de nível e drenagem da APA (IBGE, 2020). Assim, a resolução

espacial adotada neste estudo foi de 10 m, sendo considerada adequada à escala de trabalho de 1:40.000.

Portanto, o intuito da metodologia desenvolvida foi o de mostrar como a interação das variáveis, que são constituídas pelos componentes da paisagem, evidenciam uma complexa dinâmica que resulta em graus de fragilidades diferentes, que levam em consideração os diferentes potenciais ecológicos, de exploração biológica e de ações antrópicas. Dessa forma os modelos gerados revelam os níveis de fragilidade através das análises empíricas deste trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O procedimento para o mapeamento da fragilidade ambiental constitui na análise multicriterial. A aplicação do método tem como base a integração dos mapas de Precipitação, Declividade, Geomorfologia e de Uso da Terra. Seguindo o modelo proposto por Ross (1994), a reclassificação das variáveis qualifica as unidades de instabilidade potencial e unidades de instabilidade emergente (Tabela 2), cada uma possuindo até cinco níveis hierárquicos de intensidade, variando de muito fraco a muito forte.

Tabela 2 – Classificação das Unidades de Fragilidade Ambiental.

Unidades de Fragilidade	Classificação dos Níveis de Intensidade da Fragilidade	
	Qualitativa	Numérica
Fragilidade potencial	Muito Baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito Forte	5
Fragilidade emergente	Muito Baixa	1
	Baixa	2
	Média	3
	Forte	4
	Muito Forte	5

Fonte: Ross (1994).

As unidades de Fragilidade Potencial apresentam ambientes estáveis quando se encontram em condições de equilíbrio dinâmico, ou seja, sofreram com menos veemência o impacto das atividades humanas. Apesar de apresentarem características ambientais estáveis denotam instabilidade potencial qualitativamente previsível em virtude de suas características naturais e ao desenvolvimento das atividades socioprodutivas. As unidades de Fragilidade Emergente são relacionadas aos ambientes fortemente instáveis, em desequilíbrio dinâmico, onde as intervenções antropogênicas transformaram intensamente o ambiente. A Fragilidade Emergente também pode ser classificada nos ambientes naturais onde possuem características de maior fragilidade naturais em face às possíveis intervenções humanas (ROSS, 1994).

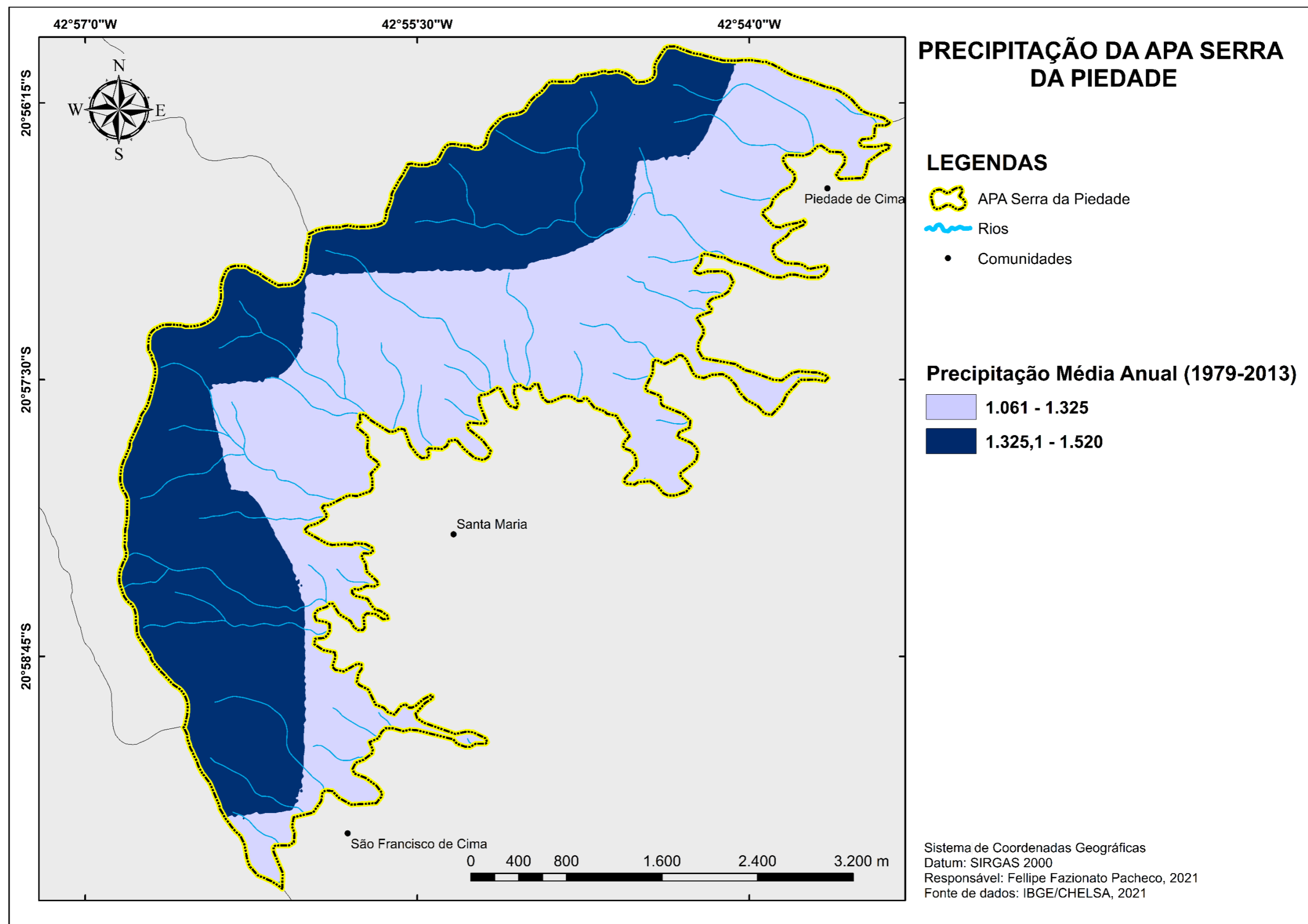
5.1. Intensidade Pluviométrica

A localização e a topografia na região onde se localiza a APA Serra da Piedade favorecem a ocorrência de uma precipitação heterogênea, com períodos chuvosos no verão e secos no inverno, característica típica de climas subtropicais. Apesar da APA estar localizada em dois climas diferentes, onde os níveis de precipitação se elevam quando se apresentam as altitudes mais elevadas (Figura 15), eles não apresentam variação suficiente para caracterizar mais de uma classe de fragilidade para variável precipitação, levando em consideração como critério os níveis de interferência na estabilidade do ambiente, de acordo com Ross (2012).

Em relação aos dados climáticos, sobretudo os de distribuição e intensidade da chuva, que têm ação direta sobre a dinâmica de superfície principalmente no que tange ao intemperismo de rochas e solos, a Serra da Piedade se encontra na interconexão entre a região das terras mais rebaixadas da Zona da Mata mineira e a região do Planalto de Viçosa apresentando isoietas de precipitação média anual que variam de 1051 a 2.000 mm.

Logo, a classe de vulnerabilidade para variável intensidade pluviométrica tem nota 1 (muito fraco) – (Tabela 4) já que a média anual para APA Serra da Piedade, no período de 1979 a 2013 é de 1.308 mm (Gráfico 1). A intensidade pluviométrica é calculada a partir da Precipitação média anual, dividida pelo número de dias com chuva, no caso, a média mensal de chuvas (CREPANI et al., 2004).

Figura 15 – Mapa de Precipitação da APA Serra da Piedade.



Fonte: CHELSA - Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas (1979-2013).

I.P. – Intensidade Pluviométrica =	$\frac{\text{Precipitação média anual}}{\text{Número de dias com chuva/30}}$	(mm/ano)
---	--	-----------------

Tabela 3 – Áreas das Classes de Precipitação (mm).

Classes	Área Total (km²)	Área (%)
1.061 – 1.325	8,79	54,71
1.325,1 – 1.520	7,24	45,29

Fonte: elaborada pelo autor

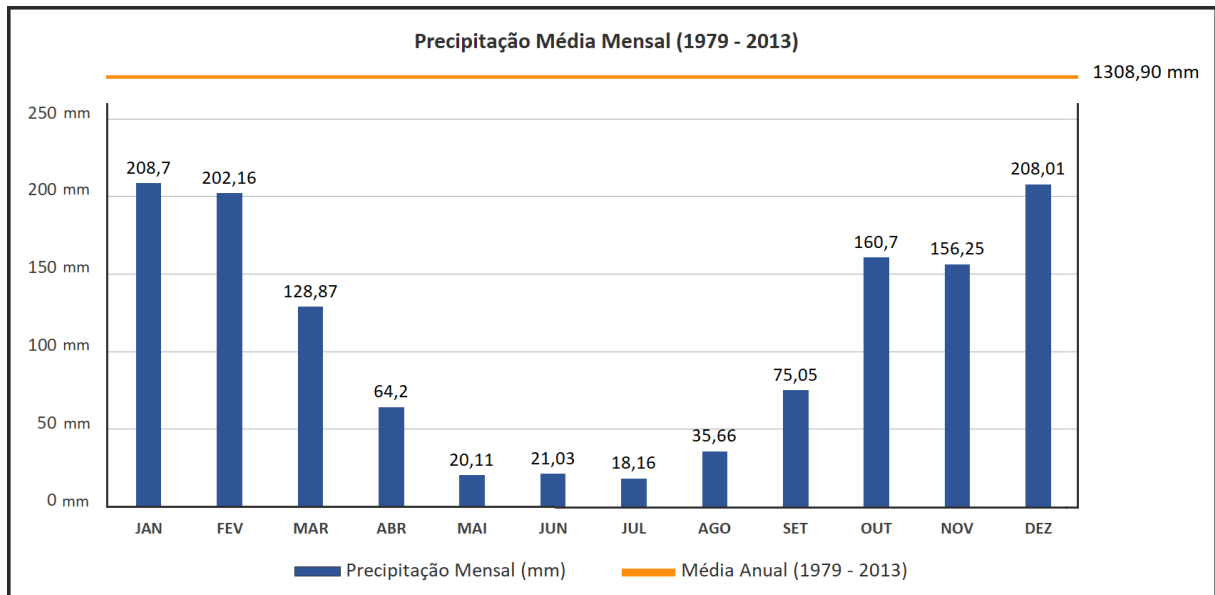
Tabela 4 – Classes de Fragilidade da Variável Precipitação: Níveis Hierárquicos das Variações.

Características Pluviométricas	Notas
Situação pluviométrica regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1.000 mm/ano.	1
Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2.000 mm/ano.	2
Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno e, no verão, com maior intensidade de dezembro a março.	3
Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem 70% a 80% do total de chuvas.	4
Situação pluviométrica com distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2.500 mm/ano; ou, ainda, comportamento pluviométrico irregular ao longo do ano, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano (semiárido).	5

Fonte: Ross (2012).

De maneira geral, como se observa nos dados adquiridos da plataforma Chelsa (Figura 16), a região das terras mais rebaixadas da Zona da Mata mineira e a região do Planalto de Viçosa, não apresentam grande variação pluviométrica, com menor nível de precipitação no inverno e um aumento gradual a medida que se progride para a estação de verão.

Figura 16 – Precipitação Média Mensal, no Período de 1979 a 2013.



Fonte: CHELSA - Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas (1979-2013).

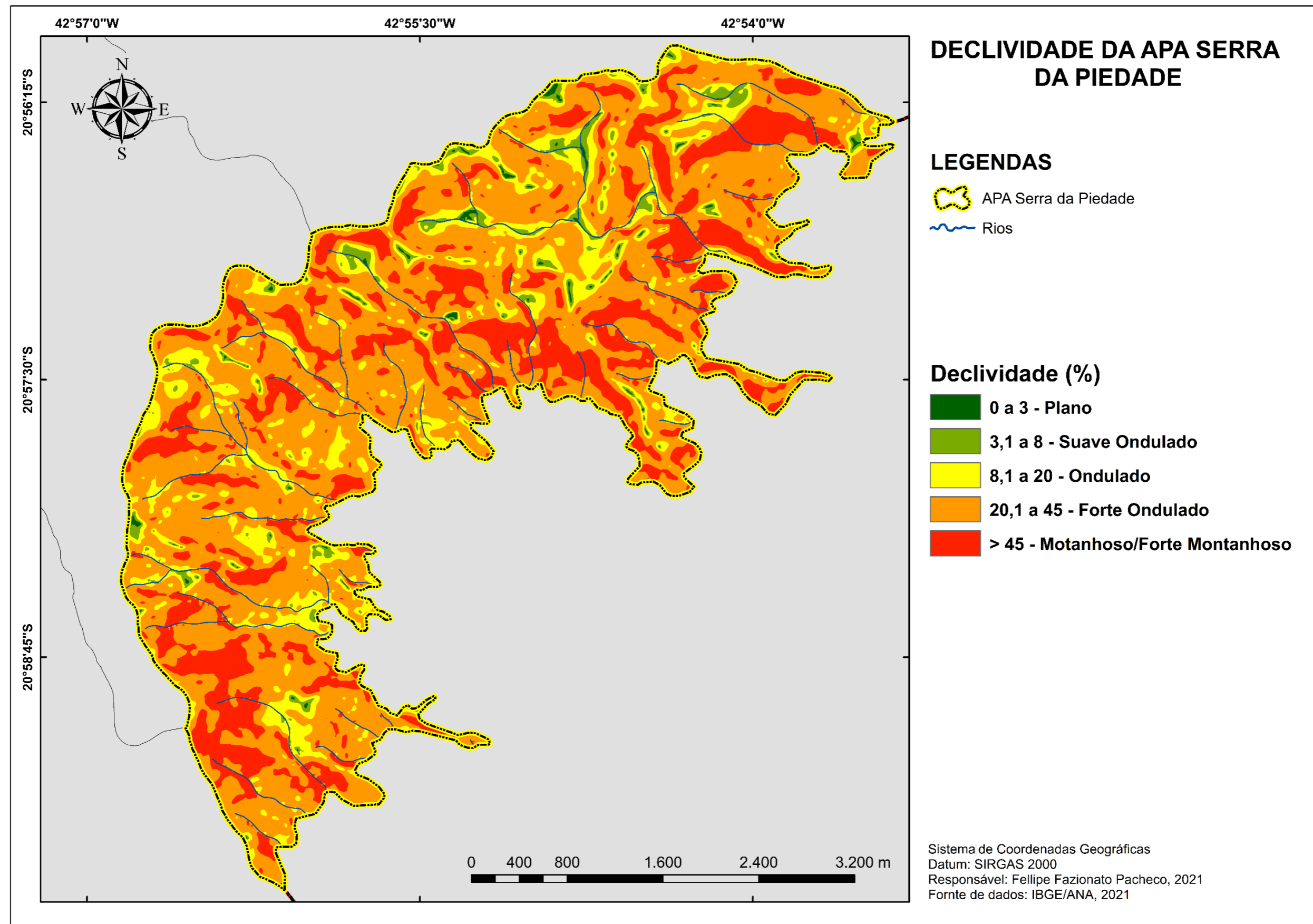
5.2. Declividade

Outro atributo de suma importância para a análise da fragilidade ambiental é a declividade do terreno, que tem influência direta nos processos que condicionam a velocidade de transformação da energia potencial das águas pluviais em energia cinética e, por consequência, na intensidade dos processos erosivos (CREPANI et al., 2001). Como observado na Figura 17, o terreno apresenta declividade acentuada com a maior parte de sua área apresentando declividade superiores a 20%. Portanto, o relevo e, por conseguinte, a declividade, tem alta influência nos processos erosivos.

Em virtude de sua estreita associação com processos de transporte gravitacional (escoamento, erosão, deslizamento), a declividade do terreno é uma variável básica para a segmentação de áreas em praticamente todos os procedimentos de planejamento territorial. Podemos dizer que todos os métodos de avaliação de terras ou planejamento conservacionista, com base em modelagem numérica ou em decisões lógicas, lidam com a variável declividade (VALERIANO, 2008).

Deste modo, a porcentagem de declividade é um dos fatores fundamentais no processo erosivo, pois o volume e a velocidade das enxurradas que sobre ele escoam dependem de sua declividade, logo maior volume e maior velocidade se traduzem em maior energia resultante, que, por sua vez, promovem em uma maior erosão.

Figura 17 – Mapa de Declividade da APA Serra da Piedade.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) / Alos Palsar (2021).

A declividade encontrada da área da APA Serra da Piedade mostra um relevo bastante inclinado, sendo que a maior classe de declividade apresentada é a de 20 a 45%, com pouquíssimas áreas com declividades abaixo de 20%. Como as áreas acima de 45% de declividade também são representativas, e como as áreas abaixo de 20% de declividade são pouco representativas, a discriminação do relevo da área, segundo a Embrapa, vai de fortemente ondulado a fortemente montanhoso. (Tabela 5). (EMBRAPA, 2006).

Tabela 5 – Áreas das Classes de Declividade (%).

Classes	Área Total (km²)	Área (%)
0 a 3%	0,06	0,40
3 a 8%	0,45	2,80
8 a 20%	2,13	13,33
20 a 45 %	9,64	60,17
> 45%	3,73	23,30

Fonte: elaborada pelo autor.

A reclassificação da declividade do terreno foi feita com base nos critérios estabelecidos pela Embrapa (2006). Estas diferenciações foram aplicadas para fornecer informações sobre susceptibilidade à erosão em diversos ambientes e são vastamente aplicadas em várias regiões do Brasil (IBGE, 2020). Conseqüentemente, quanto maior o percentual de declividade, mais susceptível a erosão, é o ambiente e, por conseguinte, maior sua fragilidade ambiental, como indica o modelo de fragilidade ambiental à erosão, proposto por Ross (1994) – (Tabela 6).

Tabela 6 – Reclassificação da Declividade na APA Serra da Piedade.

Classes	Descrição do Relevo	Notas	Área (%)
0 a 3%	Plano	1	0,40
3 a 8%	Suave Ondulado	2	2,80
8 a 20%	Ondulado	3	13,33
20 a 45 %	Forte Ondulado	4	60,17
> 45%	Montanhoso/Forte Montanhoso	5	23,30

Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com o mapa de declividade do terreno, a APA se destaca com um alto grau de vulnerabilidade ambiental, associada às áreas montanhosas da escarpa da do planalto de Viçosa, estando diretamente ligada as condições de uso da terra na área da APA. As áreas de relevo forte ondulado a forte montanhoso ocupam 83,47% da área total da APA, sendo as áreas de relevo ondulado correspondendo a 13% da área total da APA Serra da Piedade somente 3,20% correspondendo as áreas de relevo suave ondulado ou plano.

5.3. Geomorfologia

A Geomorfologia é uma parte da ciência geográfica que estuda a origem e a estrutura das formas do relevo. A formação de elementos da superfície terrestre é identificada pela natureza das rochas, pelo clima e por fatores endógenos e exógenos. Já a compartimentação geomorfológica, divide uma área em partes menores cujo no interior das quais ocorrem um mesmo padrão de geomorfologia ou de formas de relevo. Logo a compartimentação geomorfológica leva em consideração os processos morfogenéticos e morfodinâmicas do relevo, através da análise e da caracterização dos parâmetros morfológicos e morfométricos (ROSS, 1990)

De acordo com Ross (2012), o relevo terrestre é uma parte importante do palco onde o homem atua como ser social e pratica o teatro da vida, ou seja, a geomorfologia é sim uma variável determinante na avaliação do impacto ambiental, sendo esse natural ou resultado da ação humana.

Vários autores, como Caseti (1994) e Monteiro (2001), consideram em seus trabalhos o papel fundamental da geomorfologia na organização paisagística regional, ou seja, o relevo objeto de estudo da geomorfologia interfere diretamente no comportamento da declividade, do clima, e do uso da terra; desse modo, a geomorfologia possui um caráter integrador entre as variáveis ambientais apresentadas no trabalho.

A ocorrência de valores nulos em uma determinada área, é uma condição muito rara, uma vez que desníveis recíprocos ao ponto em estudo teriam que ser idênticos para esta condição. Portanto, há a necessidade de se admitir uma margem de valores em torno do 0 (zero) para que as vertentes retilíneas possam ser evidenciadas. Ensaio comparativos com descrições geomorfológicas levaram ao estabelecimento da faixa entre $-0,010^{\circ}/m$ e $+0,010^{\circ}/m$, como valores de curvatura típicos de vertentes tidas como retilíneas. Esses foram os limites aplicados

na classificação da curvatura vertical em vertentes côncavas, retilíneas e convexas (VALERIANO, 2008).

A área da APA (Figura 18) é composta em sua maior parte por encostas e topo de morros convexos, com vertentes côncavas e retilíneas, principalmente nas áreas próximas às linhas de drenagem. As áreas côncavas e retilíneas também têm maior ocorrência nas margens, onde a drenagem apresenta uma ordem de maior relevância, isso se traduz nas mesmas áreas uma declividade mais suavizada, podemos observar esse fenômeno ao norte as APA onde a drenagem apresenta cursos de terceira ordem.

A Geomorfologia da APA Serra da Piedade (Tabela 7) foi baseada na morfologia da vertente (côncava, retilínea ou convexa), sendo a referência do 5º Táxon, da Taxonomia do Relevo, proposta por Ross (1992).

Tabela 7 – Áreas das Classes de Geomorfologia.

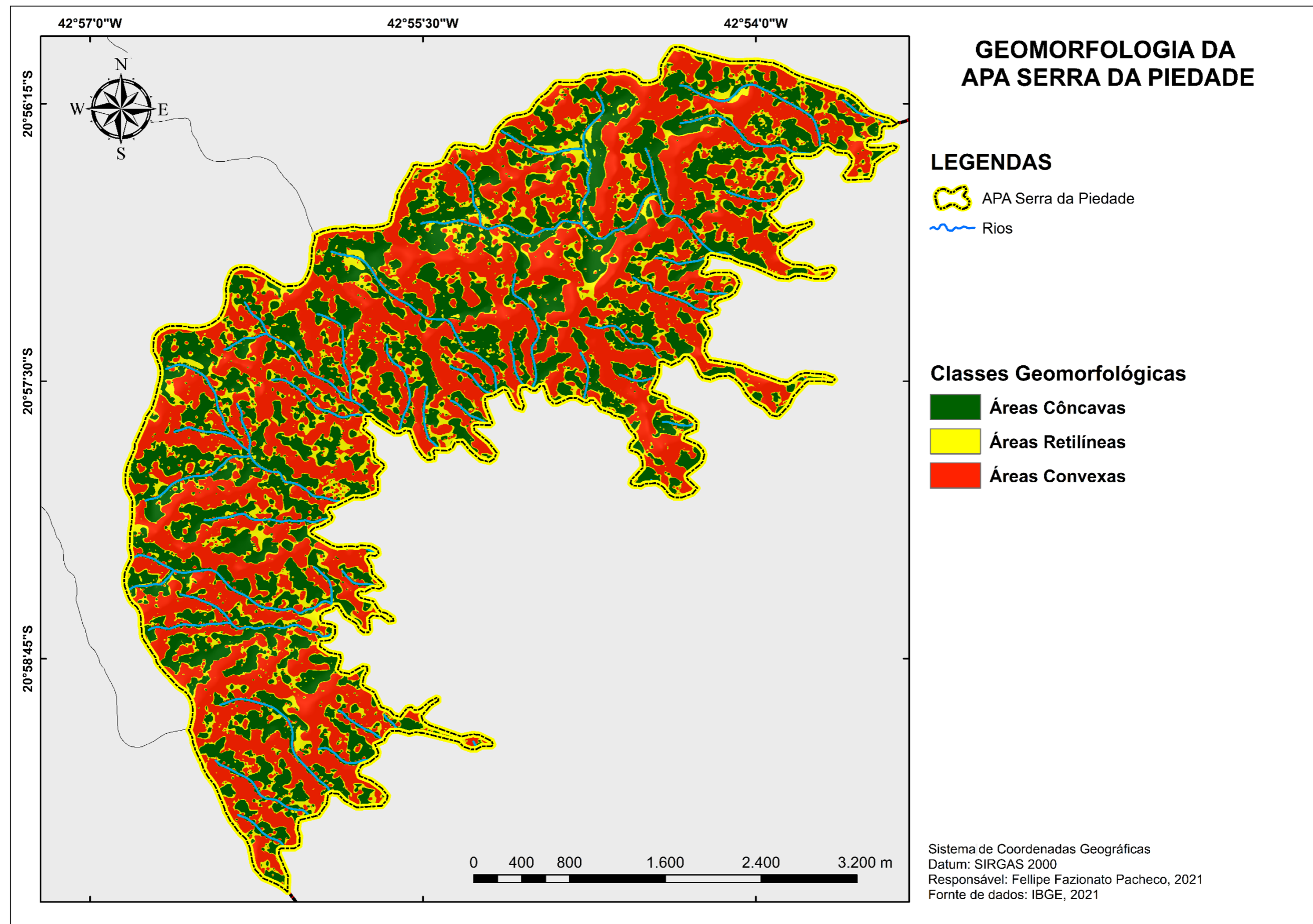
Classes	Área Total (km²)	Área (%)
Côncavo	6,12	38,17
Retilíneo	2,26	14,10
Convexo	7,65	47,72

Fonte: elaborada pelo autor.

Como observado na figura 18, a área da APA Serra da piedade possui um relevo bastante acidentado, com mais de 85% da sua área sendo compostas por morros de formas côncavas, convexas e 14,10% por formas retilíneas. É um compartimento caracterizado pela dissecação e pela erosão diferencial (IBGE, 2009), relacionada com a característica de colinas e vales profundos, formados pelos canais fluviais que drenam do alto do interflúvio da bacia, que é o divisor topográfico que divide a Bacia Hidrográfica do Rio Doce ao norte e a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do sul ao sul da qual a APA está localizada. A APA Serra da Piedade se configura em um Geossistema escarpado, principalmente nas áreas de altitudes mais elevadas; essas áreas perdem sedimentos que são depositos nos vales fluviais dos compartimentos rebaixados; também estão presentes nesse patamar altimétrico, áreas de encostas, rampas de colúvio e formas mamelonares com dissecamentos distintos.

A reclassificação dos dados de geomorfologia (Tabela 8) é feita com base em diversos trabalhos, como Valeriano (2008), Araújo (2012) e Gouveia e Ross (2019), sendo que, após a extração dos dados morfométricos e a identificação do padrão de formas do relevo, foram dadas as respectivas notas as classes determinadas.

Figura 18 – Mapa de Geomorfologia da APA Serra da Piedade.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021).

Tabela 8 – Reclassificação da Geomorfologia na APA Serra da Piedade.

Classes	Notas	Área (%)
Áreas Côncavas	5	38,17
Áreas Retilíneas	1	14,10
Áreas Convexas	3	47,72

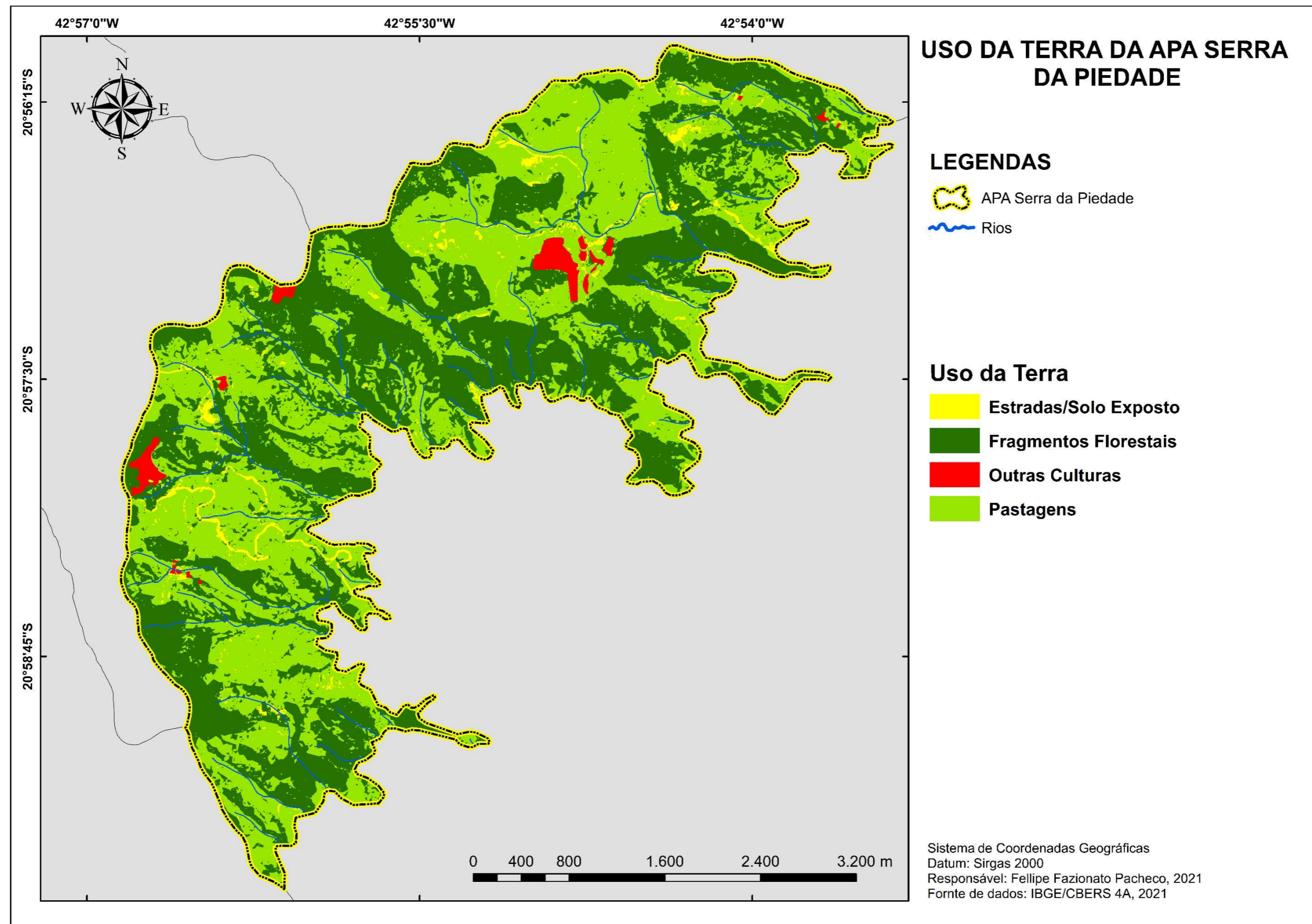
Fonte: elaborada pelo autor.

5.4. Uso e Cobertura da Terra

Segundo Valle et al. (2016), o tipo de uso da terra também influencia diretamente a susceptibilidade do terreno a agentes erosivos. Isso ocorre principalmente por que a erodibilidade do solo depende também diretamente da capacidade de infiltração da água, ou seja, em áreas quanto maior for o a área onde a vegetação se configura como mais intensa, a infiltração é aumentada e, o escoamento superficial é diminuído e, conseqüentemente, e erosão do solo é menor (JAIN; GOEL, 2002). Neste trabalho foram identificadas na área da APA as seguintes classes de uso da terra: Estradas/Solo Exposto, Fragmentos florestais, Outras Culturas, Pastagens (Figura 17).

Como observamos na figura 19, que é o resultado de uma classificação de uma imagem do satélite CBERS 4A com resolução espacial de 2 m. Segundo Viana (1990), um fragmento florestal pode ser definido como uma área de vegetação natural interrompida por barreiras antrópicas ou naturais, o uso da terra na APA Serra da Piedade apresenta duas classes predominantes, Fragmentos Florestais intercalados por Pastagens, logo são esses os principais usos. A APA apresenta também poucas áreas identificadas por solo exposto e poucas áreas configuradas como outras culturas. As classes de uso da terra com suas respectivas áreas são representadas na Tabela 9.

Figura 19 – Uso da Terra da APA Serra da Piedade.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/CBERS 4A (2021).

Tabela 9 – Áreas das Classes de Uso da Terra.

Classes	Área Total (km²)	Área (%)
Estradas/Solo Exposto	0,41	2,55
Pastagens	7,88	49,16
Fragmento florestal	7,53	46,97
Outras culturas	0,21	1,32

Fonte: elaborada pelo autor.

A reclassificação do uso de terra (Tabela 10) foi feita obedecendo critérios de determinados usos às condições erosivas que, por consequência tendem a promover maior vulnerabilidade de um determinado geossistema a fragilidade ambiental (RODRIGUES et al., 2001).

Tabela 10 – Reclassificação do Uso da Terra na APA Serra da Piedade.

Classes	Notas	Área (%)
Estradas/Solo Exposto	5	2,55
Pastagens	4	49,16
Fragmento florestal	1	46,97
Outras culturas	4	1,32

Fonte: elaborada pelo autor.

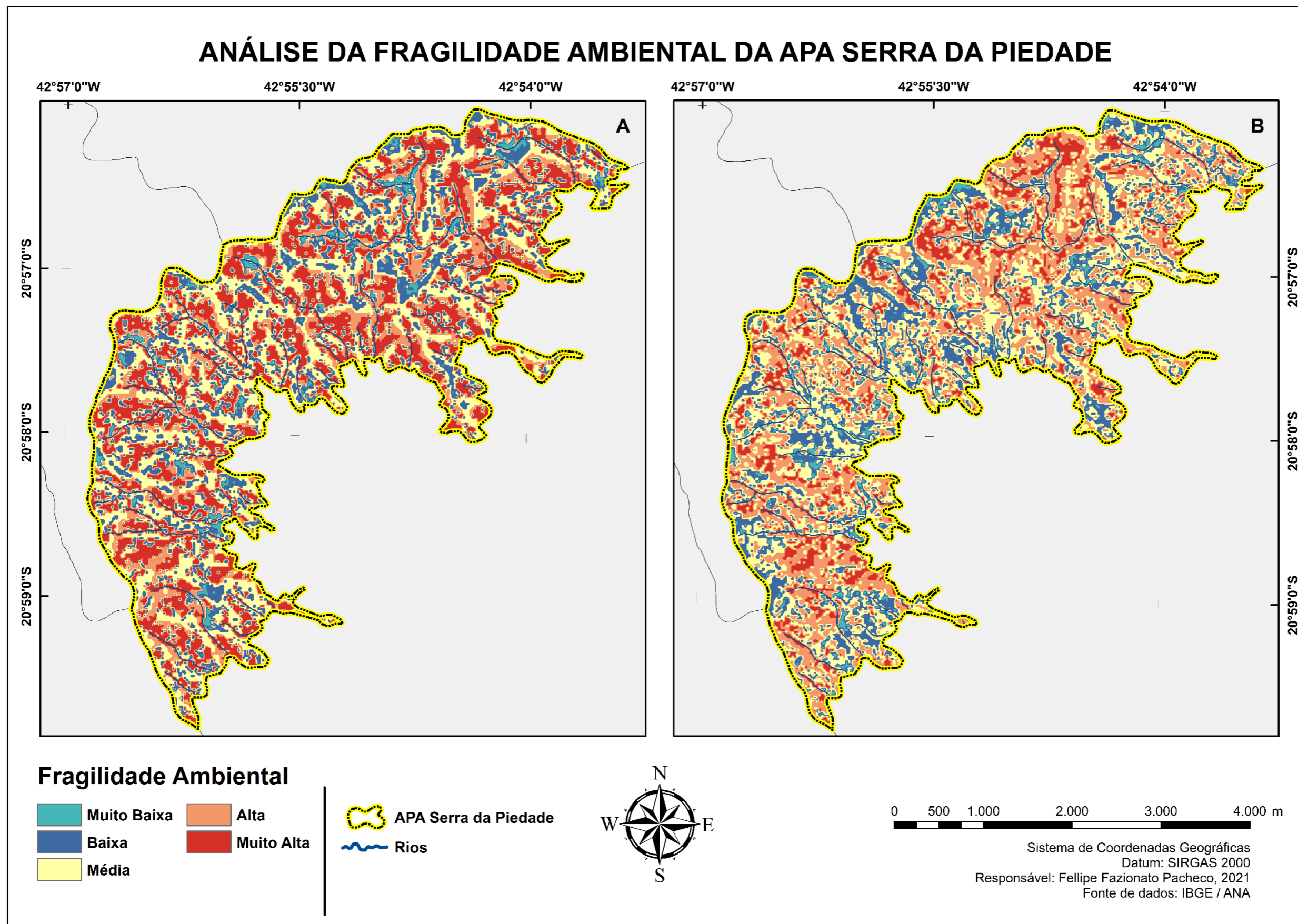
5.5. Fragilidade Ambiental

Seguindo as metodologias propostas por Ross (1994) e Crepani et al. (2001) (Tabela 11), a Fragilidade Ambiental (Figura 20) é essencialmente o resultado da sobreposição dos produtos apresentados:

- ✓ A Fragilidade Potencial: que está associada a Potencialidade Natural dos Ambientes nos casos em que não há ação antrópica associada.
- ✓ A Fragilidade Emergente: que está associada a relação entre o grau de impacto antrópico e a potencialidade natural dos Ambientes.

Sendo assim, quanto mais agressivos os Usos da Terra em um determinado Geossistema, maior será sua Fragilidade Emergente, essa que é resultante da intervenção humana sobre o meio natural. Pensando a APA Serra da Piedade como um Geossistema, as somas das variáveis ou das Geofácies, determinam os pontos core, ou os Geótopos de nosso estudo, que se manifestam como as áreas de maior fragilidade, potencial (Figura 20 A) e Fragilidade Emergente (Figura 20 B).

Figura 20 – Mapa de análise da Fragilidade Ambiental da APA Serra da Piedade.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2021).

Tabela 11 – Soma das Pontuações e Definição das Classes de Fragilidade Potencial e Emergente.

Notas P + D + G =			Fragilidade Potencial	+ U =	Fragilidade Emergente	Descrição das Classes
1	1	1	3 a 5	1	4 a 7	Muito baixa
1	2	2	5 a 7	2	7 a 9	Baixa
1	3	3	7 a 8	3	9 a 11	Média
1	4	4	8 a 9	4	11 a 13	Alta
1	5	5	9 a 11	5	13 a 16	Muito alta

Soma das notas de: P = Pluviosidade; D = Declividade; G = Geomorfologia; e U = Uso da Terra.

Fonte: elaborada pelo autor. Adaptada de Valle et al. (2016).

5.5.1. Fragilidade Potencial

O mapa de Fragilidade Potencial (Figura 20 A) é o resultado da sobreposição dos mapas de geomorfologia, declividade e de precipitação, onde se configuram as condições de equilíbrio dinâmico. O mapa de Fragilidade Potencial da APA, seguindo a metodologia proposta por Ross (1994) e Crepani et al. (2001), apresenta cinco classes de fragilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta.

No resultado obtido das análises, a APA mostrou-se com um alto grau de Fragilidade Emergente, sendo que mais de 79% da sua área é classificada com fragilidade de média a muito alta e 19,96% são classificados com fragilidade baixa ou muito baixa.

As áreas de Fragilidade Potencial (Tabela 12) estão distribuídas de forma heterogênea sendo muito fragmentada por toda APA, decorrente da disposição da declividade e da forma de seu relevo. Essas apresentam valores altos de fragilidade e vão de encontro dos espaços onde se identificam formas côncavas, relacionadas a trechos de maior declividade. Já as áreas de menor fragilidade estão relacionadas a trechos com declividade suavizada em formas convexas do relevo, vale ressaltar que essa condição também dificulta a efetivação de ações de planejamento mais integradas, pois como são muito fragmentadas não haverá um plano exclusivo para todas as áreas

Por meio do mapa de Fragilidade Potencial podemos observar a relação da espacialização das classes de geomorfologia com as classes de fragilidade, sendo que essas são potencializadas à medida que, a declividade torna-se mais elevada, indicando que as formas do relevo da área de estudo estão diretamente relacionadas com a fragilidade do geossistema.

As classes de Fragilidade Potencial baixa e muito baixa correspondem a 20% da área total da APA, isso não significa que essas áreas não sejam vulneráveis aos processos de degradação, pois a Fragilidade Potencial é uma resultante que não considera as intervenções antrópicas (ROSS, 2012). Isso demonstra apenas que, atualmente, estas porções estão em maior equilíbrio ambiental, considerando a teoria geral dos sistemas e as unidades ecodinâmicas (TRICART, 1977).

Por ser área do geossistema pequena, a variação da precipitação é quase incipiente, sendo que em sua parte mais elevada a ocorrência de precipitação é superior, isso ocorre em virtude da localização da APA que ocorre em meio a duas classes climáticas diferentes. Contudo, nenhuma das classes de precipitação ultrapassa mais de um nível de fragilidade, no caso, a situação pluviométrica ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1.000 mm/ano, definida por Ross, não intervém no peso da fragilidade em relação à precipitação; desse modo, ele se mantém o mesmo. Isso explica a atribuição de um valor constante para a fragilidade ambiental potencial no que se refere ao fator pluviosidade – peso 1, vulnerabilidade muito baixa (ROSS, 2012).

Desse modo, o parâmetro utilizado pelo modelo irá considerar a influência do escoamento superficial no nível de erosão do solo, que, conseqüentemente, é influenciado também pela declividade e pela geomorfologia. Os demais atributos que compõem o modelo de diagnóstico da fragilidade ambiental (potencial e emergente) apresentam variabilidade espacial em diferentes níveis de fragilidade.

As classes de baixa e muito baixa fragilidade também estão associadas às calhas dos rios mais caudalosos, isso é observado ao norte da APA. Essas áreas também estão associadas às áreas de fragmentos florestais. Também estão associadas às pastagens, mas essas pastagens têm de estar associadas a declividades mais moderadas e as formas convexas e retilíneas.

Tabela 12 – Áreas das Classes de Fragilidade Potencial.

Classes	Área Total (km²)	Área (%)
Muito baixa	0,46	2,87
Baixa	2,74	17,09
Média	4,97	31,00
Alta	2,66	16,60
Muito alta	5,17	32,25

Fonte: elaboradas pelo autor.

As classes de baixa e muito baixa Fragilidade Potencial também estão associadas às calhas dos rios mais caudalosos; isso é observado ao norte da APA. Essas áreas também estão associadas às áreas de fragmentos florestais. Também estão associadas às pastagens, mas essas pastagens têm de estar associadas às declividades mais moderadas e às formas convexas e retilíneas.

A localização e o relevo da área da APA favorecem a ocorrência de chuvas mais intensas durante o verão e mais escassas durante o inverno, segundo dados do Chelsa, os níveis mais elevados de precipitação se distribuem entre os meses de novembro a março, em um total acumulado de 956 mm para o período, representando 72,72% do total de precipitação anual.

De acordo com o mapa de declividade (Figura 18), o geossistema destaca-se com um alto grau de fragilidade, associados principalmente às áreas montanhosas onde a APA se encontra. No entanto, em áreas onde há presença de cobertura vegetal o risco a erosão relacionada aos fatores naturais é minimizado. As classes de declividades, nas regiões de relevo muito acidentado, possuem alta influência na configuração da Fragilidade Potencial, fragilidades de declividades muito elevadas contribuem para a acentuação dos processos erosivos e movimentos gravitacionais de massa associados, gerando instabilidades nos sistemas ambientais, sobretudo quando são alvos de intensas intervenções antrópicas (GOUVEIA; ROSS, 2019).

A geomorfologia da APA também possibilita a interpretação da fragilidade do geossistema; dessa forma, a geomorfologia auxilia o entendimento da morfodinâmica e sobre a morfogênese-pedogênese da área de estudo, formas de relevo com encostas e topos convexas ou planos de pequena dimensão interfluvial, característicos da APA, tendem a ter uma classificação de fragilidade de fraca a moderada, isso dependendo, é claro, do tipo de uso da terra associado. Formas de relevo com encostas e topos côncavos associados a uma declividade elevada tendem a ter uma classificação de forte a muito forte, influenciada também pelo uso da terra associado (ROSS, 2012).

5.5.2. Fragilidade Emergente

Para elaboração do mapa Fragilidade Emergente (Figura 20 B) que representa a exploração antrópica ocorrida dentro do nosso geossistema, é incluída no modelo já realizado (Mapa de Fragilidade Potencial) a variável de uso e cobertura da terra, associando aos processos naturais de degradação e agradação, as ações humanas. Destaca-se aqui que o aumento da

expansão agrícola no estado de Minas Gerais e no Brasil vem se constituindo como um fator conflitante com o seu uso adequado, sendo muito claro que a conservação do solo e da vegetação nativa é essencial para a manutenção adequada dos processos erosivos.

Na APA Serra da Piedade apresenta dois usos principais, sendo um de predominância de pastagens e outro de vegetação densa (Figura 17), além do uso de outras culturas e de estradas/solo exposto. Nessa última classe também foram incluídas as estradas, pois nelas também ocorrem a intensificação do fluxo acumulado, que aumenta o nível de erosão e, por consequência, a Fragilidade Emergente, como apresentado no trabalho de Pacheco et al. (2018).

Segundo Silva et al. (2005), verifica-se que o escoamento é favorecido em áreas de pastagens e estradas/solo exposto, pois o escoamento tem maiores possibilidades de ocorrer em áreas em que a cobertura vegetal é menos densa, pois o efeito da cobertura da terra sobre as perdas de água e solo, explicado pela ação que ela exerce sobre a dispersão da energia cinética do impacto das gotas sobre a superfície, atenua a desagregação das partículas, além de representar um obstáculo mecânico, promovendo a diminuição da velocidade e da capacidade de desagregação e transporte de sedimentos (SILVA et al., 2005).

Sendo assim, o uso observado, foi reclassificado, dando prioridade também a áreas onde o fluxo acumulado de água que promove a erosão encontra menos barreiras, e mais potencial energético para escoar (PACHECO et al., 2018).

O mapa de Fragilidade Emergente é o resultado da sobreposição dos mapas de Fragilidade Potencial e o mapa de uso e cobertura da terra. O mapa de Fragilidade Emergente assim como o mapa de Fragilidade Potencial segue a metodologia proposta por Ross (1994) e Crepani et al. (2001), ela também apresenta cinco classes de fragilidade: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Em relação ao mapa de Fragilidade Potencial, o mapa de Fragilidade Emergente apresenta maiores áreas de média, baixa, e muita baixa fragilidade.

Na APA Serra da Piedade apresenta dois usos principais, um de predominância de pastagens e outro de vegetação densa, além do uso de outras culturas e de solo exposto; nessa última classe também foram incluídas as estradas, pois nelas também ocorrem a intensificação do fluxo acumulado, como apresentado no trabalho de Pacheco et al. (2018).

Apesar do mapa de Fragilidade Emergente mostrar uma diluição das áreas de fragilidade muito alta, no mapa também se mostra uma elevação das áreas de média fragilidade, essa

característica não se traduz em uma melhora no equilíbrio dinâmico como um todo, mas que determinado uso da terra irá disponibilizar mais ou menos recursos para que o geossistema volte ao seu equilíbrio. Ou seja, fica bem claro que quando há presença de vegetação o grau de fragilidade diminui e quando não há presença de vegetação o grau de fragilidade é aumentado, por esse motivo a diluição acontece.

Para além de identificar a ocupação da terra, com seus usos conflitantes e suas ocupações irregulares, onde os estados de degradação do meio tem demonstrado uma correlação direta com a degradação ambiental, Neto e Fernandes dizem que o relevo exerce importante influência no contexto da análise ecodinâmica e na indicação da estabilidade ou instabilidade do meio em associação as condições do relevo e o clima (Fragilidade Potencial) podem variar de forma diretamente proporcional com o grau de degradação ou conservação da cobertura vegetal. (PEREIRA NETO; FERNANDES, 2015).

As áreas das classes de Fragilidade Emergente, dispostas na Tabela 13, mostram uma distribuição diferente das classes de Fragilidade Potencial. Enquanto no mapa de Fragilidade Potencial as classes de maior representatividade são as classes de valor de fragilidade mais altas, as áreas de Fragilidade Emergente apresentam maior representatividade nas classes médias e altas, essas classes somam mais de 60% da área total da APA. As classes de fragilidade baixa e muito baixa não variam muito, enquanto nas classes de Fragilidade Potencial essas áreas somam 19,96% da área total, as áreas das mesmas classes somam 24%, 38% nas classes de Fragilidade Potencial.

Tabela 13 – Áreas das Classes de Fragilidade Emergente.

Classes	Área Total (km²)	Área (%)
Muito baixa	0,88	5,48
Baixa	3,03	18,90
Média	4,84	30,19
Alta	4,92	30,69
Muito alta	2,34	14,59

Fonte: elaborada pelo Autor.

O resultado demonstra o quão importante é o uso da terra na quantificação da fragilidade do ambiente, afinal quanto maior for o nível de vegetação do geossistema mais estável vai ser a sua área. As unidades de Fragilidade Emergente que estão associadas aos ambientes fortemente instáveis, não se configuram as condições de equilíbrio dinâmico.

O modelo apresentado para Fragilidade Emergente tem o objetivo de subsidiar o planejamento ambiental para a APA Serra da Piedade indicou áreas de fragilidade muito alta em locais com declividade superior a 20%, ou seja, em relevos de forte ondulados a forte montanhosos. Nota-se também a relação entre a declividade e o uso da terra, onde o uso da terra é identificado como fragmentos florestais, mesmo em declividades mais elevadas, a fragilidade ambiental é identificada de média a alta, ou seja, no resultado obtido do mapa de Fragilidade Emergente, o peso das declividades é amenizado pelo uso da terra, que irão condicionar a velocidade de transformação da energia potencial das águas pluviais em energia cinética, como descrito por Crepani et al., 2001).

O mesmo acontece com as classes de geomorfologia, representadas pelas formas do relevo. Quando são observadas curvaturas com notas de fragilidades mais elevadas principalmente, topos de morros e encostas convexas, elas também são amenizadas pelo tipo de uso utilizado, os fragmentos florestais no caso (ROSS, 2012).

Quando observado o mapa de Fragilidade Emergente em relação aos dados de precipitação, é notado que, em locais onde a predominância de fragmentos florestais os níveis de fragilidade para essa variável tendem a baixar se comparados com a Fragilidade Potencial. Isso decorre pois mesmo com um nível mais elevado de declividade, associado a formas côncavas do relevo, mas associados a um tipo de uso adequado. Quanto densa, a vegetação de um

determinado lugar, ou no nosso caso de um geossistema menos susceptível a erosão esse lugar vai ser. (JAIN; GOEL, 2002).

Foi possível observar a influência que a perda de cobertura florestal exerce sobre a estabilidade do solo. Da mesma maneira que a cobertura florestal proporciona maior proteção em analogia aos processos erosivos, a atividade antrópica é hábil a potencializá-los. A cobertura florestal é capaz então de proteger o solo, favorecendo a capacidade de infiltração e por consequência diminuir o escoamento superficial.

Na comparação entre os mapas de Fragilidade Emergente e de Fragilidade Potencial é observado alguns aspectos fundamentais para o entendimento de seu resultado. Quando observado o mapa de Fragilidade Emergente, se nota que a distribuição dessas áreas não é homogênea, a explicação para essa heterogeneidade é a questão do relevo da área, logo a principal característica da fragilidade ambiental natural da área, ou seja, sua Fragilidade Potencial, e o seu relevo. Mas, assim que é inserido na modelagem o uso da terra e é obtido o mapa de Fragilidade Emergente nesse novo mapa as áreas de fragilidade podem ser atenuadas ou potencializadas dependendo de seu uso, logo a inserção social do mapa de fragilidade ambiental é muito e é a partir dela que poderemos observar como o comportamento da sociedade promove ou não algum tipo de degradação ambiental. Outro resultado que podemos observar é como o uso sustentável pode originar um contexto territorial benéfico para o meio ambiente.

No nosso caso é esse o papel fundamental da Área de Proteção Ambiental, como já visto no decorrer do trabalho, segundo o SNUC a Área de Proteção Ambiental (APA) tem como objetivo básico proteger a diversidade biológica, disciplinando o processo de ocupação e assegurando a sustentabilidade do uso dos recursos naturais. Apesar de criticada quanto a sua efetividade, A criação dessas unidades de conservação é de fundamental importância para a preservação dos ecossistemas, proporcionado a possibilidade de realização de pesquisas científicas e principalmente da realização de manejo e educação ambiental na busca pela conservação da área.

Dessa forma, recomendamos que as novas formas de ordenamento do uso e da ocupação preservem áreas que já possuem uma Fragilidade Potencial alta. Na área de estudo, ficou proeminente que as áreas de relevo mais acidentados apresentaram os mais altos de índices de fragilidade ambiental, mesmo com a presença de cobertura vegetal. Fatores como a

geomorfologia e a declividade são decisivos para se impor limitação às formas de ocupação. Essas preocupações são importantes para a manutenção de ecossistemas locais (geossistemas) e controle dos processos erosivos, eles ainda contribuem para garantir a qualidade dos recursos hídricos e o abastecimento de água e de processos de escorregamentos na região. (CASTRO, 1993).

Enfim, conforme diz Ross (1994), a quebra do equilíbrio dinâmico está diretamente ligada às intervenções humanas, que afetam a fragilidade dos ambientes em função das suas características genéticas. Então, podemos dizer que não há uma forma de ocupação de um geossistema que não vá de alguma forma interferir na sua ecodinâmica, o papel do planejamento ambiental é propor uma maneira de ocupação que produza o mínimo possível de interferência em seu equilíbrio dinâmico.

É notório que a aplicação da metodologia de Ross (1994) e Crepani et al. (2001) associada ao uso de geotecnologias demonstra-se muito competente, para avaliação da fragilidade ambiental da área de estudo em questão, proporcionando um produto suplementar do qual se pode retirar um leque de dados e conhecimentos a respeito dos locais maior risco a Fragilidade Ambiental e, por conseguinte, adquirir um entendimento mais vasto a respeito dos processos e dinâmicas que predominam na paisagem, servindo de base para o planejamento territorial e o direcionamento de ações de redução e prevenção da fragilidade desse e de demais geossistemas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Geografia, segundo, tem um papel fundamental na produção de métodos e informações que auxiliem na prática de planejamento e gestão dos espaços. Mas, o espaço geográfico é antes de tudo uma produção da intervenção humana no meio ambiente. O homem intervém sobre um espaço natural e rompe seus limites de equilíbrio por razões múltiplas, mas o mesmo não é capaz de romper com funcionamento geral do geossistema, que tende e seguir sua dinâmica natural de busca por um reequilíbrio dinâmico (ROSS, 2006).

No Contexto da APA Serra da Piedade, considerando os modelos produzidos, a área em estudo foi classificada usualmente como de alta fragilidade ambiental. Isso indica a susceptibilidade que o geossistema tem de sofrer intervenções, ou de ser alterado. A reprodução da fragilidade como um resultado da interpretação das diferentes variáveis, atribui uma postura abrangente à análise. Os resultados apresentados, conferem um produto de várias interações que podem contribuir para o entendimento do equilíbrio ambiental.

O mapa de Fragilidade Emergente destaca a função do uso e cobertura da terra para estabilidade no ambiente estudado, reduzindo as áreas de fragilidade muito altas. Desse modo o modelo identifica áreas prioritárias para a preservação e conservação ambiental, essas se caracterizam por serem de grande susceptibilidade a erosão natural, e são vinculadas as declividades mais acentuadas da região escarpada que a APA se encontra.

As características consideradas para geração do modelo foram sensíveis aos atributos naturais do geossistema. A variável de uso e cobertura da terra foi decisiva para legitimação do planejamento ambiental apropriado, visto que, as áreas onde o uso correspondente é implementado a fragilidade ambiental se torna mais estável, revelando a influência que a forma de ocupação desempenha sobre a estabilidade do terreno.

O modelo multicritério aplicado então se torna relevante como subsídio a tomada de decisões, principalmente no que tange a interferências na paisagem, a gestão ambiental e o planejamento territorial, norteando a elaboração de projetos de preservação florestal e de contenção de processos erosivos, promovendo o entendimento de um geossistema e o entendimento do equilíbrio dinâmico do ambiente.

Segundo Valle et al. (2016), a identificação de áreas de risco, considerando-se a vulnerabilidade natural do ambiente, juntamente com as validações das classificações do uso da terra, são essenciais para o monitoramento e a elaboração de Planos Diretores e de Manejo.

Entendemos que as metodologias aplicadas têm sim suas limitações, principalmente no que tange à apreensão de dados que foram limitados e outras variáveis que poderiam fazer parte do modelo, mas não foram incluídas. Uma modelagem apesar de tentar reproduzir o meio natural de forma fidedigna, está sujeita a erros estatísticos, quando se é definida uma escala de trabalho nem sempre se encontram dados de mesma escala e sua adequação inerentemente vai produzir erros. Mas, de forma geral, os produtos finais foram capazes de reproduzir a realidade ambiental do geossistema.

A nossa metodologia ponderou as notas das classes como qualitativa, em que todas as variáveis obtiveram o mesmo peso na fragilidade ambiental. Esses métodos podem ser ineficazes em outras áreas, principalmente naqueles onde fatores espaciais podem ter maior ou menor contribuição para qualidade ambiental, porém, nosso estudo modela a fragilidade em dois níveis, com ou sem ação antrópica, verificando que onde a ação antrópica é aplicada de forma incoerente as práticas de conservação ambiental, a fragilidade se traduz de forma mais elevada.

Durante a realização deste trabalho, foi observado que, o processo de uso e ocupação das terras, no contexto histórico atual passa a ser considerado um elemento essencial para a avaliação do risco de fragilidade ambiental, principalmente por que se torna perceptível nos resultados finais que, o uso correto diminui os riscos de fragilidade de determinada área. Apesar das metodologias de Ross de 1994 e Crepani et al. (2001) serem de extrema excelência, elas foram pensadas para discutir os elementos de uso e ocupação futura, nesse caso não estaria sendo trabalhado áreas que já foram ocupadas. A partir desta nova conjuntura, é observado a importância de se pensar em metodologias onde o uso da terra possa se apresentar como elemento central, pois são áreas as quais a fragilidade ambiental tem sido evidenciada pelas formas de uso e ocupação e não só mais pelas suas características físicas, logo há uma necessidade evidente de que a Geografia, a partir desse momento, deve pensar em como fazer estudos que evidenciem que é a partir do uso e ocupação da terra que a fragilidade ambiental torna-se essencialmente demonstrada.

Em conclusão, estudos como estes têm a competência de contribuir para a gestão de Unidades de Conservação, tanto as de proteção integral, como as de uso sustentável. O refinamento na aplicação desse tipo de ferramenta também permite uma análise mais eficiente da fragilidade e do equilíbrio dos ambientes, atuando principalmente na recuperação, na preservação e no planejamento territorial de áreas prioritárias.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A. N. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil**. São Paulo: Universidade de São Paulo, Instituto de Geografia, 1970.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M. & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, Stuttgart. v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Práticas mecânicas de conservação de água e solo**. Disponível em: <<http://dspace.agencia.gov.br:8080/conhecerhana/62>>. Acesso em: 12 jun. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Catálogo de metadados da ANA**. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/home>>. Acesso em: 11 fev. 2020.

ANTUNES, P. B. **Direito ambiental**. 14. Ed. São Paulo: Atlas, 2012.

ARAÚJO, Francisco de Assis da Silva. **Geomorfologia aplicada à fragilidade e ao zoneamento ambiental de Caxias/MA. 2012. 184 f.** Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, São Paulo, 2012.

BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. **Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal**. Rio de Janeiro/Brasília: SAE-MMA, 1996.

BERNARDINO, D. S. M.; OLIVEIRA, A. M.; DINIZ, M. T. M. Georges Bertrand e a Análise Integrada da Paisagem em Geografia. **REGNE**, v. 4, n. 2, p. 63-80, 2018.

BERTALANFFY, L. **Kritische theorie der Formbildung**. Gebrüder Borntraeger, 1928.

BERTALANFFY, L. Wandlungen des biologischen Denkens. **Neue Jahrbücher für Wissenschaft und Jugendbildung**, v. 10, p. 339-366, 1934.

BERTALANFFY, L. V. **General system theory: Foundations, development, applications**. New York, George Braziller, 1968.

BERTRAND, G. Paysage et géographie physique globales: esquisse methodologique. **Révue de Géographie des Pyrénées et Sud-Ouest**. Toulouse, v. 39, p. 249-72, 1968.

BOLÓS, M. C. **Manual de ciência del paisaje: teoria, métodos y aplicaciones**. Barcelona: Masson, 1992.

BOJÓRQUEZ-TAPIA, L. A.; BELLO, G. M. C.; GONZÁLEZ L. L. Connotative land degradation mapping: a knowledge-based approach to land degradation assessment. **Environmental Modelling & Software**, v. 40, p. 51-64, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.07.009>>. Acesso em: 12 jun. 2019,

BRASIL. Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981. Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, abr. 1981.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

BRASIL. Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990. Regulamenta a Lei nº 6.902, de 20/04/1981, e a Lei nº 6.938, de 31/08/1981, que dispõem, respectivamente, sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, jun. 1990.

BRASIL. **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. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 13 abr. 2021.

BUSS, M. D.; FURTADO, S. M. de A. Entrevista com o professor Georges Bertrand. **Geosu.**, Florianópolis, v. 13, n. 26, p. 144-160; jul. -dez. 1998.

CABRAL, N. R. A. J.; SOUZA, M. P. **Área de Proteção Ambiental**: Planejamento e gestão de paisagens protegidas. São Carlos: Rima, 2002.

CAILLEUX, A. TRICART, J. Le problème de la classification des faits géomorphologiques. **Ann. de Géogr.**, v. 65:162 -186. 1956.

CÂMARA, G.; CASANOVA, M. A.; MAGALHÃES, G. C. **Anatomia de sistemas de informação geográfica**, 1996.

CÂMARA, G.; BARBOSA, C. C. F.; DAVIS, C. et al. Conceitos básicos em geoprocessamento. **Geoprocessamento**: Teoria e aplicação (livro on-line). São José dos Campos: INEP, 1999.

CASSETI, V. **Elementos de geomorfologia**. Goiânia: Editora da UFG, p. 137, 1994.

CASTRO, José Flávio Morais. **Aplicação de um Sistema de Informação Geográfica na Temática da Morfodinâmica**: O exemplo do estudo da Bacia do Rio Mogi-Cubatão/SP. 1993. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. 1993.

CEREDA JUNIOR, A. **Análise de fragilidade Ambiental com Métodos Multicritério: Críticas e Proposta metodológica**. 2011. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011.

CHORLEY, R. J. Geomorphology and general system theory. **U.S. Geological Survey Professional Paper**, v. 500-B, p. 1-10, 1962.

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

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1999. 106 p.

COUTINHO JÚNIOR, J. A. C.; OLIVEIRA, F. M.; GOMES, P. I. J. et al. O processo brasileiro de criação, implantação e manejo de unidades de conservação ambiental: o caso do Parque Estadual da Lapa Grande, em Montes Claros–MG. **Revista Desenvolvimento Social**, v. 18, n. 1, p. 123-134, 2016.

CRAVEIRO, J. R. V. Caracterização das unidades de conservação: referências sobre o sistema nacional de unidades de conservação da natureza. In: **Simpósio de Pós-Graduação Em Geografia do Estado de São Paulo**. UNESP, Rio Claro, 2008. p. 1061-1075.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J.S.; PALMEIRA, A. F. **Intensidade pluviométrica**: Uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo. São José dos Campos: INPE, 2004.

DIAS, R. L.; PEREZ FILHO, A. Novas Considerações sobre geossistemas e organizações espaciais em Geografia. **Sociedade & Natureza**, v. 29, n. 3, p. 413-425, 2017.

DOUROJEANNI, M. J.; PÁDUA, M. T. J. **Biodiversidade**: A hora decisiva. Londrina: Editora UFPR, 2001.

DRACK, Manfred. Ludwig von Bertalanffy's early system approach. **Systems Research and Behavioral Science: The Official Journal of the International Federation for Systems Research**, v. 26, n. 5, p. 563-572, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Rio de Janeiro, RJ. Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006.

EUCLYDES, A. C. P.; MAGALHÃES, S. R. A. Área de Proteção Ambiental (APA) e o ICMS Ecológico em Minas Gerais: Algumas reflexões. **Revista Geografias**, p. 39-55, 2006.

GOUVEIA, I. C. M. C.; ROSS, J. L. S. Fragilidade ambiental: uma proposta de aplicação de geomorphons para a variável relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 37, p. 123-136, 2019.

HACK, J.T. Interpretation of erosional topography in humid temperated regions. **American Journal Science**, v. 258A, p. 80-97, 1960.

HOWARD, A. D. Geomorphological systems: Equilibrium and dynamics. **American Journal of Science**, v. 258A: p. 80-97, 1965.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/visconde-do-rio-branco/panorama>>. Acesso em: 18 de março. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/26565-malhas-de-setores-censitarios-divisoes-intramunicipais.html>>. Acesso em: 18 de março. 2021.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (IEF). **Área de Proteção Ambiental – APA**, 2021. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/component/content/article/3306-nova-categoria/117-area-de-protecao-ambiental-apa>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **Monitoramento Brasil**. Disponível em: <<https://www.sosma.org.br/iniciativas/atlas-da-mata-atlantica/>>. Acesso em: 15 de novembro. 2019.

JAIN, S. K.; GOEL, M. K. Assessing the vulnerability to soil erosion of the Ukai Dam catchments using remote sensing and GIS. **Hydrological Sciences Journal**, v. 47, n. 1, p. 31-40, 2002.

LAMAS, F. G. Catequese e conflito: o aldeamento de São Manoel de Rio Pomba (1767-1800). **Sacrilegens**, v. 9, n. 1, 2012.

KARGER, D.N., CONRAD, O., BÖHNER, J., KAWOHL, T., KREFT, H., SORIA-AUZA, R.W., ZIMMERMANN, N.E., LINDER, H.P., KESSLER, M., 2021. **CHELSEA Climatologies at High Resolution for The Earth's Land Surface Areas** (Version 1.1). World Data Center for Climate. Disponível em <<https://chelsa-climate.org/>>. Acesso em: 10 mai. 2020.

MAGALHÃES, I. A. L.; ALMEIDA, K. L.; THIAGO, C. R.; JUNIOR, B. S.; ZANETTI, S. S.; CACÍLIO, R. A. Análise de métodos de interpolação para espacialização da precipitação pluvial na região norte do estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013. Foz do Iguaçu. **Resumos...** (5651-5657). Foz do Iguaçu, 2013. abril 13 a 18.

MAGALHÃES, D. R. M. **O papel das Áreas de Proteção Ambiental (APAs) na conservação da biodiversidade brasileira**. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do NORTE, Natal, 2017.

MARQUES NETO, R. Considerações sobre a paisagem enquanto recurso metodológico para a Geografia Física. **Caminhos da Geografia**, v. 9, n. 26, p. 243-255, 2008.

MIARA, M. A. **Planejamento e gestão de unidades de conservação**. 2011. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, São Paulo, 2011.

MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: Uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. v. 5, n. 1, p. 11-18, 2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Tabela consolidada das unidades de conservação**, 2019. Disponível em: <<https://snif.florestal.gov.br/pt-br/conservacao-das-florestass/226-metadados>>. Acesso em: 14 abr. 2021.

MONTEIRO, C. **Geossistemas: A história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2001.

NASCIMENTO, F.R.; SAMPAIO, J.L.F. Geografia física, geossistemas e estudos integrados da paisagem. **Revista da Casa de Geografia de Sobral**, v. 6, n. 1, p.167-179, 2004.

NEVES, C.E.D.; MACHADO, G.; HIRATA, C.A. et al. A importância dos geossistemas na pesquisa geográfica: Uma análise a partir da correlação com o ecossistema. **Sociedade & Natureza**, v. 26, n. 2, p. 271-285, 2014.

NEVES, C.E. **Geossistema: A história de uma pesquisa – Trajetórias e tendências no Estado de São Paulo**. 2015. 191 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2015.

NOGUEIRA-NETO, Paulo. Unidades de conservação - técnica, lei e ética para a conservação da biodiversidade. In: BENJAMIN, A. H. (Coord.). **Evolução Histórica das ARIEs e APAs**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2001.

PACHECO, F.F.; DE SOUZA, J.J.L.L.; DE FARIA, A.L.L. Análise multicritério aplicada na seleção de áreas aptas a construção de barraginhas em relevo forte ondulado. In: **SRHPS - Simpósio de Recursos Hídricos do Rio Paraíba do Sul**, agosto de 2018, Juiz de Fora, MG.

PÁDUA, M. T. J. Área de Proteção Ambiental. In: BENJAMIN, A. H. V. (Org.). **Direito ambiental das áreas protegidas: O regime jurídico das unidades de conservação**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2001. p. 425-433.

PEIXOTO, C. S. **Fragilidade ambiental e uso das terras no município de Ivinhema-MS**. 2016. 117 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2016.

PEREIRA NETO, M.C.P.; FERNANDES, E. **Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Seridó**, 2015.

RODRIGUES, J. B. T.; ZIMBACK, C. R. L.; PIROLI, E. L. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, n. 3, p. 675-681, 2001.

RODRIGUES, J. E. R. **Sistema nacional de unidades de conservação**. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais, 2005.

RODRIGUES, Lincoln Gonçalves. **A agroindústria da cana-de-açúcar na Zona da Mata Mineira**. Dissertação (Mestrado em História) – Universidade Federal de Juiz de Fora, MG, 2012.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia/FFLCH/USP**, n. 6, p. 17-29, 1992.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia/USP**, São Paulo, n. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil: Subsídio para planejamento ambiental**. São Paulo, Oficina de Textos, 2006.

ROSS J. L. S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. **Revista do Departamento de Geografia/USP**, p. 38-51, 2012.

SAINT-HILAIRE, Auguste de. **Viagem pelas províncias do Rio de Janeiro e Minas Gerais**. Tradução: Vivaldi Wenceslau Moreira. Belo Horizonte: Editora Itatiaia; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1975.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO-AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (SEMAD). **Unidades de conservação do estado de Minas Gerais**, 2021. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>>. Acesso em: 13 abr. 2021.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM). **Mapa geológico do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CPRM, 2003. Escala 1:1.000.000 Disponível em: <<http://www.portalgeologia.com.br/index.php/mapa/>>. Acesso em: 17 jun. 2020.

SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F.; SCHAEFER, C.E.G.R. et al. Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 409-419, 2005.

SILVA, T. H. M. Guido Thomaz Marlière e os índios Botocudo nos sertões do Leste (1818-1824). **Revista de C. Humanas**, v. 10, n. 2, p. 361-375, 2010.

SILVA, F.S.M.; ANUNCIÇÃO, S.V.; ARAUJO, M.H. Desafios na Gestão Ambiental Participativa em Unidades de Conservação, Brasil, **Revista Geografar**, Curitiba, n. 1, p. 195-2019, Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/geografar/arti>>. Acesso em: 13 jun. 2020.

SIMONCINI, João Batista Villas Boas. **Produção alimentar no município de Visconde do Rio Branco-MG**. 2011. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2011.

SLAIBI, T. H. D. A. **Área de proteção ambiental da serra da piedade: um estudo sobre patrimônio histórico-ambiental e participação social em Visconde do Rio Branco-MG**. 2005. 170 f. Dissertação (Mestrado em Extensão Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

SNYTKO, V. A.; SEMENOV, Y.M. The study of geosystem structure, development and functioning in Siberia. In: ANDREYCHOUK, V. (Org.). **Methodology of landscape research**. Dissertations Commission of Cultural Landscape of Polished Geographical Society. Sosnowiec, n. 8, 2008. p. 141150.

SPÖRL C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais**. 2007. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SOTCHAVA, V. B. The study geosystems. In: **Reports Of The Institute Of Geography Of Siberia And The Fay Eeast, Special Issue For The. Xxiii Internacional Geographical Congress**, n. 51, p. 3-40, Irkutsk (Tradução de Carlos A. F. Monteiro e Dora. A. Romariz) - Texto Básico. São Paulo: Distribuição Interna, USP- FFLCH-DEGEO-PPGEO, 1963.

SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação dos geossistemas de vida terrestre. **BioGeografia**. São Paulo, n. 14, 1978.

TAVARES, Aparecida de Fátima. **Entre o café e o açúcar: Perfil econômico dos produtores de Visconde do Rio Branco (1870-1889)**. 2013. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em História) –Universidade Federal de Juiz de Fora–UFJF, Juiz de Fora.

TANSLEY, A. G. O uso e abuso de conceitos e termos vegetacionais. **Ecologia**, v. 16, n. 3, p. 284-307, 1935.

TRICART, J. Principes et méthodes de la géomorphologie. **Soil Science**, v. 100, n. 4, p. 300, 1965.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977. 97 p.

TRICART, J. **Paisagem e ecologia: Inter-fácies**. São José de Rio Preto: UNESP, 1979.

TROPPEMAIR, H. Ecossistemas e geossistemas do estado de São Paulo. **Boletim de Geografia Teórica**, v.13, n. 25, p. 27-36, 1983.

TROPPEMAIR, H. Geografia física ou Geografia ambiental? Modelos de Geografia integrada. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada, 15, 1985, Rio Claro, **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro Rio, n. 29-30, p. 63-69, 1985,

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. H. Geossistemas. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, Fortaleza, v. 5, n. 10, p. 79-89, 2006.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: Problemas e soluções. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 7-16, abril 2008.

UFV/CETEC/UFLA/FEAM. **Mapa de solos do estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49 p. Disponível em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>>. Acesso em: 27 out. 2019.

VALERIANO M. M. **Topodata: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. INPE: São José dos Campos, 2008.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da fragilidade ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 2, p. 295-308, 2016.

VERDUM, R. **Perceber e conceber paisagem**. In: VERDUM, Roberto et al. (Org.). Paisagem: leituras, significados e transformações. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012.

VIANA, V. M. Biologia e manejo de fragmentos florestais naturais. In: ANAIS CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 1990. p. 113-118.

VICENTE, L.E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e Geografia. **Geografia (Rio Claro. Impresso)**, Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 323-344, set./dez. 2003.

VISCONDE DO RIO BRANCO. Lei Municipal nº 82/1994, de 30 de junho de 1994. **Institui “como Área de Preservação Ambiental as serras ao norte do município”**. Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco. Coletânea de legislação: edição municipal, Visconde do Rio Branco, 1994.

VISCONDE DO RIO BRANCO. **Memorial descritivo da APA Serra da Piedade**. Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco, 1996.

VISCONDE DO RIO BRANCO. Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco, MG. **Plano municipal de saneamento básico de Visconde do Rio Branco**. 2013. Disponível em: <<http://www.viscondedoriobranco.mg.gov.br/wpcontent/uploads/2017/06/LEI-COMP-59-2016.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2020.

VISCONDE DO RIO BRANCO. **Decreto Municipal nº 074/2016, de 29 de abril de 2016**. Dispõe sobre “tombamentos de bens Históricos, Culturais, Paisagísticos e Ecológicos no Caminho da Água Santa, na Serra de Santa Maria”. Prefeitura municipal de Visconde do Rio Branco. Coletânea de legislação: edição municipal, Visconde do Rio Branco, 2016.

VISCONDE DO RIO BRANCO. Decreto Municipal nº 074/2016, de 29 de abril de 2016. **Dispõe sobre “tombamentos de bens Históricos, Culturais, Paisagísticos e Ecológicos no Caminho da Água Santa, na Serra de Santa Maria”**. Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco. Coletânea de legislação: edição municipal, Visconde do Rio Branco, 2016.

VISCONDE DO RIO BRANCO. Lei nº 26/1985, de 23 de agosto de 1985. **Institui o “tombamento histórico da serra da Piedade de Cima**. Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco. Disponível em: <<https://www.viscondedoriobranco.mg.gov.br/wp-content/uploads/2020/11/Lei-Nº-1.526-Institui-o-patrimônio-hídrico-do-município.pdf>>. Acesso em: 19 jun. 2019.

VISCONDE DO RIO BRANCO. Deliberação Normativa nº 001/2020. **Dispõe sobre vedação de atividade mineradora no âmbito da região serrana rio-branquense para salvaguardar bens de valor histórico, cultural, ambiental, paisagístico, turístico, ecológico e antropológico**. Prefeitura Municipal de Visconde do Rio Branco. Coletânea de legislação: edição municipal, Visconde do Rio Branco, 2020.

WWF-Brasil. **Unidades de conservação**: Conservando a vida, os bens e os serviços ambientais. 2008. Disponível em: <https://wwfbr.awsassets.panda.org/downloads/cartilha_ucs>. Acesso em: 10 mai. 2021.