

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**ANNA CAROLINE COSTA FANALLI**

**FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PERDIZES (MG):  
UM ESTUDO DE CASO PARA O PLANEJAMENTO AGROSILVIPASTORIL**

**MONTE CARMELO  
2023**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**

**ANNA CAROLINE COSTA FANALLI**

**FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PERDIZES (MG):  
UM ESTUDO DE CASO PARA O PLANEJAMENTO AGROSILVIPASTORIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador(a): Dr. Milton Serpa de Meira Junior

**MONTE CARMELO  
2023**

**ANNA CAROLINE COSTA FANALLI**

**FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PERDIZES (MG):  
UM ESTUDO DE CASO PARA O PLANEJAMENTO AGROSILVIPASTORIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Florestal, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Florestal.

Monte Carmelo, 16 de junho de 2023.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Milton Serpa de Meira Junior  
Orientador(a)

---

Prof. Dr. Drausio Honorio Morais  
Membro da Banca

---

Prof. Dr. Luciano Cavalcante de  
Jesus França  
Membro da Banca

**MONTE CARMELO  
2023**

Dedico a todos que acreditam que a educação transforma vidas.

## AGRADECIMENTOS

Prezados professores, orientadores, colegas e amigos,

Hoje, marca um encerramento de uma fase na minha da minha formação acadêmica, da qual é impossível partir sem agradecer a contribuição de cada um de vocês. Gostaria de expressar minha felicidade e gratidão a todos pelo apoio e incentivo na realização do meu Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Sou profundamente grata à Deus, é a Universidade Federal de Uberlândia - UFU, corpo docente e técnicos que foram imprescindíveis na sua formação e na sua pesquisa. Ao pessoal que é responsável pela manutenção da UFU. Em especial aos meus professores Dr. João Vitor Meza Bravo pelo incentivo à pesquisa e ao meu orientador Dr. Milton Serpa da Meira Jr. por sua orientação, paciência e compartilhamento de sabedoria. Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos os meus colegas de curso. Nossas trocas de ideias enriqueceram meu trabalho, ampliaram minha compreensão e ajudaram a construir uma perspectiva mais ampla. Esta jornada será acadêmica, pois enfrentaremos obstáculos e celebraremos sucessos juntos.

Não posso deixar de mencionar amigos e familiares em especial minha mãe cujo apoio e amor incondicionais são a base da minha perseverança e motivação. Seu incentivo constante, palavras de encorajamento e compreensão durante os momentos difíceis foram um presente tremendo. Agradeço ao psicólogo Rodolfo Cândido ao apoio moral que me foi demonstrado ao longo deste percurso.

Por fim, gostaria de agradecer a mim mesmo. A dedicação, o esforço e a força que coloquei neste projeto são fruto do meu compromisso com o conhecimento e o crescimento pessoal. Enfrentei dificuldades, superei dificuldades e tenho orgulho do que conquistei até aqui.

Muito obrigado a todos vocês. Este sucesso não teria sido possível sem as pessoas mencionadas. Obrigado por me dar a oportunidade de aprender e crescer ao seu lado. Espero que nossos caminhos continuem a se cruzar porque seu impacto em minha vida e educação é realmente significativo. Com profunda gratidão

Fanalli

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda.”

(Paulo Freire)

## RESUMO

A preservação dos ecossistemas é resultado das condições morfogenéticas dos sistemas naturais da terra e do processo de uso e ocupação humana da terra, especialmente em paisagens alteradas por atividades agropecuárias. O conceito de Fragilidade Ambiental é derivado dos princípios de ecodinâmicas propostas por Tricart (1977). Refere-se a um conjunto de fatores naturais e antrópicos. O estudo de caso foi realizado na Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes, na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, Minas Gerais. Neste estudo, foram considerados as variáveis ambientais: tipo de solo, índice de dissecação do relevo, geomorfologia, proximidade de corpos d'água e declividade para a modelagem geoespacial e uso e cobertura da terra. Através da análise de múltiplos critérios, foram modeladas diferentes classes de Fragilidade Ambiental: (i) muito baixa, (ii) baixa, (iii) média, (iv) forte e (v) muito forte. Computado a Fragilidade Ambiental à partir da Fragilidade Potencial e Fragilidade Emergente. A área da bacia do rio Perdizes possui solos profundos que somada a uma declividade predominantemente plana favorece a mecanização de áreas agrícolas. O índice de dissecação do relevo predomina na classe alta, devido a sua muito baixa dimensão interfluvial média e alto grau de entalhamento dos vales. A geomorfologia predominantemente está na classe 3, que apresenta uma dissecação de topo convexo e tabular com aprofundamento das incisões até 50m. A análise da fragilidade potencial revelou que a maior parte da área de estudo está concentrada nas classes 2 e 3, totalizando 119.699,81 ha ou seja 96,26% da área da bacia. Em relação a fragilidade emergente a maior parte estão nas classes 3 e 4, juntas somam 108.637,25 ha, o equivalente a 87,37%. Os resultados indicaram que áreas potencialmente frágeis tendem a se tornar mais sensíveis à ação antrópica. Conclui-se, portanto, que ações antrópicas afetam a fragilidade ambiental, quando a área já possui sensibilidade natural, o uso e cobertura da terra acentua a fragilidade.

**Palavras-chave:** Manejo de Ecossistemas. Manejo de Bacias Hidrográficas. Unidades ecodinâmicas. Planejamento Ambiental; Sistemas de Informações Geográficas.

## ABSTRACT

The preservation of ecosystems is the result of the morphogenetic conditions of the earth's natural systems and the process of human use and occupation of the earth, especially in landscapes altered by agricultural activities. The concept of Environmental Fragility is derived from the principles of ecodynamics proposed by Tricart (1977). It refers to a set of natural and anthropogenic factors. The case study was carried out in the Perdizes River Basin, in the Messorregion of Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, Minas Gerais. In this study, the following environmental variables were considered: soil type, relief dissection index, geomorphology, proximity to water bodies and slope for geospatial modeling and land use and land cover. Through the analysis of multiple criteria, different classes of Environmental Fragility were modeled: (i) very low, (ii) low, (iii) medium, (iv) strong and (v) very strong. Computed Environmental Fragility from Potential Fragility and Emerging Fragility. The area of the Perdizes river basin has deep soils which, together with a predominantly flat slope, favor the mechanization of agricultural areas. The relief dissection index predominates in the upper class, due to its very low average interfluvial dimension and high degree of valley carving. The geomorphology is predominantly in class 3, which presents a dissection with a convex and tabular top with deepening of the incisions up to 50m. The potential fragility analysis revealed that most of the study area is concentrated in classes 2 and 3, totaling 119,699.81 ha or 96.26% of the basin area. Regarding emerging fragility, most are in classes 3 and 4, together they add up to 108,637.25 ha, equivalent to 87.37%. The results indicated that potentially fragile areas tend to become more sensitive to human action. It is concluded, therefore, that anthropic actions affect environmental fragility, when the area already has natural sensitivity, land use and cover accentuate the fragility.

**Key words:** Ecosystem Management. Watershed Management. Ecodynamic units. Environmental planning; Geographic Information Systems.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
2.1	OBJETIVO GERAL.....	2
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICO .....	2
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>2</b>
3.1	ÁREA DE ESTUDO .....	2
3.2	AQUISIÇÃO DOS DADOS .....	3
3.3	ANÁLISE DOS DADOS .....	4
3.4	VALIDAÇÃO DOS DADOS.....	7
3.5	EXECUÇÃO DO TRABALHO.....	8
<b>4</b>	<b>RESULTADO .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>20</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>21</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes – MG. Fonte: Autora (2023). .....	3
<b>Figura 2.</b> Fluxograma descrevendo as etapas de cada atividade realizada no estudo. Fonte: Autora (2023). .....	8
<b>Figura 3.</b> Mapa da Fragilidade Potencial da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023). .....	9
<b>Figura 4.</b> Mapa da Fragilidade Emergente da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023). .....	10
<b>Figura 5.</b> Mapa da validação dos dados em campo referentes à Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023). .....	14
<b>Figura 6.</b> Vocoçoça presente na área de estudo, situada no município de Monte Carmelo - MG. Fonte: Autora (2023). 17	
<b>Figura 7.</b> Solo exposto e pastagens degradadas situados no município de Monte Carmelo - MG. Fonte: Autora (2023). .....	17
<b>Figura 8.</b> Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: (Autora 2023). .....	24
<b>Figura 9.</b> Mapa de distância da drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023). .....	25
<b>Figura 10.</b> Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023). .....	26
<b>Figura 11.</b> Mapa de geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023). <b>Figura 12.</b> Mapa de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023). .....	27
<b>Figura 13.</b> Mapa do Índice de dissecação do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023). .....	29

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Caracterização das informações matriciais e vetórias com suas respectivas fonte e objetivos. Fonte: Elaborada pela autora (2022) .....	4
<b>Tabela 2.</b> Classes de fragilidade e a descrição de cada classe. Fonte: França; Mucida, 2022 .....	5
<b>Tabela 3.</b> Variáveis selecionadas para o computo das fragilidades potencial e emergente. Fonte: Adaptado EMBRAPA 1979; ROSS (1994) .....	5
<b>Tabela 4.</b> Análise multicritério para fragilidade potencial e emergente. Fonte: Autora (2022) .....	7
<b>Tabela 5.</b> Áreas das variáveis do estudo relacionados com o peso que estão inseridas. Fonte: Autora (2023) .....	8
<b>Tabela 6.</b> Validação dos dados em campo. Fonte: Autora (2023) .....	10
<b>Tabela 7.</b> Tabela de recomendação. Fonte: Adaptado de França (2022); Castro; Hermani, (2015) .....	19

# 1 INTRODUÇÃO

O componente humano na paisagem trás alterações no meio ambiente (ALVES, 2022). Estima-se 40% da população mundial ou seja 3,2 bilhões de pessoas são afetadas pela degradação ambiental (PROGRAMME, 2021). A exploração indiscriminada dos recursos naturais gera uma necessidade de regulamentação que vise controlar o impacto humano nas paisagens (MULLAN e HAQQ-MISRA, 2019). A fragilidade ambiental é utilizada para contribuir na tomada de decisão da expansão territorial e manejo dos recursos naturais (GONÇALVES et al., 2011). Evidenciando quais áreas são inerentemente mais vulneráveis e como elas respondem à atividade humana (VALLE; FRANCELINO; PINHEIRO, 2016).

O conceito de fragilidade ambiental é derivado dos princípios de ecodinâmica proposto por Tricart (1977). A fragilidade ambiental refere-se ao conjunto de fatores naturais e antrópicos (ROSS, 1994). As variáveis de caráter natural são consideradas como fragilidade potencial (CAVALCANTE et al., 2022). As atividades antrópicas somadas a fragilidade potencial geram a informação de fragilidade emergente (ROSS, 1994).

A falta de planejamento gera impactos acima da resiliência da natureza gerando uma problemática na sobrevivência humana, para minimizar os efeitos nocivos do ser humano é feito uma análise integrada de variáveis para compor a fragilidade ambiental (SANTOS; MARCHIORO, 2020). Para o computo da mesma é necessário calcular a fragilidade potencial e emergente (CREPANI et al., 2001). A avaliação da fragilidade ambiental é fundamental para compreender a sensibilidade de um ecossistema e identificar as principais atividades que impactam a sua sustentabilidade (CAVALCANTE et al., 2022).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm se consolidado como ferramenta essencial para o planejamento ambiental, sendo amplamente utilizado no monitoramento de fragilidade ambiental (MENEZES, 2019). Cada local deve ser analisado levando em consideração suas particularidades, para selecionar variáveis que representem a área e posteriormente compor a fragilidade potencial e emergente que auxiliará na tomada de decisões de um manejo efetivo (DONHA; SOUZA; SUGAMOSTO, 2006). São adotados pesos para mensurar a fragilidade: muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5) (ROSS, 1994).

A justificativa para essa pesquisa reside na necessidade de identificar e pontuar as atividades que influenciam na fragilidade ambiental dessa região, proporcionando subsídios para a melhoria da

gestão ambiental e o desenvolvimento de práticas sustentáveis. Ao compreender quais fatores estão contribuindo para a fragilidade ambiental na bacia do Rio Perdizes, será possível direcionar esforços e implementar medidas efetivas para minimizar os impactos negativos e promover um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico sustentável e a preservação do ambiente.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Modelar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes, Minas Gerais e caracterizar as atividades que afetam à fragilidade ambiental.

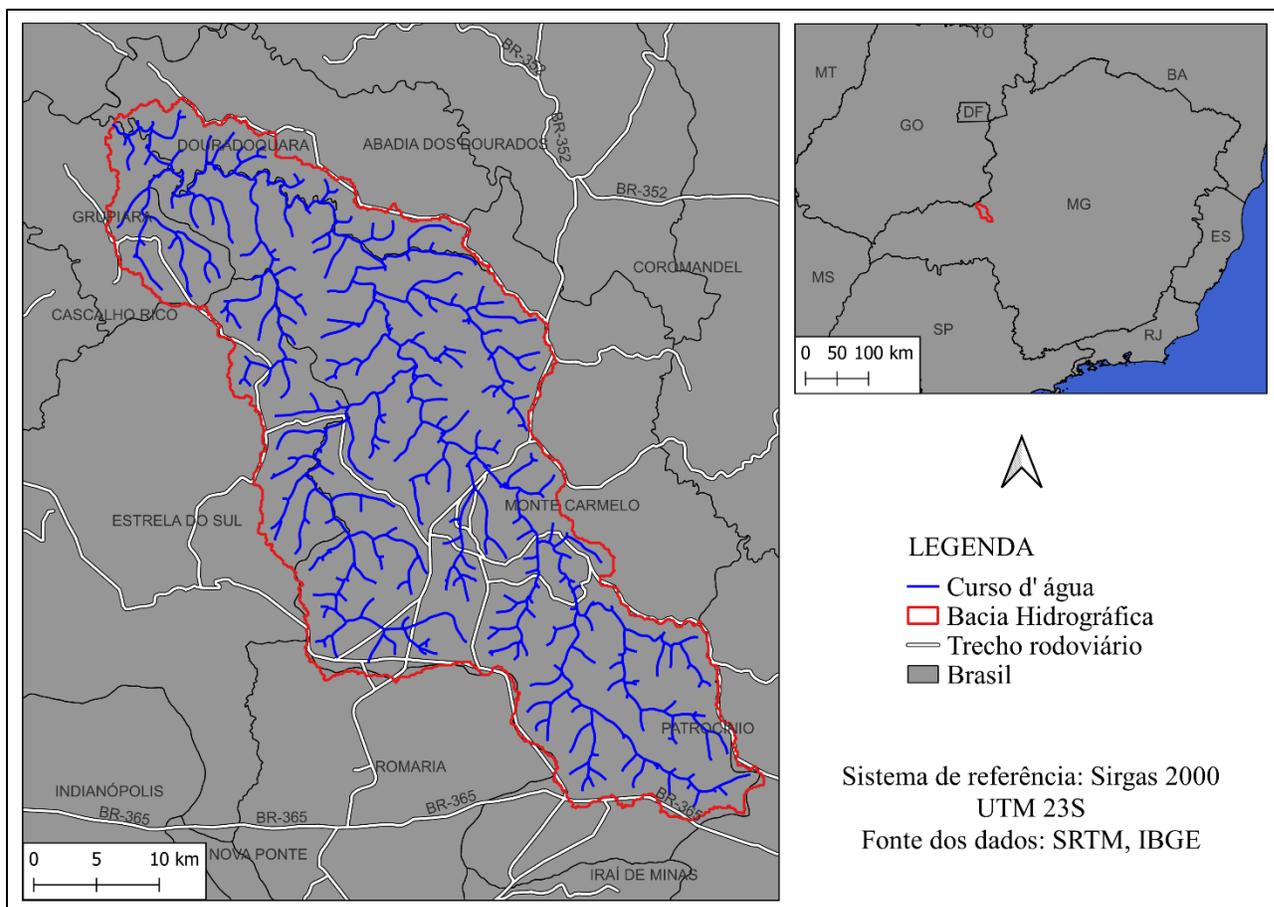
### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO**

- ❖ Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes;
- ❖ Coleta de variáveis geomorfológicas e uso da terra;
- ❖ Análise da fragilidade potencial e emergente;
- ❖ Validação em campo dos resultados da modelagem;

## **3 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.1 ÁREA DE ESTUDO**

Situada na Região Hidrográfica do Paraná e Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba a Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes (Figura 1) está inserida na mesorregião do triângulo mineiro e alto Paranaíba que compreende uma área de 22.244 km<sup>2</sup>, 31,49% do território da bacia do Rio Paranaíba (COSTA, 2019). Localizando-se em zonas climáticas quente e sub quente com duas estações bem definidas verão quente, inverno seco, classificação Aw segundo Koppen (FERREIRA, 2022). Englobando os municípios de Douradoquara, Grupiara, Estrela do Sul e Monte Carmelo. A área está localizada em uma região que predomina a agricultura, especialmente a produção de soja e café.



**Figura 1.** Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes – MG. Fonte: Autora (2023).

A bacia hidrográfica do Rio Perdizes encontra-se sob os solos do tipo Argilossolo Vermelho-Amarelo que corresponde a 38,04% de sua área total, seguido do Cambissolo Háplico (24,86%) e Latossolo Vermelho (32,97%), apresenta rochas sedimentares e metamórficas em sua composição (IDE SISEMA, 2022).

### 3.2 AQUISIÇÃO DOS DADOS

Os dados matriciais e vetoriais foram obtidos através das plataformas digitais disponíveis gratuitamente pelo IDE-SISEMA - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, SRTM – Shuttle Radar Topographic Mission (MIRANDA, 2005). E quando necessários os dados foram obtidos uso de geosserviços WMS (*Web Map Service*) e WFS (*Web Feature Service*). Conforme apresentando na Tabela 1.

Depois de obter os dados, o produto foi processado, o conjunto de dados possibilitou a

execução da álgebra do mapa para gerar o mapa de Fragilidade ambiental. Observe que os conjuntos de dados foram homogeneizados em termos de sistema de referência e escala e convertidos em imagens (no formato TIFF) conforme necessário para realizar operações algébricas específicas para modelos multicritério. O modelo escolhido para a análise dos dados foi a média ponderada.

**Tabela 1.** Caracterização das informações matriciais e vetoriais com suas respectivas fonte e objetivos. Fonte: Elaborada pela autora (2022)

<b>Informação</b>	<b>Fonte</b>	<b>Objetivo</b>
Uso e cobertura da Terra	MapBiomas Coleção 7:1 (2021)	Identificar os usos da terra e classificar a vegetação
Solos	IDE-SISEMA	Classificação do tipo de solo
Modelo Digital de Elevação (MDE – SRTM)	Embrapa	Elaboração da declividade do terreno Determinação do perímetro da bacia e sua drenagem Índice de dissecação do relevo
Geomorfologia	IDE-SISEMA	Geomorfologia
Distância da drenagem	Buffer do curso d'água	Avaliar a fragilidade ambiental na distância da distância do curso d'água

### 3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Foram selecionados seis variáveis para estimativa da fragilidade ambiental: tipos de solo, declividade, geomorfologia, distância da drenagem, índice dissecação do relevo e uso e cobertura da terra. Para cada variável foram determinadas classes variando de muito fraca (1), fraca (2), média (3), forte (4) e muito forte (5), conforme apresentado na tabela 2. Para homogeneização dos dados o tamanho do pixel utilizado foi 30 x 30m. Utilizando software de código aberto Qgis 3.22.10 para processamento dos dados e o aplicativo Timestamp para a coleta de dados e fotografia em campo.

**Tabela 2.** Classes de fragilidade e a descrição de cada classe. Fonte: França; Mucida, 2022

<b>Classe/Pesos</b>	<b>Descrição</b>
1 - Muito Baixa	Baixa fragilidade ambiental, o ambiente encontra em estado de resiliência
2 – Baixa	Paisagem estável, não se enquadrando na classe 1
3 – Media	Transição de uma baixa fragilidade para alta fragilidade, requer atenção de quais atividades serão realizadas na área
4 – Forte	Sensível a degradação ambiental, forte sensibilidade a atividades antrópicas
5 – Muito Forte	Muito forte fragilidade ambiental, muito sensível a atividades antrópicas

Os pesos atribuídos para fragilidade ambiental dos subcritérios de cada camada foram implementados de acordo com fundamentação técnica e baseado na literatura especializada para cada tema (Tabela 3). A partir das variáveis, com os respectivos pesos, foram mensurados dois parâmetros da fragilidade ambiental: fragilidade potencial e fragilidade emergente. Para o cálculo da fragilidade potencial, foi realizada a média ponderada das variáveis tipo de solo, declividade, geomorfologia, distância da drenagem e índice dissecação do relevo (Tabela 4). Para modelar a fragilidade emergente, foi usada a média da fragilidade potencial e a variável uso e cobertura da terra.

**Tabela 3.** Variáveis selecionadas para o computo das fragilidades potencial e emergente. Fonte: Adaptado EMBRAPA 1979; ROSS (1994)

<b>Uso e cobertura da terra</b>		
<b>ID</b>	<b>Pesos</b>	<b>Justificativa do peso</b>
Formação Florestal	1	Cobertura vegetal mais adensada
Formação Savânica	2	Cobertura vegetal mais espaçada, ocorrência de incêndios naturais
Silvicultura	3	Cobertura do solo, resíduos florestais, ambiente antropizado
Formação Campestre	3	Tipo de vegetação e solo, ocorrência de incêndios altos e maior que a savânica
Pastagem	4	Ambiente antropizado, ocorrência de incêndios
Cana	4	Ambiente antropizado, ocorrência de incêndios
Mosaico de usos	4	Ambiente antropizado, ocorrência de incêndios
Café	4	Ambiente antropizado, manejo constante
Campo Alagado e Área Pantanosa	4	Solos hidromórficos
Citrus	4	Ambiente antropizado, ocorrência de incêndios

<b>Uso e cobertura da terra</b>		
ID	Pesos	Justificativa do peso
Outras lavouras perenes	4	Ambiente antropizado, ocorrência de incêndios
Área urbanizada	5	Atividade antrópica com resíduos sólidos e a impermeabilização dos solos
Outras áreas não vegetadas	5	Atividade antrópica com resíduos sólidos e a impermeabilização dos solos
Curso d'água	5	Contaminação, assoreamento
Soja	5	Ambiente antropizado, manejo constante, ciclo anual
Outras lavouras temporárias	5	Ambiente antropizado, manejo constante, ciclo anual

<b>Tipos de solos</b>		
ID	Pesos	
Latossolo vermelho	1	Solos bem drenados, profundos
Argissolo Vermelho Amarelo	3	Solos intermediários
Cambissolo háplico	4	Solos mais novos, rasos e maior quantidade de areia
Massa dá água	5	Contaminação, assoreamento

<b>Declividade</b>		
ID	Pesos	
0 - 3%	1	Quanto maior a declividade maior a fragilidade
3 - 8%	2	
8 - 13%	3	
13 - 20%	4	
> 20%	5	

<b>Geomorfologia</b>		
ID	Pesos	
Pediaplano retocado inumado	1	retocado inumado
Pediaplano degradado etchplanado	2	degradado etchplanado
Dissecação topo convexo e tabular	3	aprofundamento das incisões até 50m
Dissecação topo convexo	4	aprofundamento das incisões >50 a 100m

<b>Distância da drenagem</b>		
	Pesos	
>120 m	1	Quanto mais próxima do rio maior a sensibilidade
120 – 90 m	2	
90 – 60 m	3	
60 – 30 m	4	
30 – 0 m	5	

<b>Dissecação horizontal</b> (Grau de entalhamento dos vales)	<b>Dissecação vertical</b>		<b>(Dimensão interfluvial média)</b>		
	Muito Alta (5) >3.750	Alta (4) 1.750 a 3.750	Média (3) 750 a 1.750	Baixa (2) 250 a 750	Muito Baixa (1) <250
Muito Baixa (1) < 20 m	11	12	13	14	15
Baixa (2) 20 a 40 m	21	22	23	24	25
Média (3) 40 a 80 m	31	32	33	34	35
Alta (4) 80 a 160 m	41	42	43	44	45

Muito Alta (5) > 160 m	51	52	53	54	55
<b>Pesos</b>	<b>1 -Muito Baixa</b>	<b>2 - Baixa</b>	<b>3 - Média</b>	<b>4 - Alta</b>	<b>5 - Muito Alta</b>
Justificativa do peso	Quanto maior a dissecação maior a sensibilidade				

**Tabela 4.** Análise multicritério para fragilidade potencial e emergente. Fonte: Autora (2022)

<b>Expressão algébrica</b>	<b>Legenda</b>
Fragilidade potencial: $\frac{s+d+g+d1+idr}{5}$	s = tipo de solos d = declividade g = geomorfologia d1 = distância da drenagem idr = índice dissecação do relevo
Fragilidade emergente: $\frac{fp+u}{2}$	fp = Fragilidade potencial u = Uso do solo

Sequencialmente, com os dados obtidos de ambas fragilidades foi possível inferir sobre as consequências da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do rio Perdizes, o que pode auxiliar na tomada de decisões relacionadas ao manejo da terra e usos agrossilvipastoril.

A partir dos parâmetros de fragilidade potencial e emergente, foi elaborado um mapa para identificação dos locais em que estão mais suscetíveis à ação antropogênica.

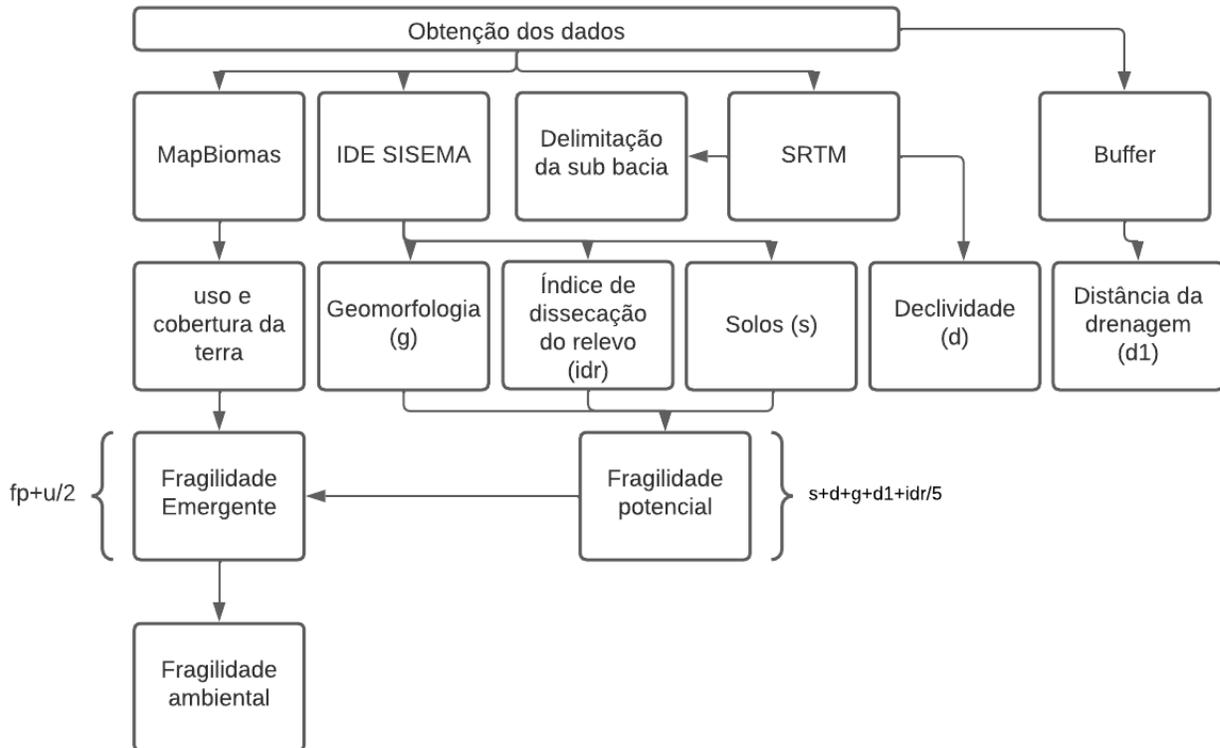
As áreas foram contabilizadas em hectares e em percentual quanto à quantidade da área que estão inseridas em cada uma das classes (muito baixa, baixa, média, forte e muito forte) do resultado obtido pelos mapas da Fragilidade Ambiental.

### 3.4 VALIDAÇÃO DOS DADOS

Os dados foram validados em campo com auxílio do aplicativo Timestamp, que adiciona as coordenadas, visada, altitude nas fotos, número dos pontos. Foram selecionados seis pontos para a averiguação, os pontos foram selecionados de acordo com o grau de fragilidade potencial e emergente.

### 3.5 EXECUÇÃO DO TRABALHO

Para execução do trabalho o mesmo foi dividido em três partes: aquisição de dados em formato matricial e vetorial (Figura 2). A segunda etapa consiste na elaboração de mapas que compõem a Fragilidade Ambiental e a terceira etapa o levantamento em campo.



**Figura 2.** Fluxograma descrevendo as etapas de cada atividade realizada no estudo. Fonte: Autora (2023).

## 4 RESULTADO

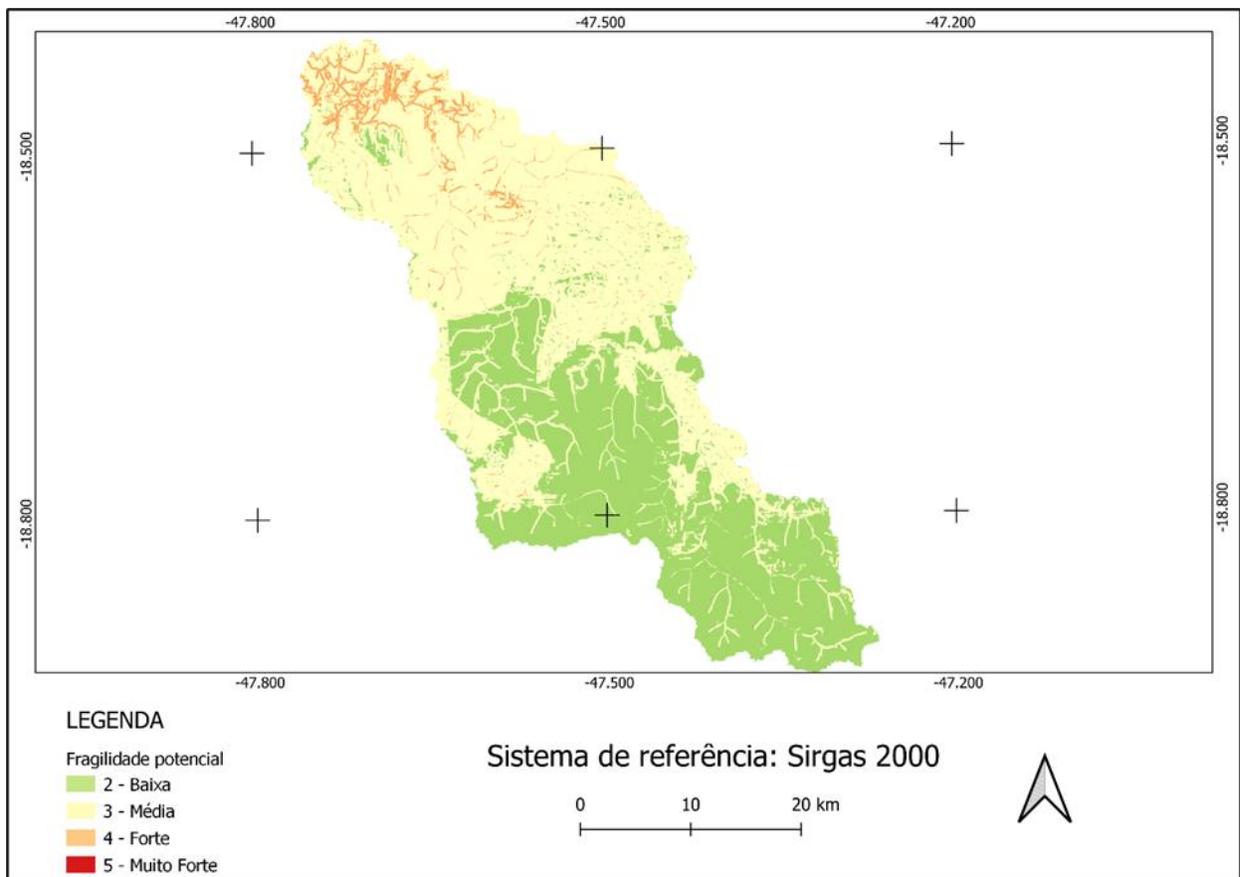
A área da bacia do rio Perdizes possui solos profundos que somada a uma declividade predominantemente plana favorece a mecanização de áreas agrícolas. O índice de dissecação do relevo predomina na classe alta, devido a sua muito baixa dimensão interfluvial média e alto grau de entalhamento dos vales (Tabela 5). A geomorfologia predominantemente está na classe 3, que apresenta uma dissecação de topo convexo e tabular com aprofundamento das incisões até 50m.

**Tabela 5.** Áreas das variáveis do estudo relacionados com o peso que estão inseridas. Fonte: Autora

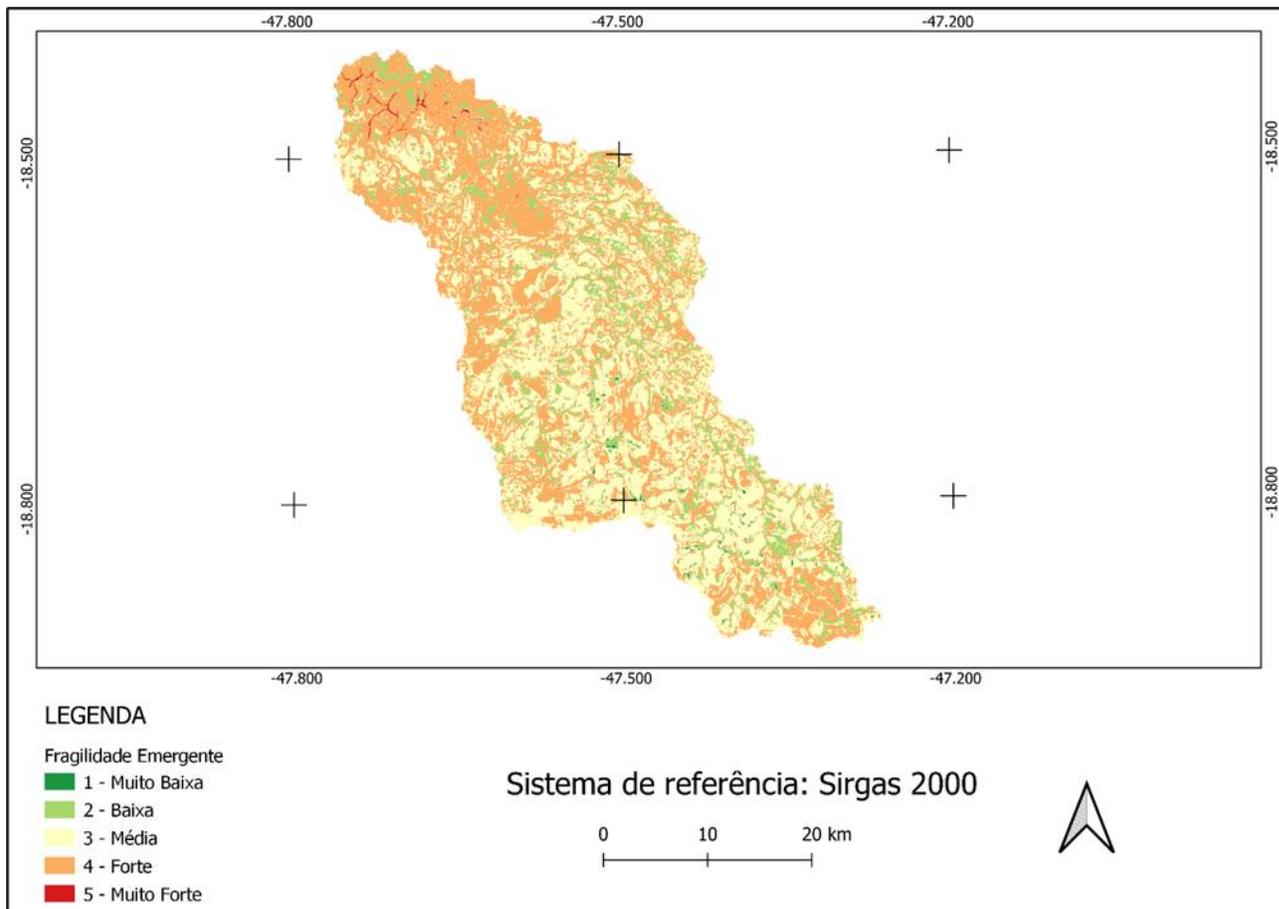
(2023)

Variáveis	Tipo de solo	Declividade	Geomorfologia	Drenagem	Uso do solo	IDR
Peso						
1	35,28%	13,59%	11,76%	86,89%	10,93%	0,00%
2	0,00%	50,14%	24,70%	3,25%	1,76%	0,00%
3	36,81%	26,34%	53,16%	3,27%	0,92%	2,36%
4	24,55%	8,44%	6,89%	3,29%	52,16%	91,14%
5	3,35%	1,49%	3,49%	3,31%	34,27%	6,56%

A análise da fragilidade potencial revelou que a maior parte da área de estudo está concentrada nas classes 2 e 3, totalizando 119.699,81 ha ou seja 96,26% da área da bacia. Em relação a fragilidade emergente a maior parte estão nas classes 3 e 4, juntas somam 108.637,25 ha, o equivalente a 87,37%.



**Figura 3.** Mapa da Fragilidade Potencial da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023).



**Figura 4.** Mapa da Fragilidade Emergente da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023).

A validação dos dados foi feita em campo no dia 22/06/2023 e estão apresentadas na Tabela 6 e Figura 5, evidenciando as características de cada ponto com sua respectiva geolocalização.

**Tabela 6.** Validação dos dados em campo. Fonte: Autora (2023)

Foto	Descrição	Geolocalização
	<p>Ponto de observação de transição de baixa para média, relevo dissecado, maciço de floresta. Fragilidade potencial baixa devido as APPs. Fragilidade emergente média para forte associado a pastagens, ravinas, começo de erosão, vegetação</p>	<p>Ponto: 001            Coordenadas: 23K 242510 7936729            Visada: Nordeste            Altitude: 839m            Município: Monte Carmelo</p>



rasteira, pasto mau manejado, pecuária presente.

Ponto de observação de transição de baixa para média, relevo dissecado, maciço de floresta. Fragilidade potencial baixa devido as APPs.

Fragilidade emergente média para forte associado a pastagens, ravinas, começo de erosão, vegetação rasteira, pasto mau manejado, pecuária presente.

Ponto: 001  
Coordenadas: 23K 242509 7936734  
Visada: Nordeste  
Altitude: 839m  
Município: Monte Carmelo



Agricultura com preparo de solo conservacionista no qual o mesmo fica exposto na fase que antecede o plantio.

Ao lado desta área possui uma voçoroca.

Eucalipto associado em terrenos planos, pastagem degradada, pequenas colinas, linha de floresta

Fragilidade emergente média com solo exposto e com revolvimento.

Vista sudoeste: Café, pastagem com pouco de processo erosivo com susceptibilidade devido a declividade.

Ponto: 002  
Coordenadas: 23K242812 7940024  
Visada: Oeste  
Altitude: 852m  
Município: Monte Carmelo



Presença de voçoroca, processos erosivos,

Preparo de solo ao lado da voçoroca sem nenhuma medida para contenção da expansão da mesma

Ponto: 002  
Coordenadas: 23K242810 7940088  
Visada: Oeste  
Altitude: 863m  
Município: Monte Carmelo

	<p>Presença de voçoroca ao lado de um preparo de solo para o cultivo agrícola</p>	<p>Ponto: 002  Coordenadas: 23K242781 7940075  Visada: Oeste  Altitude: 855m  Município: Monte Carmelo</p>
	<p>Solo pedregoso, Presença de eucalipto ao fundo, vegetação mais rasteira no primeiro plano, capim nativo, declividade mais plana. Argissolos saindo da aptidão agrícola, solos menos profundos, solos arenosos, esbranquiçado, presença de eucalipto.</p>	<p>Ponto: 003  Coordenadas: 23K241953 7945640  Visada: Sudoeste  Altitude: 846m  Município: Monte Carmelo</p>
	<p>Solo pedregoso, Presença de mata nativa (Cerradão) no segundo plano, Presença de capim nativo e vegetação rasteira. Argissolos saindo da aptidão agrícola, solos menos profundos, solos arenosos, esbranquiçado, presença de eucalipto.</p>	<p>Ponto: 003  Coordenadas: 23K241953 7945640  Visada: Sudoeste  Altitude: 846m  Município: Monte Carmelo</p>
	<p>Solo pedregoso. Argissolos saindo da aptidão agrícola, solos menos profundos, solos arenosos, esbranquiçado, presença de eucalipto.</p>	<p>Ponto: 003  Coordenadas: 23K241946 7945645  Visada: Sudoeste  Altitude: 841m  Município: Monte Carmelo</p>

 <p>22 de jun. de 2023 10:19:44 23K 235715 7953322 781' S Douradoquara Altitude: 781.0m Ponto: 004</p>	<p>Solo arenoso, esbranquiçado, raso, Vegetação mais espaçada. Parte de cima ficou em uma classe forte e muito forte pela presença da massa d'água, inclinação do terreno, presença de cambissolos. Vista sudoeste: solo exposto, pastagem degradada, presença de APPs associado a áreas de drenagem.</p>	<p>Ponto: 004 Coordenadas: 23K235715 7953322 Visada: Oeste Altitude: 781m Município: Douradoquara</p>
 <p>22 de jun. de 2023 10:23:42 23K 235722 7953322 311' NE Douradoquara Altitude: 771.0m Ponto: 004</p>	<p>Solo arenoso, esbranquiçado, raso.</p>	<p>Ponto: 004 Coordenadas: 23K235722 7953322 Visada: Oeste Altitude: 771m Município: Douradoquara</p>
 <p>22 de jun. de 2023 10:51:25 23K 219763 7961002 222' SW Douradoquara Altitude: 747.0m Ponto: 005</p>	<p>Presença de pastagem conservada. Presença de pastagem, palmeira <i>Syagrus romanzoffiana</i>. Solo vermelho que pode ocorrer variações dentro de micro sítios, pastagem bem manejada. Predominância de pastagem</p>	<p>Ponto: 005 Coordenadas: 23K219763 7961002 Visada: Sudoeste Altitude: 747m Município: Douradoquara</p>
 <p>22 de jun. de 2023 11:38:42 23K 222203 7956874 203' SW Douradoquara Altitude: 713.0m Ponto: 006</p>	<p>Próximo a calha do Rio Perdizes – MG. Elevada dissecação do relevo, declividade forte ondulada, solo avermelhado, presença de palmeira <i>Syagrus romanzoffiana</i>. Vegetação nativa, segura a degradação, cambissolos favorece a fragilidade potencial</p>	<p>Ponto: 006 Coordenadas: 23K222203 7956874 Visada: Oeste Altitude: 713m Município: Douradoquara</p>

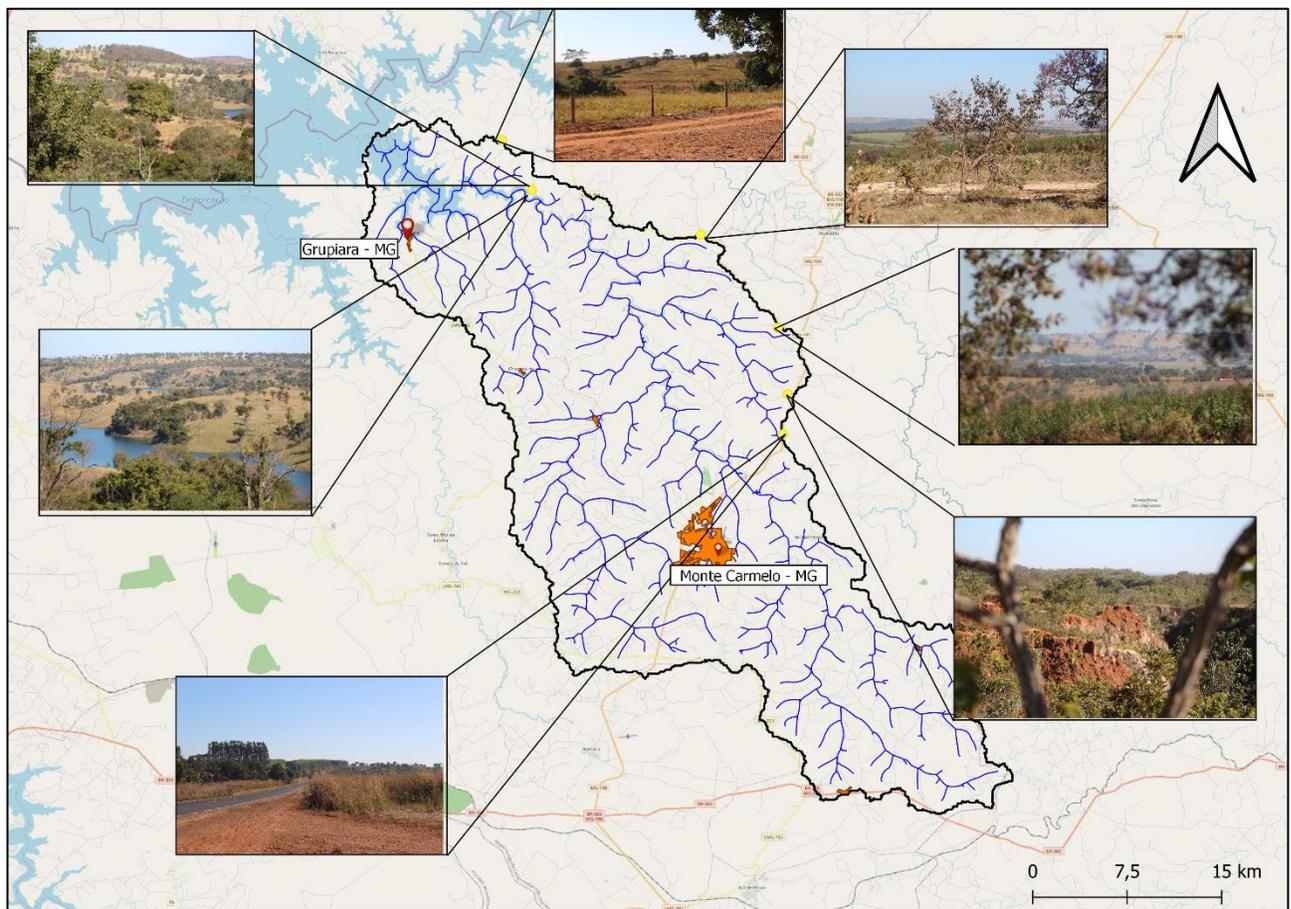


Próximo a calha do Rio Perdizes –  
MG.

Elevada dissecação do relevo,  
declividade forte ondulada, solo  
avermelhado, presença de palmeira  
*Syagrus romanzoffiana*.  
Vegetação nativa, segura a  
degradação, cambissolos favorece a  
fragilidade potencial

Ponto: 006  
Coordenadas: 23K222203 7956874

Visada: Oeste  
Altitude: 713m  
Município: Douradoquara



**Figura 5.** Mapa da validação dos dados em campo referentes à Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023).

## 5 DISCUSSÃO

A área da bacia hidrográfica do rio Perdizes apresenta os solos argissolos e latossolos que possuem aptidão agrícola, juntamente com uma declividade predominantemente plana, favorece a

mecanização das áreas agrícolas (SOUSA; LOBATO, 2021). A topografia plana juntamente com a presença dos solos profundos favorecem o desenvolvimento radicular das plantas e permite o uso de máquinas no cultivo (GARCIA et al., 2020). Isso explica a presença de culturas perenes e temporárias que são encontradas em solos com boa aptidão agrícola.

A maior parte da bacia do Rio Perdizes é composta por áreas com distância superior a 120 metros do curso d'água. As áreas inferiores à 120 metros estão situadas próximas ao curso do rio e mais sujeitas a lixiviação, assoreamento e contaminação da água por dejetos oriundos da área urbana e resquícios de produtos fitossanitários que são utilizados em áreas de produção agrícola (LEÃO DE SOUZA et al., 2020). Essas áreas, mesmo com diferentes pesos, possuem o mesmo nível de susceptibilidade a sofrerem por perturbações geradas pelas atividades humanas.

Na porção norte da bacia possui concentração de cambissolos háplico que juntamente com uma declividade e o relevo dissecado favorece a fragilidade potencial média e fragilidade emergente alta, por ser um solo mais novo, menos profundo quando comparado aos latossolos e associado a geomorfologia do terreno mais dissecada, favorecendo a susceptibilidade do local a erosão.

No que diz respeito à fragilidade potencial, verificou-se que a bacia do Rio Perdizes apresenta principalmente baixa (Classe 2) a média fragilidade (Classe 3), em consonância com os resultados obtidos em estudos anteriores França (2018). A região da bacia do Rio Perdizes está dentro do padrão de fragilidade potencial que ocorre no Brasil.

A menor fragilidade potencial concentra-se na área sul da bacia devido a presença de latossolos que são solos profundos, combinando-se com a característica de baixa declividade do terreno. A declividade influenciou significativamente nos resultados, pois a bacia apresenta baixas declividades (2 a 15%), somando 74,62% da área constituída por áreas de relevo plano e suave ondulado. Resultados similares foram encontrados por Gonçalves et al. (2011) e Oliveira et al. (2012), os quais destacam que os solos bem desenvolvidos e baixa declividade são os principais elementos que influenciaram na redução do escoamento superficial, consequentemente atenuando a ocorrência de processos erosivos.

A fragilidade emergente modelada para a bacia hidrográfica, variou entre média (Classe 3) a forte (Classe 4). Alguns trabalhos científicos demonstram que a fragilidade emergente tende a ficar entre as classes de média a alta fragilidade, devido a presença das atividades antrópicas nos locais que modificam as características naturais da paisagem (COSTA; LEITE, 2022; VALLE; FRANCELINO; PINHEIRO, 2016). A intensificação agrícola da região resulta na fragmentação da

vegetação nativa, ocasionando em efeito de borda, alterando o fluxo gênico, aumentando a incidência solar, modificando a abundância de espécies (TAKIKAWA; SILVA; LOURENÇO, 2021).

É importante ressaltar que, de maneira geral, a área da bacia do Rio Perdizes naturalmente possui características de baixa fragilidade potencial. No entanto, quando há a intervenção humana, a classe de fragilidade emergente aumenta, concentrando-se nas áreas de alta fragilidade. Isso enfatiza que as atividades antrópicas contribuem para o aumento da fragilidade ambiental.

A fragilidade emergente apresenta-se em menor ocorrência próxima aos cursos d'água devido a presença de APPs – Áreas de Preservação Permanente. Pois a mesma atua como uma barreira natural, minimizando os impactos antrópicos (BRASIL, 2012). A implantação e manutenção de APPs reduz a vulnerabilidade dos cursos d'água e áreas adjacentes, tornando-os menos resistentes aos impactos antrópicos, como desmatamento, expansão urbana e poluição dos recursos (SANTOS; SOUZA; SOUSA, 2022), fornece proteção do solo, aumenta a capacidade de infiltração da água e diminui o escoamento superficial (SANTOS; MARCHIORO, 2020).

Mesmo havendo baixa fragilidade potencial, as ações antrópicas de determinadas áreas podem sofrer influência pela ocupação da terra existente sobre elas (TRAFICANTE et al., 2017). Isso ocorre pela diminuição do grau de proteção, aumentando o escoamento superficial e proporcionando a erosão linear e laminar, tornando essas áreas instáveis e fragilizadas (CAVALCANTE et al., 2022). Portanto, a manutenção da vegetação nativa é importante para minimizar os efeitos sobre a fragilidade ambiental.

A fragilidade emergente está sendo intensificada pela presença de pastagens 39,6% da área é ocupada por pastagens (FERREIRA, 2022). Somada a outros usos agrícolas, a área voltada a agricultura corresponde a 86,43% e estão concentradas na classe alta a muito alta fragilidade. Em um estudo realizado na Bacia Hidrográfica do Jequitinhonha, evidenciou o aumento da fragilidade ambiental associada a atividades antrópicas (FRANÇA et. al., 2022).

É importante destacar que a maior parte do uso da terra na bacia consiste em áreas antropizadas, o que contribui para o aumento da fragilidade ambiental. Alguns pontos coletados em campo constataram que existe algumas pastagens que estão sendo mal conduzidas resultado em processos erosivos, com agravamento desses processos surgem as voçorocas, que causa desvalorização da terra e acarreta em perda da produção (Figura 5 e 6).



**Figura 6.** Vocoroça presente na área de estudo, situada no município de Monte Carmelo - MG. Fonte: Autora (2023).



**Figura 7.** Solo exposto e pastagens degradadas situados no município de Monte Carmelo - MG. Fonte: Autora (2023).

No que diz respeito à fragilidade potencial, constatou-se que a região sul da bacia apresenta menor vulnerabilidade ambiental, como evidenciado na Figura 3. França 2022, evidenciou em seu trabalho que o uso e cobertura da terra juntamente com as zonas urbanas potencializa a sensibilidade do ambiente aumentando sua fragilidade emergente, corroborando com os resultados encontrados neste trabalho. Zonas urbanas são por naturezas áreas de altíssima fragilidade.

A preservação do ecossistema é uma medida eficaz para mitigar os riscos ambientais, como inundações, erosão do solo e deslizamentos de terra associadas a eventos pluviométricos extremos. Em Cingapura, por exemplo, a restauração de rios, riachos e lagos, promovendo uma maior integração com os ambientes naturais, resultou na diminuição das áreas propensas a inundações na cidade de 3.200 hectares para apenas 32 hectares (PROGRAMME, 2021).

Avaliar a preservação ambiental é essencial para que os gestores possam utilizar os recursos naturais de forma sustentável, evitando danos irreversíveis à dinâmica dos ecossistemas locais e regionais. Para aprimorar a preservação do meio ambiente, algumas sugestões podem ser consideradas, implementação de políticas de conservação, educação ambiental, proteção de áreas naturais, incentivo à reciclagem e redução do consumo, uso de energias renováveis, restauração de ecossistemas degradados, estabelecimentos de parcerias entre entidades públicas, privadas e instituições de pesquisa e ensino.

## **6 RECOMENDAÇÕES**

Por fim, cabe destacar que a fragilidade ambiental está diretamente relacionada à capacidade da bacia em prover serviços ecossistêmicos, serviços de produção de água, serviços culturais, valores estéticos, recreação e visitas a essas áreas. Vale ressaltar que a fragilidade ambiental está diretamente relacionada à adequação agropastoril. Isso pode ser uma ferramenta de política pública, entre outras coisas, como a marcação de áreas estrategicamente definidas que apresentam maior ou menor potencial de uso agrícola. Zoneamento do ambiente de produção, semelhante à política pública do governo de Minas Gerais. Para contribuição da expansão e manejo agrossilvipastoril, estão algumas sugestões de manejo de acordo com cada classe de fragilidade ambiental, apresentada na tabela 7.

**Tabela 7.** Tabela de recomendação. Fonte: Adaptado de França (2022); Castro; Hermani, (2015)

<b>Pesos</b>	<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Sensibilidade à degradação ambiental</b>	<b>Recomendações</b>
1	Muito	Resistente	Apta para o uso agrossilvipastoril e o uso antrópico no geral; Deve-se conservar as APPs e reservas legais; Manejar a área com auxílio de um responsável técnico, respeitar doses prescritas de produtos fitossanitários; Possui recuperação rápida.
2	Baixa	Ligeiramente resistente	Apta para o uso agrossilvipastoril e o uso antrópico no geral; Deve-se conservar as APPs e reservas legais; Manejar a área com auxílio de um responsável técnico, respeitar doses prescritas de produtos de ajuda; Recuperação com manejo apropriado.
3	Média	Ligeiramente	Apta para o uso antrópico com atenção especial as técnicas de manejo empregadas na área; Preferencialmente adotar cultivo mínimo agrícola e silvicultural; Deve-se conservar as APPs e reservas legais; Manejar a área com auxílio de um responsável técnico, respeitar

<b>Pesos</b>	<b>Classes de Fragilidade</b>	<b>Sensibilidade à degradação ambiental</b>	<b>Recomendações</b>
			doses prescritas de produtos de ajuda; Levemente recuperável.
4	Forte	Alta	Priorizar cultivo de plantas com ciclo perene e empregar técnicas de reflorestamento e manutenção da conservação do local; É caracterizado pela lento processo de recuperação.
5	Muito Forte	Extrema	Áreas de conservação/restauração. Não é indicado realizar atividades que possam impactar o local. São áreas prioritárias para criação de Unidades de Conservação São áreas com uma recuperação pouco provável; Requer muita atenção.

## **7 CONCLUSÃO**

1) Delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes: A Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes possui 124.441,54 hectares e englobando os municípios Douradoquara, Grupiara, Estrela do Sul e Monte Carmelo, todos situados no estado de Minas Gerais. Além de abastecer a hidroelétrica de Emborcação.

2) Coleta de variáveis geomorfológicas e uso e cobertura da terra: A área da bacia hidrográfica do rio Perdizes apresenta os solos argissolos e latossolos que possuem aptidão agrícola. A maior parte da bacia do Rio Perdizes é composta por áreas com distância superior a 120 metros do curso d'água e as áreas que estão próximas ao curso d'água associadas a vegetação nativa possuem baixa fragilidade emergente.

Na porção norte da bacia possui concentração de cambissolos háplico que juntamente com

uma declividade e o relevo dissecado favorece a fragilidade potencial média e fragilidade emergente alta, por ser um solo mais novo, menos profundo quando comparado aos latossolos e associado a geomorfologia do terreno mais dissecada, favorecendo a susceptibilidade do local a erosão.

3) Análise da fragilidade potencial e emergente: No que diz respeito à fragilidade potencial, verificou-se que a bacia do Rio Perdizes apresenta principalmente baixa (Classe 2) a média fragilidade (Classe 3). A fragilidade potencial na região sul da bacia apresenta menor vulnerabilidade ambiental, associada a presença de latossolos, declividade plana e presença de pediplanos.

A fragilidade emergente está sendo intensificada pela presença de pastagens 39,6% da área é ocupada por pastagens que estão inseridas sob Cambissolos háplico, que são solos mais novos, rasos e presença geomorfologia mais dissecado do terreno com incisões que vão de 50 a 100 metros de profundidade.

4) Validação em campo dos resultados da modelagem: Em campo conseguiu-se verificar que a classificação das fragilidades potencial e emergente estão em consonância com os dados obtidos através de análise SIG. Corroborando com o uso das ferramentas digitais para mensurar a fragilidade ambiental e permitindo que a replicação do estudo possa ser realizada em qualquer área.

A fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes, Minas Gerais é acentuada devido ao uso e cobertura da terra, quando o fator humano é adicionado em paisagens que já são sensíveis, a tendência é uma intensificação na fragilidade. As áreas que estão sob vegetação nativa seja elas APPs ou Reservas legais estão exercendo o papel de barreira natural atuando para minimizar as consequências das ações antrópicas validando sua importância. Em estudos futuros têm-se possibilidade de incrementar variáveis como Índice de Diversidade de Espécies da Fauna, Índice de Diversidade de Espécies da Flora, Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade para incrementar a análise.

## 8 REFERÊNCIAS

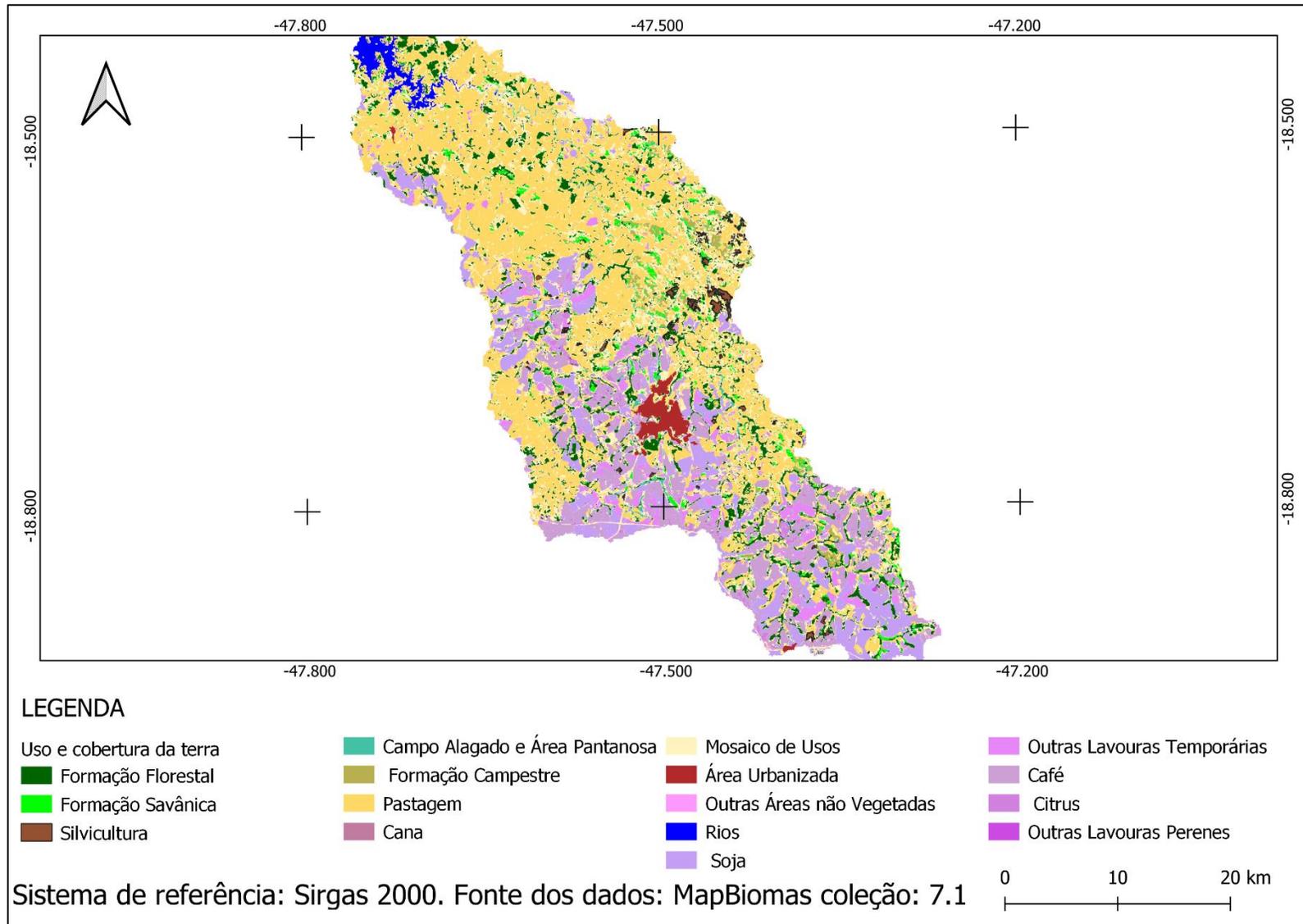
- ALVES, Antonia Gislayne Moreira. Degradação ambiental e desenvolvimento rural no Brasil. 2022. 75 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.
- BRASIL, P. DA R. (2012). Lei Federal 12651/2012. *Diário Oficial Da União*. Disponível em:< [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2011-2014/2012/lei/12651.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/12651.htm)>. Acesso em: 13 de dezembro de 2022.
- CASTRO, S. S. DE; HERMANI, L. C. (Eds.). Solos frágeis: Caracterização, manejo e sustentabilidade. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2015. p. 29.
- CAVALCANTE, J. C., LIMA, A. M. M. DE, SILVA, J. C. C. DA, HOLANDA, B. S. DE, & ALMEIDA, C. A.

- (2022). FRAGILIDADE AMBIENTAL POTENCIAL E EMERGENTE DA BACIA DO RIO MOCAJUBA – PA. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 15(3). <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.3.p1417-1433>
- COSTA, Andréia Martins. Avaliação temporal dos conflitos de uso e ocupação da terra em áreas de preservação permanente pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Perdizes-MG. 2019. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019.
- COSTA, E. S. DA, & LEITE, E. F. (2022). FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO NIOAQUE-MS. *Geofronter*, 1–22.  
<https://periodicosonline.uems.br/index.php/GEOF/article/view/7238/5232>
- CREPANI, E., SIMEÃO DE MEDEIROS, J., HERNANDEZ, P., TERESA, F., FLORENZANO, G., DUARTE, V., CLEMENTE, C., & BARBOSA, F. (2001). *SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO APLICADOS AO ZONEAMENTO ECOLÓGICO-ECONÔMICO E AO ORDENAMENTO TERRITORIAL*.
- DONHA, A. G., SOUZA, L. C. DE P., & SUGAMOSTO, M. L. (2006). Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(1). <https://doi.org/10.1590/s1415-43662006000100026>.
- FERREIRA, S. J. M. (2022). *ANÁLISE MULTITEMPORAL DA FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL NO ALTO DA BACIA DO RIO PERDIZES MG*. Universidade Federal de Uberlândia.
- FRANÇA L. C. D. J; LOPES L. F, MORAIS, M. S. D; LISBOA, G. D. S; ROCHA, S. J. S. S. D; MORAIS, JUNIOR V. T. M. D; SANTANA RC, MUCIDA DP. Zoneamento da Fragilidade Ambiental Utilizando SIG e Modelagem AHP: Perspectivas para a Conservação de Ecossistemas Naturais no Brasil. *Conservação* . 2022; 2(2):349-366. <https://doi.org/10.3390/conservation2020024>
- FRANÇA, L. C. DE J. F814f A fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio Jequitinhonha em Minas Gerais [livro eletrônico] / Luciano Cavalcante de Jesus França, Danielle Piuzana Mucida. – Nova Xavantina, MT: Pantanal, 2022. 52p.
- GARCIA, Y. M., CAMPOS, S., TAGLIARINI, F. S. N., CAMPOS, M., & RODRIGUES, B. T. (2020). DECLIVIDADE E POTENCIAL PARA MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO PEDERNEIRAS - PEDERNEIRAS/SP. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 14(1). <https://doi.org/10.18011/bioeng2020v14n1p62-72>
- GONÇALVES, G. G. G., DANIEL, O., COMUNELLO, É., VITORINO, A. C. T., & ARAI, F. K. (2011). Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. *Floresta*, 41(4).  
<https://doi.org/10.5380/rf.v41i4.25344>
- IDE-SISEMA. (2020). *Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos*. IDE-SISEMA. [idesisema.meioambiente.mg.gov.br](https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br)
- LEÃO DE SOUZA, D. S., DELLARGINE, F. L., MIRA, I. R. C. DE, TEÓFILO GUEDES SILVA, G., & SILVA, M. L. (2020). Análise e Mapeamento da Fragilidade Ambiental no Município de Inconfidentes – MG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(5). <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.5.p2269-2292>.
- MENEZES, Eduardo Pagliaroni. Análise de fragilidade ambiental da bacia do ribeirão Bom Jesus utilizando técnicas de sistemas de informações geográficas: subsídios para o planejamento de paisagem - Pedregulhos, São Paulo. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, University of São Paulo, São Paulo, 2019. doi:10.11606/D.8.2019.tde-29012021-180437. Acesso em: 2023-06-28.
- MIRANDA, R. B. DE, SCARPINELLA, G. D., SILVA, R. S. DA, & MAUAD, F. F. (2015). Water Erosion in Brazil and in the World: A Brief Review. *Modern Environmental Science and Engineering*, 1(1).  
[https://doi.org/10.15341/mese\(2333-2581\)/01.01.2015/003](https://doi.org/10.15341/mese(2333-2581)/01.01.2015/003)
- MULLAN B; HAQQ-MISRA, J. Population growth, energy use, and the implications for the search for extraterrestrial intelligence, *Futures*, Volume 106, 2019, Pages 4-17, ISSN 0016-3287. Disponível em: <  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016328717304421>.> Acesso em: 27 de junho de 2023.
- PROGRAMME, U. N. E. (2021). *Ecosystem Restoration for People, Nature and Climate*. United Nations.  
<https://doi.org/10.18356/9789280738643>.
- ROSS, J. L. SANCHES. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. *Revista Do*

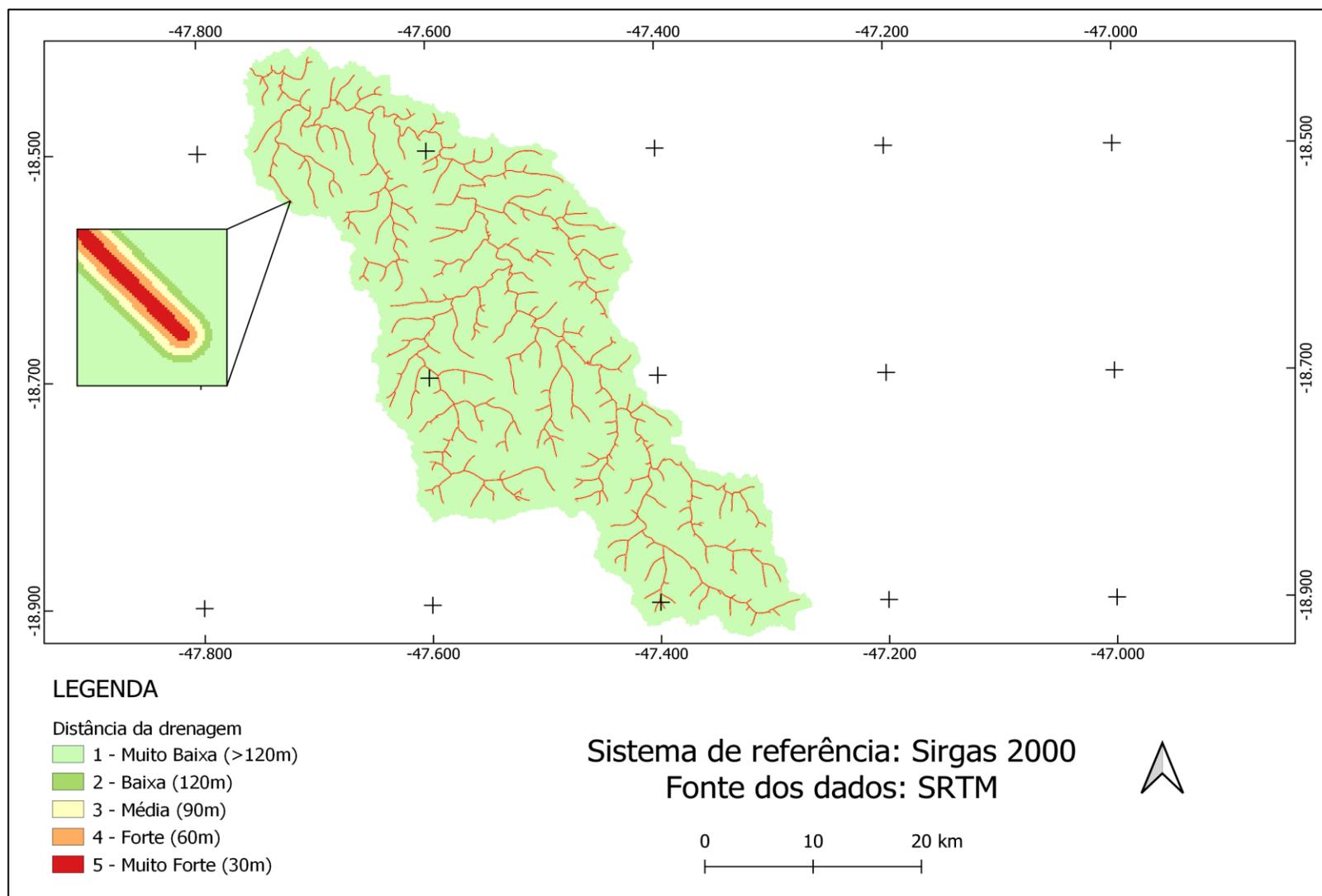
*Departamento de Geografia.*

- SANTOS, J. R. U. DOS, & MARCHIORO, E. (2020). Análise empírica da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo, Brasil. *Geography Department University of Sao Paulo*, 39. <https://doi.org/10.11606/rdg.v39i0.160946>.
- SANTOS, M. DOS, SOUZA, C. A. DE, & SOUSA, J. B. DE. (2022). A fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Cachoeirinha, município de Cáceres -Mato Grosso. *Research, Society and Development*, 1–24. <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/33111>.
- SOUSA, D. M. G. DE, & LOBATO, E. (2021, December 1). *Latossolos*. Embrapa. <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo/tipos-de-solo/latossolos>
- TAKIKAWA, B. Y., SILVA, D. C. DA C. E, & LOURENÇO, R. W. (2021). Proposta metodológica para elaboração de um indicador de fragilidade ambiental para fragmentos florestais. *Geography Department University of Sao Paulo*, 41. <https://doi.org/10.11606/eissn.2236-2878.rdg.2021.170587>.
- TRAFICANTE, D. P. et al. FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CAPIVARA, BOTUCATU-SP. **ENERGIA NA AGRICULTURA**, v. 32, n. 1, 2017.
- TRICART, J. (1977). Ecodinâmica. *FIBGE/SUPREN*, 1–97. [https://docs.ufpr.br/~edugeo/GB082/Bibliografia/Tricart\\_Ecodinamica.pdf](https://docs.ufpr.br/~edugeo/GB082/Bibliografia/Tricart_Ecodinamica.pdf)
- VALLE, I. C., FRANCELINO, M. R., & PINHEIRO, H. S. K. (2016). Mapping of environmental fragility in the Aldeia Velha river basin, state of Rio de Janeiro, Brazil. *Floresta e Ambiente*, 23(2). <https://doi.org/10.1590/2179-8087.107714>

## ANEXOS

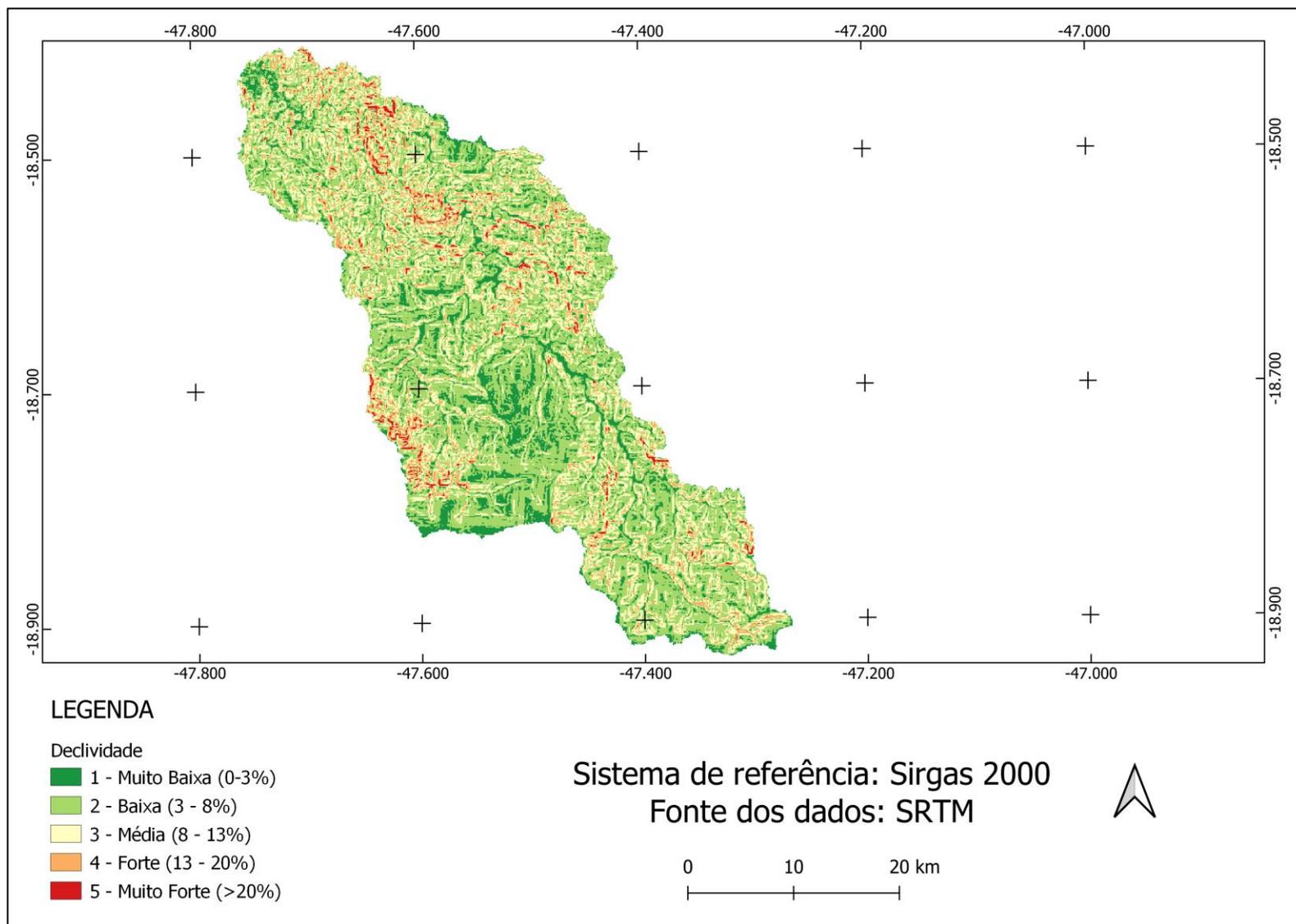


**Figura 8.** Mapa de uso e cobertura da terra da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: (Autora 2023).



**Figura 9.** Mapa de distância da drenagem da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023).

**Figura 10.** Mapa de declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023).



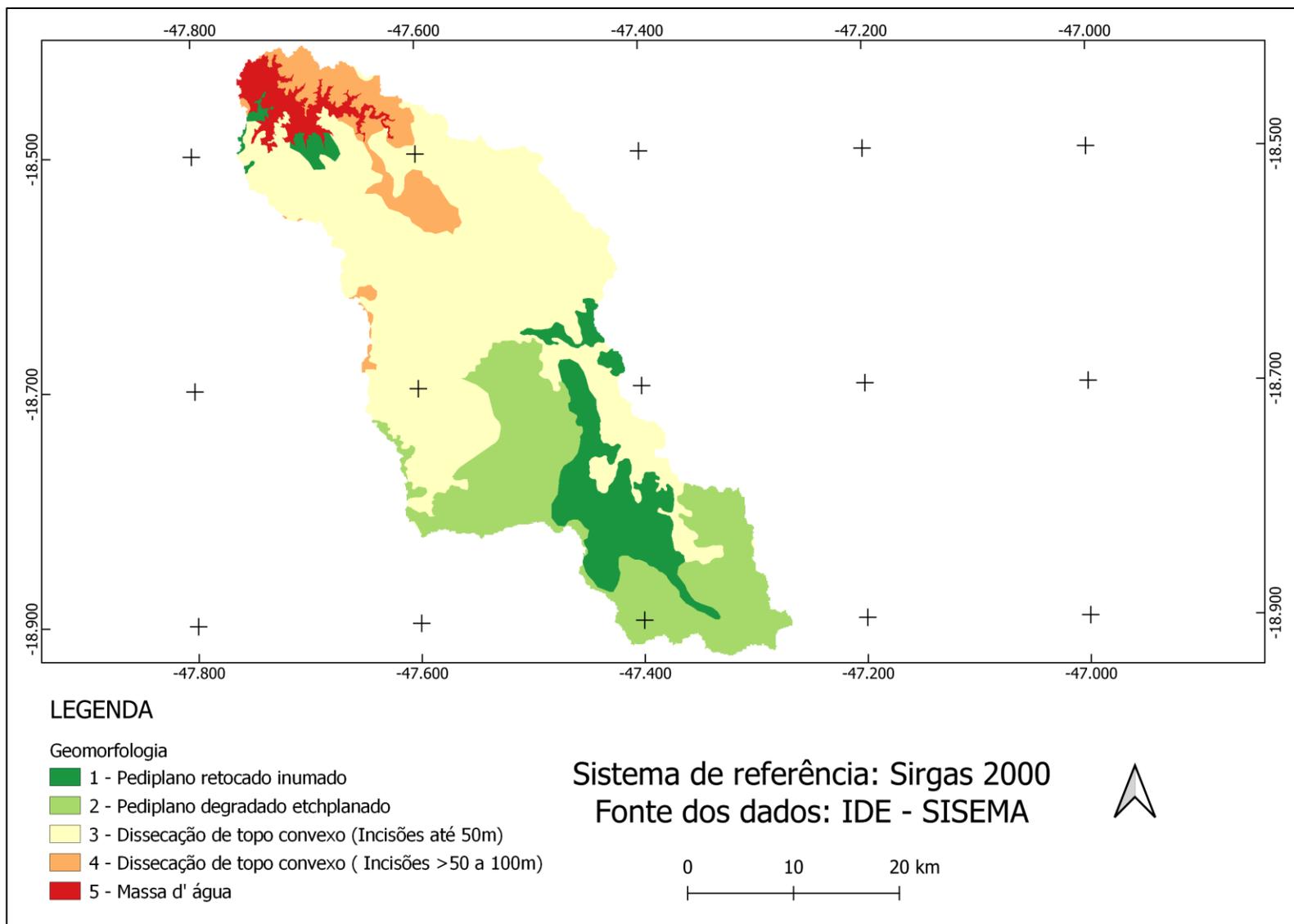
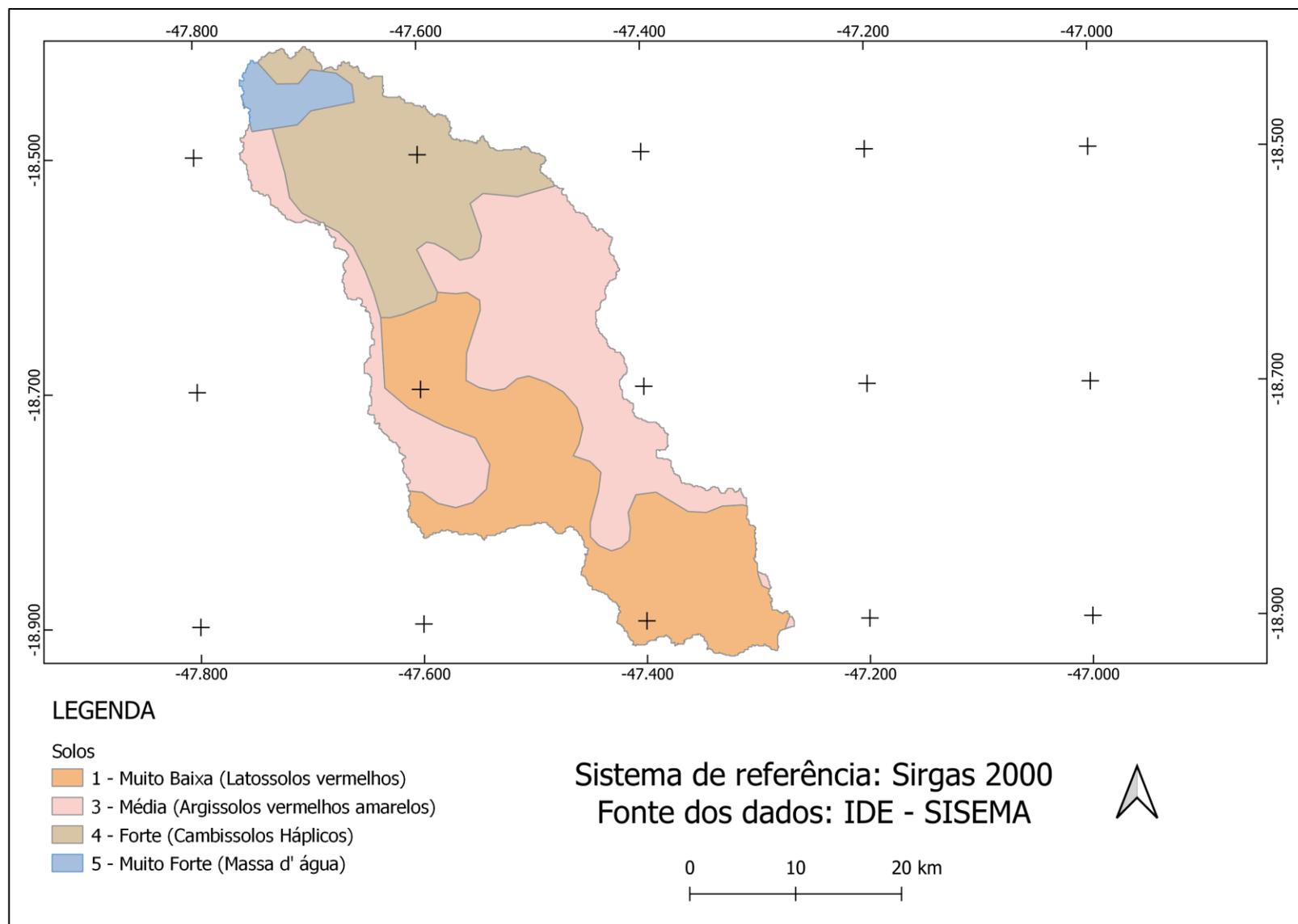
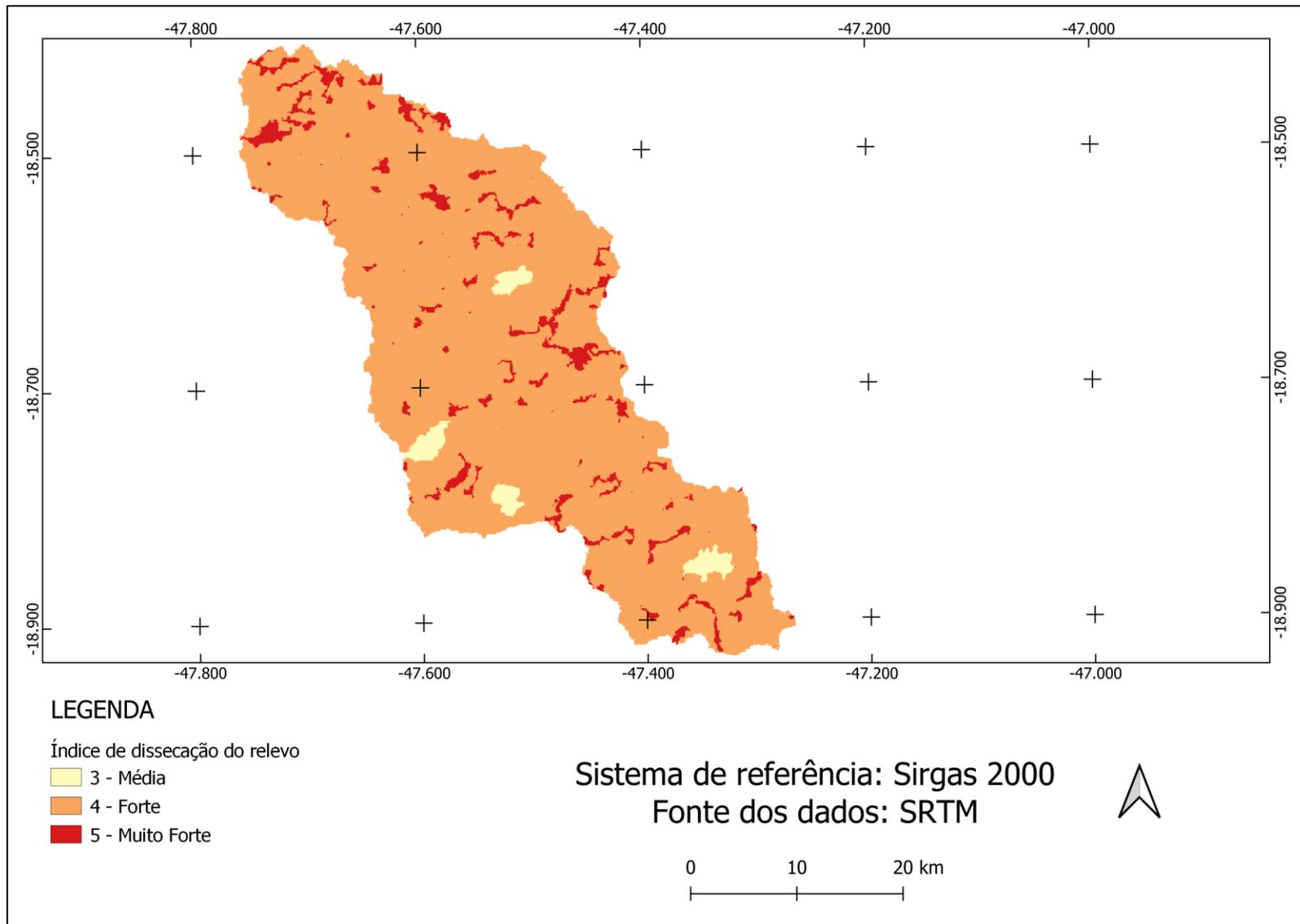


Figura 11. Mapa de geomorfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023).



**Figura 12.** Mapa de solos da Bacia Hidrográfica do Rio Perdigões - MG. Fonte: Autora (2023).



**Figura 13.** Mapa do Índice de dissecação do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Perdizes - MG. Fonte: Autora (2023).