

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL  
CÂMPUS DE AQUIDAUANA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ÉRICA MARTINS DA SILVA

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIBEIRÃO JATOBÁ, MS.**

AQUIDAUANA, MS  
2023

ÉRICA MARTINS DA SILVA

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIBEIRÃO JATOBÁ, MS.**

Dissertação apresentada como exigência do curso de Mestrado em Geografia, do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geografia, do Campus de Aquidauana da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação do Professor Dr. Vitor Matheus Bacani.

AQUIDAUANA, MS  
2023

FOLHA DE APROVAÇÃO

ÉRICA MARTINS DA SILVA

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO  
RIBEIRÃO JATOBÁ, MS.**

Dissertação apresentada como exigência do curso de Mestrado em Geografia, do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geografia, do Campus de Aquidauana da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob a orientação do Professor Dr. Vitor Matheus Bacani.

Resultado: \_\_\_\_\_

Aquidauana, 31 de março de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Professor Dr. Vitor Matheus Bacani.

Orientador/UFMS/CPTL

---

Prof. Dr. Emerson Figueiredo Leite

UFMS/CPAQ

---

Dr. Elias Rodrigues da Cunha

UFMS/CPAQ

## RESUMO

Os estudos ambientais em bacia hidrográfica são fundamentais para o entendimento dos processos de uso e ocupação devido à urgência de equilíbrio entre as práticas econômicas e as condições ambientais que acabam por alterar drasticamente as paisagens naturais. O objetivo do presente estudo foi analisar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá- BHRJ localizada no médio curso do rio Aquidauana, sendo de grande contribuição para o Pantanal no estado de Mato Grosso do Sul. A metodologia adotada fundamentou-se no processamento digital de imagens orbitais, técnicas de álgebra de mapas, conforme a proposta de Ross (1994) e de Bacani et al. (2015), onde se considera a análise integrada do ambiente a partir das variáveis, solo, declividade, precipitação, uso e cobertura da terra, e adição das Áreas Preservação Permanentes- APPs. Os dados utilizados são derivados de banco de dados públicos. Os resultados demonstraram que a BHRJ possui potencial natural de baixa fragilidade ocupando 56,9% da área da bacia, porém o tipo de uso predominante refere-se a classe de pastagem (46% da área), essa influência resulta em fragilidade ambiental emergente média, ocupando 74% da área de estudo. Para validar o modelo de fragilidade ambiental desenvolvido foram mapeados locais de erosão e conflitos de uso da terra que foram correlacionados com as classes de fragilidade ambiental e de uso e cobertura da terra. Os resultados da validação deste modelo demonstram que, dos 52 pontos amostrados, 42 estão em área de alta e muito alta fragilidade ambiental, destes, 28 correspondem a processos erosivos (66% do total). Os demais pontos, 10 estão em áreas de conflito de uso em APPs e campo alagado que também são de alta e muito alta fragilidade ambiental. Os resultados da validação deste modelo mostraram-se satisfatórios. Constatou-se que as áreas mais frágeis próximas às APPs possuem maior número de locais (pontos) com erosão indicando uma correlação com os altos graus de fragilidade, onde o tipo de uso e cobertura da terra influencia na fragilidade juntamente com as condições naturais.

**Palavras-chave:** validação. APP. geotecnologias.

## ABSTRACT

The environmental studies in watersheds are fundamental to the understanding of the processes of use and occupation due to the urgent need for balance between economic practices and environmental conditions that end up drastically altering the natural landscapes. The objective of the present study was to analyze the environmental fragility of the Watershed of Ribeirão Jatobá - BHRJ located in the middle course of the Aquidauana River, being of great contribution to the Pantanal in the state of Mato Grosso do Sul. The methodology adopted was based on the digital processing of orbital images, map algebra techniques, as proposed by Ross (1994) and Bacani et al. (2015), which considers the integrated analysis of the environment from the variables, soil, slope, precipitation, land use and coverage, and additions of Permanent Preservation Areas - PPAs. The data used are derived from public databases. The results showed that the BHRJ has a natural potential of low fragility occupying 56.9% of the basin area, but the predominant type of use refers to the class of pasture (46% of the area), this influence results in a medium emerging environmental fragility, occupying 74% of the study area. To validate the developed environmental fragility model, erosion sites and land use conflicts were mapped and correlated with the environmental fragility and land use and land cover classes. The results of the validation of this model show that, of the 52 points sampled, 42 are in areas of high and very high environmental fragility, of these, 28 correspond to erosive processes (66% of the total). The remaining 10 points are in areas of conflict of use in APPs and flooded fields that are also of high and very high environmental fragility. The results of the model validation were satisfactory. It was found that the most fragile areas near the APPs have a greater number of sites (points) with erosion indicating a correlation with the high degrees of fragility, where the type of land use and coverage influences the fragility along with the natural conditions.

**Keywords:** validation. APP. geotechnologies.

## DEDICATÓRIA

“Dedico esse trabalho aos meus pais Meres (in memorian) e Denair, com todo meu amor e gratidão, por tudo que fizeram por mim ao longo de minha vida.”

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Ao meu orientador professor Vitor Matheus Bacani, pela paciência e dedicação com a qual guiaram o meu aprendizado.

Aos componentes da banca examinadora, pelas contribuições e ensinamentos que me permitiram agregar maior conhecimento neste processo.

Aos professores do curso de Mestrado em Geografia, do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Geografia, do Campus de Aquidauana da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul pelos conhecimentos compartilhados.

Aos professores do curso de Geografia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul campus Campo Grande, que influenciaram na minha trajetória..

Aos amigos que conquistei durante essa jornada acadêmica, com os quais dividi alegrias e frustrações.

Enfim aos meus pais e familiares, pilares da minha formação como ser humano, minha eterna gratidão.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá.....	27
Figura 2: Clima da área de estudo. ....	29
Figura 3: Classe de solo da área de estudo. ....	30
Figura 4: Vegetação da área de estudo. ....	31
Figura 5: Geologia da área de estudo. ....	32
Figura 6: Unidades Geomorfológicas da área de estudo. ....	33
Figura 7: Hipsometria da área de estudo. ....	34
Figura 8: Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade. ....	35
Figura 9: Fluxograma dos procedimentos adotados. ....	36
Figura 10: Localização dos pontos amostrados. ....	41
Figura 11: Solos da Bacia Hidrográfica Ribeirão Jatobá. ....	45
Figura 12: Declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá. ....	46
Figura 13: Precipitação da BHRJ. ....	47
Figura 14: Áreas de Preservação Permanentes na BHRJ. ....	48
Figura 15: Fragilidade Potencial da BHRJ. ....	49
Figura 16: Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá ano 2021. ....	51
Figura 17: Fragilidade do Uso e cobertura da Terra na BHRJ-2021. ....	52
Figura 18: Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá. ....	54
Figura 19: Área ocupada por classe de fragilidade potencial e ambiental na BHRJ. ....	56
Figura 20: Pontos amostrados no mapa de fragilidade ambiental. ....	57
Figura 21: Processos erosivos na BHRJ. ....	58
Figura 22: Áreas de conflito de uso em APPs e áreas de campo alagadas na BHRJ. ....	60



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação hierárquica da fragilidade relativa às classes de declividade .....	25
Quadro 2: Classificação da fragilidade dos tipos de solos. ....	25
Quadro 3: Grau de proteção de superfície por tipos de coberturas. ....	26

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação entre os graus de fragilidade e os solos da Bacia do Ribeirão.....	37
Tabela 2: Relação entre os graus de fragilidade e as classes de declividade.....	38
Tabela 3: Precipitação BHRJ.....	39
Tabela 4: Classes de uso e cobertura da terra reclassificadas para nomenclatura do IBGE....	40
Tabela 5: Pontos amostrados. ....	42
Tabela 6: Relação entre os graus de fragilidade potencial e a Área da Bacia. ....	50
Tabela 7: Classes de fragilidade do uso da terra na BHRJ.....	53
Tabela 8: Relação entre os graus de Fragilidade Ambiental na Bacia. ....	55

## LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

APPs - Áreas de Preservação Permanentes

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

CBH - Comitê de Bacias Hidrográficas

BDiA - Banco de Dados de Informações Ambientais

BHRJ- Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá

CEMTEC - Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FBDS - Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável

GEE - Google Earth Engine

PERH - Política Estadual de Recursos Hídricos

PNRH - Plano Nacional de Recursos Hídricos

SEGRH - Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

SiBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

SIG - Sistemas de Informação Geográfica

TRMM - Tropical Rainfall Measuring Mission

UCs -unidades de conservação

UPG - Unidade de Planejamento e Gerenciamento

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MS - Mato Grosso do Sul

ZEE - Zoneamentos Ecológicos-Econômicos

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
2.1. Objetivo Geral.....	15
2.2. Objetivos Específicos.....	15
<b>3. REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
3.1 Abordagem Sistêmica e Conceito de Paisagem.....	16
3.2 Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento.....	14
3.3 Geotecnologias e técnicas empregadas no diagnóstico e planejamento ambiental....	18
3.3.1 Sensoriamento Remoto.....	22
3.4 Fragilidade Ambiental.....	23
<b>4. METODOLOGIA.....</b>	<b>27</b>
4.1 Localização da Área de Estudo.....	27
4.2 Caracterização da Área de Estudo.....	28
4.3 Procedimentos Metodológicos.....	35
4.3.1 Material e Métodos.....	37
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
5.1 Fragilidade Potencial.....	44
5.2 Uso e Ocupação da Terra.....	51
5.3 Fragilidade Ambiental (Emergente).....	53
5.4 validação do modelo de fragilidade ambiental.....	56
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>62</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado é um bioma importante para a manutenção do potencial hídrico das principais bacias hidrográficas do Brasil. De acordo com Santos (2012), o Cerrado possui uma extensa demanda hídrica que desempenha um importante papel dentro da cadeia hidrográfica brasileira, fundamental para a atividade socioeconômica e desenvolvimentista do país. Alguns rios que alimentam o Pantanal também nascem em seu domínio, como é o caso do Rio Aquidauana, que nasce na Serra de Maracaju, na região norte do estado de Mato Grosso do Sul (MS), e deságua no rio Miranda, na região do Pantanal, percorrendo uma extensão de 620 km, tendo o baixo e parte do médio curso inseridos no Pantanal sul-mato-grossense, enquanto o alto e a outra parcela do médio curso pertencem ao domínio do Cerrado (SEPLAN-MS, 1990).

Os municípios que compõem a bacia do rio Aquidauana vêm passando por um processo de transformação e reestruturação do modo de produção, consolidando-se numa região do agronegócio, principalmente na produção de carne bovina e também na atividade turística como ecoturismo, no entanto no alto curso da bacia, na região das cabeceiras, expande-se a urbanização e a agricultura, representada pelas lavouras temporárias e pela pecuária de corte e de leite, já as áreas de predomínio de monoculturas de soja, de cana-de-açúcar e de eucalipto tiveram crescimento em área principalmente no médio e alto curso do rio Aquidauana, porém o destaque maior é para a expansão das pastagens plantadas em substituição às áreas de cobertura vegetal natural composta por Cerrados. (JOIA; ANUNCIAÇÃO; PAIXÃO, 2018).

Conforme Rodrigues e Leite (2017) “muitos problemas ambientais são decorrentes das práticas agropecuárias, como erosão, assoreamento, desmatamento, incêndios, entre outros.” Algumas regiões do Pantanal sofrem com os processos de sedimentação que foram acelerados por processos erosivos ocorridos no Planalto, levando a mudanças no curso de rios e inundações em áreas que anteriormente não eram alagadas, com prejuízos à fauna, flora e as populações residentes, como pescadores e fazendeiros (OLIVEIRA, 2022).

Assim, os estudos ambientais em bacia hidrográfica são fundamentais para o entendimento dos processos de uso e ocupação inadequada associada à falta de práticas de planejamento ambiental e conservação do solo. Nesse entendimento, o recorte espacial da bacia hidrográfica no Brasil passou a ser institucionalizado como unidade territorial para gestão de recursos hídricos, através da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Federal nº

9.433/1997, destinada ao desenvolvimento e à aplicação de políticas, planos, programas, instrumentos e ações de cunho estratégico.

Dentro dessa análise, as Áreas de Preservação Permanentes (APPs) são definidas pelo Código florestal (lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), como áreas cuja função consiste de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, sendo que as mesmas devem permanecer com sua vegetação nativa.

Neste mesmo intuito às Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade é instrumento de política pública que visa à tomada de decisão, de forma objetiva e participativa, sobre planejamento e elaboração de medidas adequadas à conservação, à recuperação e ao uso sustentável de ecossistemas. Inclui iniciativas como a criação de unidades de conservação (UCs), o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras, a fiscalização, o fomento ao uso sustentável e a regularização ambiental (MMA, 2004).

Diante disso, a utilização das geotecnologias pode ser considerada um elemento necessário ao planejamento para cumprir a legislação ambiental e trabalhar em harmonia com o meio ambiente. Portanto as geotecnologias (geoprocessamento) são o conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica, compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos constituem poderosas ferramentas para auxiliar na tomada de decisões (ROSA, 2005; LONGLEY *et al.*, 2013).

Conforme Spörl e Ross (2004, p. 40), a identificação dos ambientes naturais e suas fragilidades potenciais e emergentes proporcionam melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território. O conhecimento das potencialidades e limitações de uso e ocupação passa primeiramente pelo levantamento de seus atributos físicos, tais como: relevo, geologia, geomorfologia, clima, solo, vegetação e hidrografia, por meio da análise da fragilidade potencial e ambiental (ROSS, 1994).

O índice de fragilidade ambiental baseado na teoria das Unidades Ecodinâmicas recomendadas por Tricart (1977) foi proposto por Ross (1994; 2012) e é amplamente utilizado no Brasil. Nesta proposta a fragilidade ambiental é a suscetibilidade do ambiente a mudanças em seu equilíbrio dinâmico de acordo com suas características intrínsecas e extrínsecas, consiste em um estudo integrado do ambiente natural e das atividades sócio-econômicas, e muitos estudos recentes utilizam este conceito para avaliar e mostrar até que ponto uma área é

suscetível à degradação ambiental (CAMPOS *et al.*, 2019; GOUVEIA e ROSS, 2019; ANJINHO *et al.*, 2020).

Assim, a elaboração do mapeamento da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas inicialmente é realizado com o diagnóstico da fragilidade potencial com objetivo de retratar as variáveis do meio físico-natural, tais como: solo, relevo (declividade), clima (intensidade pluviométrica) e a riqueza da biodiversidade, que após combinadas com o mapeamento do uso atual da terra e cobertura vegetal refletem a fragilidade emergente ou ambiental (BACANI *et al.*, 2015).

Neste contexto, é de grande relevância estudos sobre as formas de uso da terra ocorrentes nas bacias hidrográficas de pequenos afluentes do rio Aquidauana, obtendo assim, informações necessárias para auxiliar no planejamento ambiental. A bacia hidrográfica do Ribeirão Jatobá está inserida na bacia hidrográfica do rio Aquidauana, que faz parte da bacia hidrográfica do rio Miranda, que é afluente do rio Paraguai, este por sua vez, é um dos rios responsável por banhar a segunda maior bacia da América do Sul e quinta maior do mundo, a bacia do Prata. Desta forma a localização da área de estudo envolve remanescentes florestais do Cerrado sendo também de grande contribuição para o Pantanal. Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá por meio das geotecnologias, como subsídio para o planejamento ambiental.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Analisar a fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá por meio das geotecnologias, como subsídio para o planejamento ambiental.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Realizar análise da fragilidade potencial e emergente na área de estudo;
- Detectar áreas de uso indevido que necessitam de recuperação ambiental;
- Identificar os processos erosivos que ocorrem na bacia hidrográfica;
- Espacializar as áreas de preservação permanente de acordo com o Código Florestal Brasileiro vigente, Lei Federal Lei nº 12.651/2012;
- Propor medidas de uso sustentável com base na legislação e no diagnóstico da fragilidade ambiental.



### **3. REVISÃO DA LITERATURA**

Neste capítulo, trata-se da abordagem sistêmica e o conceito de paisagem que nortearam essa pesquisa. Discorre-se sobre bacia hidrográfica, como unidade geográfica deste estudo e também como unidade de planejamento. Debate sobre as técnicas e o conjunto de tecnologias empregadas no diagnóstico e planejamento ambiental. Por último, aborda-se também sobre o tema e a proposta metodológica escolhida que é a fragilidade ambiental.

#### **3.1 Abordagem Sistêmica e Conceito de Paisagem**

Para a pesquisa da fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá (BHRJ) adotou-se a abordagem sistêmica, constituindo-se em um conjunto de passos sistematizados que conduz à aplicação do pensamento sistêmico de maneira organizada, de modo que a cada passo se atinjam resultados que servem como entradas nos passos seguintes.

Tricart (1977) 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, a fim de se atuar sobre o meio ambiente. Ross (1994) enfatiza a teoria de sistemas como um sistema aberto que permite identificar um sistema maior ou menor.

Na concepção de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977), o ambiente é analisado sob Teoria do Sistema em que a Natureza e as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio é frequentemente alterado pelas intervenções humanas nos diversos componentes da natureza gerando desequilíbrio temporário ou permanente. Tricart definiu os ambientes que estão em equilíbrio dinâmico como estáveis, e quando estão em desequilíbrio como instáveis.

Conforme Lima (2017, p. 728) “a abordagem sistêmica é compreendida como uma estrutura de conhecimento e conceitos, que podem proporcionar uma melhor compreensão de situações complexas.” Corroborando com a mesma ideia Christofolletti (1999), cita que “a abordagem sistêmica serve de embasamento para uma das formas mais eficientes de investigação da dinâmica do meio ambiente”.

Na abordagem sistêmica e integrada é importante a análise da paisagem, pois a partir dessa categoria de análise busca-se compreender o todo bem como seus elementos através de uma visão holística, de maneira que abarque a totalidade dos fenômenos, porque uma análise

isolada dos elementos pode não dar respostas satisfatórias aos problemas (SILVA; LEITE, 2020).

A Paisagem é a categoria utilizada neste trabalho que abrange não somente o visível, mas também a construção cultural e econômica de um espaço geográfico. As unidades de paisagem são resultado da combinação local dos fatores que atuam na área de estudo, como o sistema de declividade, clima, solo, vegetação, hidrologia, e estão associadas a uma dinâmica comum combinada a fatores químicos, físicos e antrópicos.

O conceito de paisagem é citado por Bertrand (2004) como sendo uma determinada porção do espaço, resultado de uma combinação dinâmica, mais instável, que é composta de elementos físicos, biológicos e antrópicos no qual reagem dialeticamente, uns sobre os outros, e fazem a paisagem indissociável, sendo um único conjunto que está em constante evolução.

Segundo Ab'Sáber (2003, p. 09) a paisagem “é um processo de herança de processos fisiográficos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram como território de atuação de suas comunidades” sendo assim, pode se dizer que “as paisagens têm sempre o caráter de heranças de processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuações recentes.”

A paisagem pode ser analisada para diversas situações, conforme apresenta Silva e Leite (2020, p. 25) "como diagnóstico ambiental para conservação e preservação da biodiversidade, como ferramenta de planejamento do uso e ocupação do solo, como subsídios para recomposição florestal, entre outros fatores.”

Nesse entendimento, as paisagens regionais representam um domínio de escala central para estudar e praticar sustentabilidade porque integram interações homem-ambiente, ligam processos locais ao global e fornecem uma plataforma comum entre cientistas, planejadores e formuladores de políticas públicas (WU, 2019).

Assim a paisagem é considerada, frequentemente, como um conceito unificador na pesquisa ambiental integrada, possuindo inúmeras abordagens de caracterização para descrever a estrutura da paisagem estudada, não existindo um único método de caracterização e a escolha desse método e da resolução espacial depende da necessidade do usuário e de quais informações estão disponíveis para área de estudo, sendo que a escolha desse método definirá a aplicabilidade e utilidade dos resultados da pesquisa (SIMENSEN *et al*, 2018).

### 3.2 Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento

Conforme a concepção sistêmica a bacia hidrográfica é um sistema aberto, sustentado por equilíbrio dinâmico, em função de constantes trocas de matéria e energia. Esse sistema aberto é integrado, composto por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água, que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (TUCCI, 1997).

Sendo uma área de captação natural da água de precipitação da chuva que converge os escoamentos para um único ponto de saída. A delimitação dessa área é elaborada a partir de divisores de águas, que permite analisar de forma sistêmica, elementos, fatores e relações ambientais, sociais e econômicas a partir de demandas e ofertas existentes (CARVALHO, 2020).

A concepção de bacia hidrográfica, pode ser considerada como exemplo de sistema natural complexo, pois apresenta todas as características inerentes a este tipo de sistema. Vista como uma unidade organizada complexa, é formada por subsistemas, que suas interações resultam na organização do sistema como um todo integrado (LIMA, 2017). O Sistema Complexo é definido por Christofolletti (1999, p. 3) como sendo “composto por grande quantidade de componentes interatuantes, capazes de intercambiar informações com seu entorno condicionantes e capazes, também, de adaptar suas estruturas internas como sendo consequências ligadas a tais interações.”

A definição de bacia hidrográfica traz a reflexão sobre a integração entre os sistemas natural e social. Nesse sentido, que Ross (1994), por intermédio da análise empírica da fragilidade dos ambientes, adota como unidade geográfica de estudo a bacia hidrográfica.

Sendo assim Silva et al (2022) corroboram no mesmo entendimento sobre a importância da bacia hidrográfica:

La cuenca hidrográfica como unidad físico-geográfica presenta características únicas derivadas de las relaciones e interacciones de sus componentes naturales como son: suelos, geología, relieve, vegetación, hidrografía y clima, entre otros, siendo posible, además, evaluar la acción antrópica en esta, mediante el análisis del uso y cobertura de la tierra. Lo que permite, entonces, mediante la representación cartográfica de algunas de dichas características, el análisis ambiental de la cuenca, con vistas a su ordenamiento y planificación ambiental (SILVA et al., 2022, p. 224).

Para o estudo de bacias hidrográficas pode haver diversas subdivisões para compreender melhor o que ocorre à grande bacia e suas fronteiras com relação às bacias

vizinhas. Assim a bacia hidrográfica necessita de ordenamento adequado, projetando a conservação dos diversos ecossistemas presentes nela.

No Brasil o recorte espacial da bacia hidrográfica passou a ser institucionalizado, como unidade territorial para gestão de recursos hídricos, através da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei Federal nº 9.433/1997, destinada ao desenvolvimento e à aplicação de políticas, planos, programas, instrumentos e ações estratégicas. Como exemplo disso são as Políticas instituídas pela Lei nº 11.445/2007, Lei nº 12.651/2012 e, em normativas derivadas da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981; os instrumentos de Planos de Recursos Hídricos Estaduais, Zoneamento Ecológico Econômico e a Outorga de direito de uso de recursos hídricos (CARVALHO, 2020).

Com a criação da Agência Nacional de Águas – ANA (Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000), a entidade passa a ser responsável pela implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, com poder outorgante de fiscalização e de cobrança pelo uso da água. Sua estrutura institucional e operativa passa a coordenar a gestão descentralizada e compartilhada dos recursos hídricos em consonância às atribuições dos órgãos gestores de cada estado da federação brasileira.

Com a necessidade de legislação específica para a gestão e gerenciamento dos recursos hídricos, passa a ter como instrumento orientador o Plano Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, estabelecido também pela Lei nº 9.433/1997. Destacam-se a importância dos comitês de bacias que, possuem em seu arranjo organizacional, atores representantes dos usuários e das entidades civis de recursos hídricos com atuação comprovada em sua área abrangência.

No estado de Mato Grosso do Sul, em 2002 foi instituída a Política Estadual de Recursos Hídricos ( PERH) sob a Lei estadual nº2.406/02 (MATO GROSSO DO SUL, 2002) e o estabelecimento do Sistema Estadual de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SEGRH) e atrelado a este, o Comitê de Bacias Hidrográficas (CBH) exigido pela Lei nº 9.433/97.

### **3.3 Geotecnologias e técnicas empregadas no diagnóstico e planejamento ambiental.**

No estudo em bacias hidrográficas, uma série de informações podem ser trabalhadas de maneira mais fácil e rápida com o auxílio das geotecnologias, ferramentas que possibilitam análise de grande quantidade de dados, cruzamento e sobreposição de informações. A respeito do desenvolvimento das geotecnologias, Christofolletti (1999) acrescenta que:

“O acelerado desenvolvimento tecnológico da informática está propiciando recursos técnicos cada vez mais potentes, permitindo que programas específicos possam ser cada vez mais utilizados para se fazer previsões, usando-se a análise de dados por meio de modelos estatísticos padrões e pela construção de modelos de simulação, com base maior ou menor nas informações sobre os processos físicos” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 25).

Com o desenvolvimento de novas tecnologias foi possível criar processos que facilitaram a obtenção de conhecimentos. Sobre essas geotecnologias Rosa (2005) afirma que:

As geotecnologias são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware* que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. Dentre as geotecnologias podemos destacar: sistemas de informação geográfica, cartografia digital, sensoriamento remoto, sistema de posicionamento global e a topografia (ROSA, 2005, p. 81.).

Um exemplo dessas geotecnologias é o Sistemas de Informação Geográfica (SIG), do inglês *Geographic Information System (GIS)* que, segundo Fitz (2008), é um conjunto de procedimentos computacionais que integram dados, equipamentos e pessoas, e tem como objetivo coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas específico.

O SIG trabalha dados gráficos e não gráficos (alfanuméricos) destacando análises espaciais e modelagens de superfícies, que são utilizados para aplicação específica. Segundo Rosa (2005):

GIS é um conjunto de ferramentas computacionais composto de equipamentos e programas que, por meio de técnicas, integra dados, pessoas e instituições, de forma a tornar possível a coleta, o armazenamento, o processamento, a análise e a oferta de informação georeferenciada produzida por meio de aplicações disponíveis, que visam maior facilidade, segurança e agilidade nas atividades humanas referentes ao monitoramento, planejamento e tomada de decisão relativas ao espaço geográfico (ROSA, 2005, p. 81.)

Essa ferramenta é capaz de manipular informações georreferenciadas, construindo um modelo digital de uma abstração do mundo real. O SIG também engloba o conjunto de conhecimentos teóricos relacionados a este modelo digital da realidade, que abrange desde a metodologia de criação, a estrutura de armazenamento, as técnicas de atualização e gerenciamento da base até as aplicações e análises possíveis de serem realizadas (ROSA; ROSS, 1999).

Neste sentido a base cartográfica é o ponto de partida para qualquer SIG, e deve ser elaborada conforme os princípios básicos da cartografia. Na criação da base de dados é

necessário definir sua utilização, o que e como será essa base, a fim de estabelecer limites do que é possível esperar como resultado. Desta forma, para modelar a base de dados é imprescindível que os objetivos de curto, médio e longo prazo já estejam definidos, pois as aplicações oferecidas pelo SIG sempre serão determinadas por uma base de dados adequada.

Segundo Christofolletti (1999, p. 08), de maneira geral, o modelo pode ser entendido como sendo “qualquer representação simplificada da realidade” ou de um aspecto do mundo real que seja de interesse do pesquisador, possibilitando reconstruir a realidade, prever um comportamento, uma transformação ou uma evolução. Sendo que na elaboração de um esquema representativo (modelo), o que está sendo “representado” não é a realidade em si, mas sim a visão do “modelador”, ou seja, como ele observa um determinado processo e quais as variáveis do sistema que são conhecidas e consideradas por ele para a estruturação do modelo.

Para Breunig et al. (2019, p. 190) “a modelagem busca justamente integrar uma gama enorme de dados (condições iniciais) e gerar algum tipo de informação ou cenário (prognóstico) que possa auxiliar no processo de tomada de decisão.” Desta forma, “só podem ser elaborados após uma ampla análise qualitativa e quantitativa do evento, fenômeno, função, forma ou processo.”

Nesse sentido os modelos são instrumentos importantes para entender os fenômenos naturais e sociais, pois representam simplificada a realidade, se apresentando como ferramentas indispensáveis para os formuladores de políticas públicas e na tomada de decisões. Essa representação pode ser feita por aproximação a alguns aspectos do mundo real, seleção de uma gama de variáveis e eliminação de detalhes incorporados à complexidade dos fenômenos naturais (MANFRÉ *et al.*, 2012; VIEIRA e MARTINS, 2016).

Referente ao geoprocessamento, o INPE (2005) define como sendo um conjunto de tecnologias, destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação. Para Rosa (2005) é o conceito mais abrangente que representa qualquer tipo de processamento de dados georreferenciados, sendo informações temáticas “amarradas” à superfície terrestre, através de um sistema de coordenadas, que envolve técnicas relacionadas ao tratamento da informação espacial (coleta, armazenamento, tratamento e uso integrado das informações espaciais-SIG).

### 3.3.1 Sensoriamento Remoto

Conforme Paranhos Filho et al. (2021, p. 9) “sensoriamento remoto é o nome comum para todos os métodos usados para coletar dados e informações à distância do objeto ou fenômeno em estudo por algum tipo de dispositivo de gravação”. No mesmo entendimento ressalta a importância das imagens de sensores remotos como fonte de dados da superfície terrestre, onde os dados contidos numa imagem são interpretados e transformados em informação sendo apresentados em forma de mapas.

Florenzano (2002, p. 9) define Sensoriamento Remoto como “tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície”. Esse termo quer dizer obtenção de dados a distância sem contato físico entre o sensor e a superfície terrestre.

Em sensoriamento remoto a energia utilizada pode ser natural como a luz do sol e o calor emitido pela superfície da terra ou artificial como o sinal produzido pelo radar. Os sensores remotos são equipamentos que captam e registram a energia emitida pelos elementos da superfície terrestre como a vegetação, a água e o solo que refletem, absorvem e transmitem radiação eletromagnéticas conforme suas características físicas, químicas e biológicas (FLORENZANO, 2002).

O que difere uma imagem de satélite é o tipo de sensor utilizado, os mais comuns são sensores que utilizam a energia emitida pelo sol (eletro-ópticos) chamados de passivo, mas existem outros sensores chamados ativos como o radar que emite seu próprio sinal em micro-ondas no espectro eletromagnético medindo a intensidade e outras características do sinal de retorno refletido, com capacidade de operar de dia e de noite, e em diversas situações meteorológicas (PARANHOS FILHO et al., 2021).

Então para compreender os diferentes tipos de imagens geradas pelos diferentes sensores deve-se conhecer o conceito de resolução, que Florenzano (2002, p. 14) define como sendo a “capacidade de um sensor enxergar e distinguir objetos da superfície terrestre”, ou então, pode ser a capacidade de cada sensor para realizar tarefas com maior ou menor grau de representação (resolução espectral, espacial, temporal e radiométrica). Em geral nas plataformas orbitais ou aerotransportadas, sensores capturam a energia eletromagnética refletida, possibilitando o mapeamento em diversas escalas. Essa tecnologia vem sendo aperfeiçoada podendo ser aplicada para diversas finalidades.

### 3.4 Fragilidade Ambiental

O estudo da fragilidade em bacia hidrográfica vem sendo proposto como subsídio para o zoneamento e ordenamento territorial com propósito de identificar as fragilidades e potencialidades dos ambientes naturais considerando a melhor forma de uso e ocupação de acordo com as características específicas de cada área (ABRÃO; BACANI, 2018).

Conforme Bacani et al. (2015) o mapeamento da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas se inicia com a realização do diagnóstico da fragilidade potencial com objetivo de retratar as variáveis do meio físico-natural, tais como: solo, relevo (declividade), clima (intensidade pluviométrica) e a riqueza da biodiversidade, que após combinadas com o mapeamento do uso atual da terra e cobertura vegetal refletem a fragilidade emergente ou ambiental.

No intuito de identificar essas fragilidades Ross (1994) elaborou-se um roteiro teórico metodológico fundamentado na teoria ecodinâmica (Tricart, 1977) para avaliação da fragilidade potencial e fragilidade ambiental ou emergente dos sistemas naturais, que vêm sendo usados e readaptados de acordo com a área estudada, a fim de orientar o planejamento e zoneamento ambiental (ABRÃO e BACANI, 2018).

Conforme Ross (1994) a metodologia é fundamentada no conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977):

Dentro dessa concepção ecológica o ambiente é analisado sob o prisma da Teoria de Sistemas que parte do pressuposto de que a natureza as trocas de energia e matéria se processam através de relações em equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio, entretanto, é frequentemente alterado pelas intervenções do homem nas diversas componentes da natureza, gerando estado de desequilíbrio temporário ou até permanente. Assim, Tricart (op cit) definiu que os ambientes, quando estão em equilíbrio dinâmico são estáveis, quando em desequilíbrios são instáveis (ROSS, 1994, p. 65).

Em Ross (1990) foram definidos novos critérios para Unidades Ecodinâmicas Estáveis (equilíbrio dinâmico/estado natural) e Unidades Ecodinâmicas Instáveis (ambientes modificados/intervenções antrópicas), ampliando o uso do conceito, apresentando as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente em vários graus, sendo desde instabilidade muito fraca a muito forte. As Unidades Ecodinâmicas Estáveis apresentam Instabilidade Potencial devido suas características naturais, desta forma é definida como Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial, sendo classificada também em diferentes graus de muito fraca a muito forte. Referente a metodologia, Ross (1994) ressalta que:



O conhecimento das potencialidades dos recursos naturais passa pelos levantamentos dos solos, relevo, rochas e minerais, das águas, do clima, da flora e fauna, enfim de todas componentes do estrato geográfico que dão suporte à vida animal e do homem. Para análise da fragilidade, entretanto exige-se que esses conhecimentos setorializados sejam avaliados de forma integrada, calcada sempre no princípio de que a natureza apresenta funcionalidades intrínseca entre as componentes físicas e bióticas (ROSS, 1994, p.65).

Os estudos devem ser elaborados a partir de pesquisas de campo, dos quais são gerados produtos cartográficos temáticos de geomorfologia, geologia, pedologia, climatologia, água e uso da vegetação e fauna terrestres. O estudo dos solos é adequado para a estimativa de potencialidades agrícolas (aptidão ou usabilidade agrícola), mas também, subsidia a análise da fragilidade do ambiente frente às atividades humanas ligadas à agricultura e à agricultura. Os levantamentos geológicos são para entender a relação relevo/solo/rocha, com informações meteorológicas de precipitação (intensidade, volume, duração). Eles também são adequados para avaliar as potencialidades e fragilidades dos ambientes naturais, como rugosidade do relevo topográfico (taxas de dissecção), declividade das encostas, levantamentos de tipos de uso do solo, manejo do solo para agricultura, quando tratados de forma integrada, possibilitam um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes (ROSS, 2012).

Conforme Moroz-Caccia Gouveia e Ross (2019) essa metodologia foi muito utilizada nos estudos destinados ao planejamento territorial ambiental, tanto pelas universidades quanto por órgãos públicos, estando presente nos conteúdos de elaboração de Zoneamentos Ecológicos-Econômicos (ZEE), com projetos realizados em várias escalas de trabalho em diversas partes do território brasileiro. Muitos pesquisadores brasileiros passaram a adotar a metodologia de Ross (1990, 1994) utilizando SIGs, como Sporn (2007), Amaral e Ross (2009); Sporn, Castro e Luchiari (2011); Pinese Júnior e Rodrigues (2012); Massa e Ross (2012); Gayoso (2014); Ross e Fierz (2017), Anjinho *et al.*, (2020) e outros. Sempre adaptando e inovando essa metodologia para determinar a fragilidade, conforme as características específicas de determinada área de estudo.

Assim Ross (1994) apresenta uma fragilidade ambiental potencial baseada em unidades estáveis, áreas em equilíbrio natural onde sua classificação vai de muito alta instabilidade, indicando áreas que são prioritárias para conservação ambiental, a muito baixa instabilidade, onde as características naturais do solo possuem alto potencial para vários usos. As unidades instáveis são conceituadas como fragilidade ambiental emergente, que se refere à integração das características naturais da fragilidade potencial e do uso atual do solo.

Os critérios utilizados para determinar a fragilidade consideram as condições do relevo, tipo de solo e grau de proteção do solo (ROSS, 1994). Um novo estudo incluiu na análise parâmetros relevantes ao comportamento morfodinâmico e pedogênese, como a forma de declividade e precipitação (ROSS, 2012). Então se houver mudança em qualquer destes componentes pode comprometer a funcionalidade do sistema, perturbando seu equilíbrio dinâmico (SPÖRL; ROSS, 2004).

Nessa metodologia Ross (1994), sintetiza padrões de fragilidade, que podem ser utilizados como instrumentos ao planejamento ambiental e posteriormente à gestão. Para as análises geomorfológicas em maior detalhe utiliza as formas de vertentes e as Classes de Declividade (Tabela 1). Além dessas classes, existem outras propostas metodológicas com outros valores.

**Quadro 1:** Classificação hierárquica da fragilidade relativa às classes de declividade

Classe de fragilidade	Índice de fragilidade	Classes de declividade (ROSS, 1994)	Classes de declividade (ROSS, 2012)
Muito Fraca	1	até 6%	zero a 2% - planos e altos relevos, ou 1° (grau)
Fraca	2	6 † 12%	3% a 15% ou 8°
Média	3	12 † 20%	16% a 30% ou 17°
Forte	4	20 † 30%	31% a 50% ou 25°
Muito Forte	5	acima de 30%	50% ou acima de 25° 2% ou menos 1° - relevo das planícies alagadas

Fonte: Ross (1994); Ross (2012).

Ross e Fierz (2017), demonstra a importância de enfatizar “[...] as áreas de planícies inundáveis como sendo áreas de fragilidade ambiental Muito Forte em função da instabilidade dos terrenos e ocorrência de inundações periódicas”. Para a variável solo analisa-se fatores determinantes das características de diferentes tipos de solo, onde Ross (1994) propôs as classes de fragilidade, conforme mostra o Quadro 2.

**Quadro 2:** Classificação da fragilidade dos tipos de solos.

Classe de fragilidade	Índice de Fragilidade	Tipos de solos (ROSS, 1994)
Muito Baixa	1	Latossolo Vermelho e Vermelho-Amarelo, textura argilosa.
Baixa	2	Latossolo Amarelo e Vermelho Amarelo, textura média argilosa.
Média	3	Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolos, Luvissolos, Neossolos, textura média e argilosa
Forte	4	Cambissolos, textura médio-arenosa
Muito Forte	5	Neossolos com cascalho, Litólicos e Neossolos Quartzarênicos.

**Fonte:** Ross (1994).

A análise da proteção dos solos pela cobertura vegetal é elaborada a partir da Carta de Uso da Terra e da Cobertura vegetal e produtos cartográficos semelhantes, fundamentado na interpretação de imagens de satélite, e em fotografias aéreas, dependendo da escala a ser trabalhada (ROSS, 1994). Estabelecimento uma hierarquia de graus de proteção dos solos pela cobertura vegetal, ainda relaciona a perda de solos por tipos de cultivos e estudo das práticas conservacionistas predominantes para cada tipo de uso do solo agrícola (Quadro 3).

**Quadro 3:** Grau de proteção de superfície por tipos de coberturas.

<b>Grau de proteção</b>	<b>Índice de Fragilidade</b>	<b>Tipos de cobertura</b>
Muito alta	1	Florestas/matias naturais, florestas cultivadas com biodiversidade.
Alta	2	Formações arbustivas naturais com estrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, cerrado denso).
Média	3	Mata homogênea de pinus densa, pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo com cacau.
Baixa	4	Culturas de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucalipto com sub-bosque de nativas.
Muito Baixa	5	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeado, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

**Fonte:** Ross (1994).

A partir do cruzamento dessas informações e dentre outras, é possível a obtenção de um mapa síntese que identifique pontos de diferentes níveis de fragilidade representativos. Assim, os trabalhos sobre fragilidade são dados de extrema importância ao planejamento territorial e ambiental, que tenha como ponto central a preocupação com o ambiente, durante o processo de inovação tecnológica e desenvolvimento econômico (RIBEIRO, 2022).

Nesse contexto, Ross (2012) destaca que a caracterização sócioambiental e o conhecimento das formas de uso e ocupação na bacia, permitem ações, tanto do setor público como do privado, visando o planejamento físico para a utilização sustentável e para a recuperação das áreas degradadas, com entendimento de que as intervenções humanas devem ser planejadas considerando as potencialidades dos recursos naturais e humanos e as fragilidades dos ambientes.

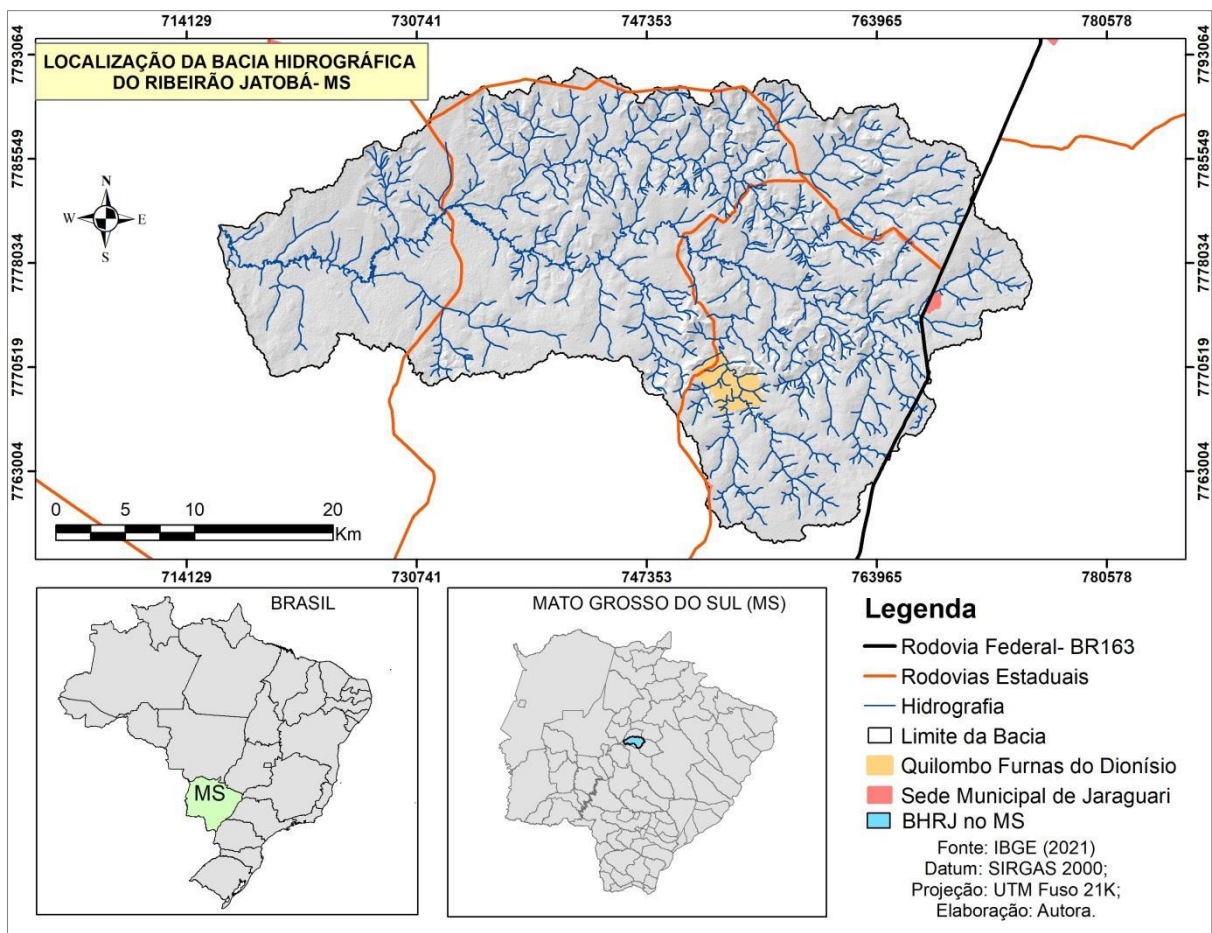
## 4. METODOLOGIA

Neste capítulo, trabalhou-se com os procedimentos metodológicos que foram empregados para a elaboração da presente dissertação, desde o levantamento e análise de informações e dados sobre a área de estudo.

### 4.1 Localização da Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá (BHRJ), localizada entre as coordenadas  $20^{\circ} 6'55.32''S$  e  $54^{\circ} 38'45.33''O$ , é uma sub-bacia do Rio Aquidauana, que por sua vez está inserida na Bacia Hidrográfica do rio Miranda, que é pertencente a bacia do rio Paraguai, sendo de grande contribuição à região do Pantanal (Figura 1). Tem como Unidade de Planejamento e Gerenciamento a UPG Miranda, criada pela Resolução CERH-MS nº 002/2005.

**Figura 1:** Localização da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá



Fonte: IBGE (2021).

O ribeirão Jatobá tem suas nascentes localizadas no município de Jaraguari, no estado de Mato Grosso do Sul (MS), onde se encontra a maior parte da área de sua bacia, sendo que sua foz deságua no rio Aquidauana, no município de Rochedo. A área total da bacia tem 1.135,963 km<sup>2</sup> distribuída entre os dois municípios que estão inseridos no limite desta bacia, a sede municipal de Jaraguari, o Distrito de Bonfim, e o Quilombo Furnas do Dionísio.

O município de Jaraguari, possui uma área de 2.912,836 km<sup>2</sup>, situado na microrregião de Campo Grande, com sede localizada a 42 km da capital do Estado, a cidade de Campo Grande. Foi elevado a distrito pela Resolução 856, de 07.11.1921 e a município pela Lei N.º 692, de 12.12.1953. A população estimada do município para 2020 foi de 7.265 habitantes. As atividades do agronegócio estão concentradas na pecuária, com rebanho bovino de 181.903 cabeças; 64.224 galináceos; 13.553 suínos; 4.062 equinos; 3.952 ovinos; 264 caprinos e; 52 bubalinos em 2019 (IBGE, 2021). O setor que mais gera valor no município é o de Comércio e Serviços (SEBRAE/MS, 2021).

Já o município de Rochedo, possui uma área de 1.309,574 km<sup>2</sup>, situado na microrregião de Campo Grande, com sede localizada a 79 km da capital do Estado, a cidade de Campo Grande. A população estimada do município para 2021 foi de 5.120 habitantes (IBGE, 2021). A sede urbana de Rochedo localiza-se na margem direita do Rio Aquidauana e foi elevada a distrito pela Lei N.º 293, de 09 de dezembro de 1933 e o município criado pela Lei N.º 204 de 23 de novembro de 1948. Sua principal atividade econômica é a pecuária, sendo que a economia do município está baseada no agronegócio (SEMAGRO, 2021).

#### **4.2 Caracterização da Área de Estudo**

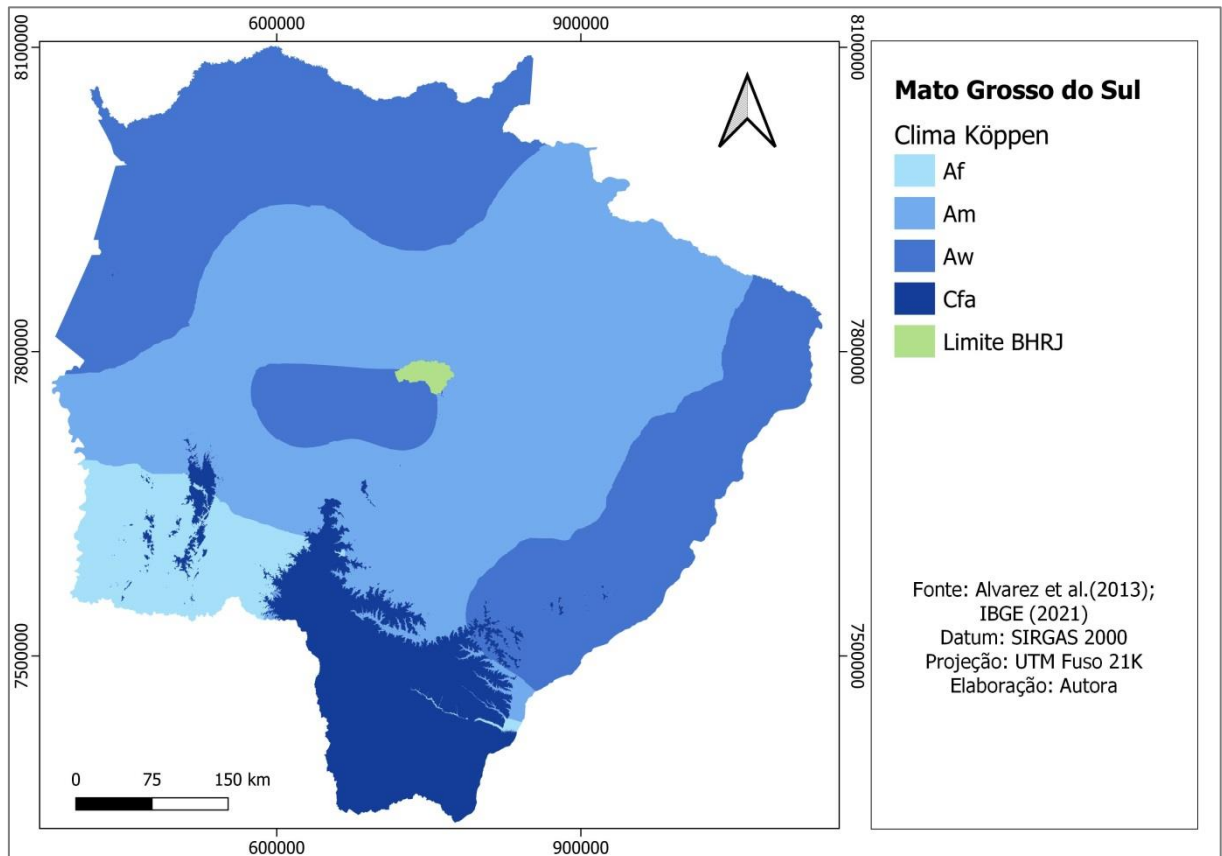
Entende-se por clima o conjunto das variações sofridas pelo tempo ao longo de um ano, como os anos não são iguais em termos meteorológicos, para caracterizar o clima de uma cidade ou região é preciso medir essas variações durante um período de aproximadamente 30-35 anos sequentes (AYOADE,1996).

Conforme Alvarez et al (2013) o estado de Mato Grosso do Sul apresenta ocorrência de quatro tipos de clima Koppen sendo tipo Af (6,6%), clima tipo Cfa (11,2%), em pequenas porções do estado, mas o que predomina são os climas Aw (36,6% ) e o clima Am (45,6%). Uma grande área de clima Am foi mapeada no oeste do estado e no Pantanal, onde a precipitação anual está entre 1.300 e 1.600 mm ano. Já o clima Aw foi observado ao sul do

estado com precipitação anual de 1.400mm (região do Pantanal) e atravessa a parte central do estado.

Na área de estudo foram identificados o clima Aw (tropical com inverno seco) e clima Am (tropical úmido ou subúmido) conforme mostra a Figura 2.

**Figura 2:** Clima da área de estudo.

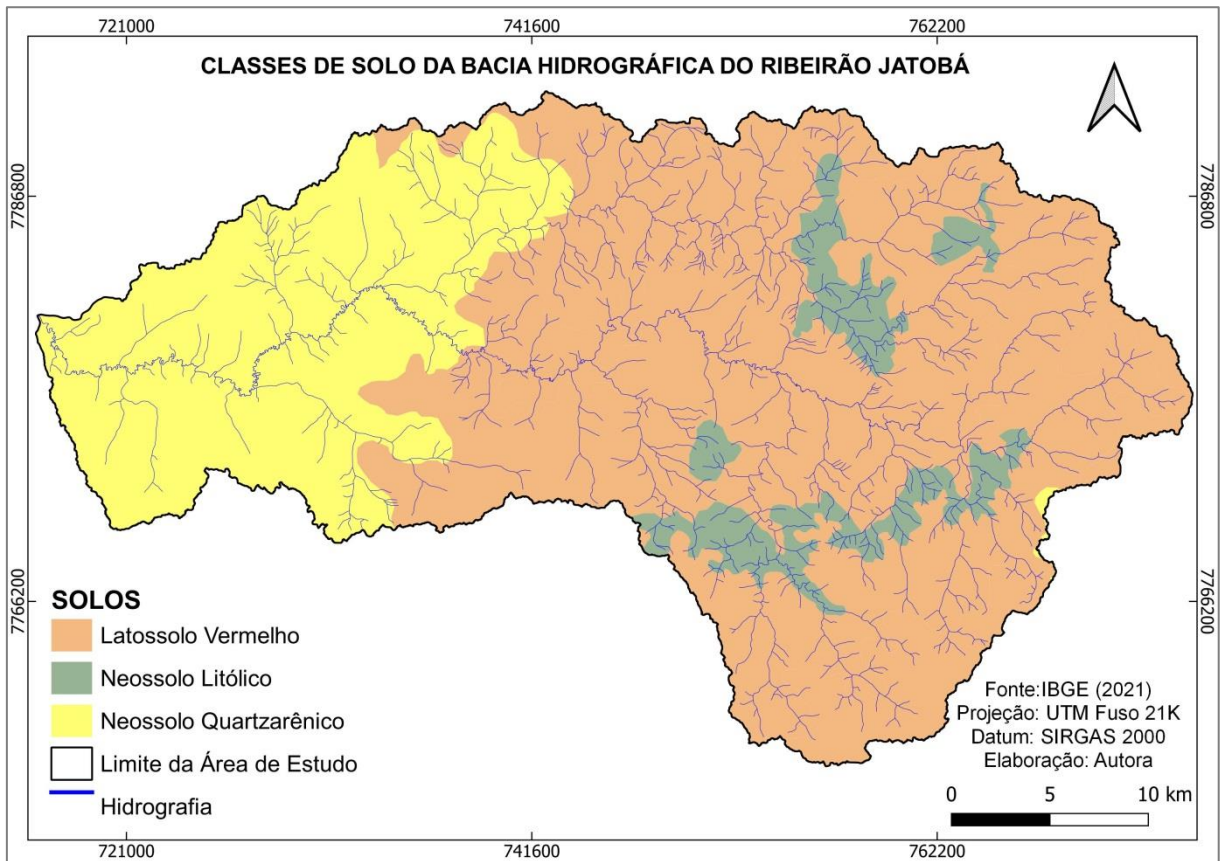


**Fonte:** Alvarez et al.(2013)

Na BHRJ, conforme IBGE (2021), foram identificadas três classes de solos predominantes: Latossolo Vermelho, Neossolos Litólicos e Neossolos Quartzarênicos. A Figura 3 indica a distribuição espacial das principais classes de solo presentes na área de estudo.

Conforme Embrapa (2018), Latossolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou dentro de 300cm se o horizonte A apresenta mais que 150cm de espessura. Latossolos vermelhos se apresentam como solos mais vermelhos na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA).

**Figura 3:** Classe de solo da área de estudo.



**Fonte:** IBGE/ BDIA - Banco de Informações Ambientais, 2021.

Já os Neossolos são solos pouco evoluídos, constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentando nenhum tipo de horizonte B diagnóstico. Foram encontrados duas classes de solos Neossolos na bacia estudada, um deles sendo Neossolos Litólicos que conforme Embrapa são:

Solos com contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm a partir da superfície, apresentando horizonte A ou hístico assente diretamente sobre a rocha ou sobre um horizonte C ou Cr ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos grosseiros (por exemplo, cascalheira de quartzo) com diâmetro maior que 2 mm (cascalhos, calhaus e matacões). Admitem um horizonte B em início de formação, cuja espessura não satisfaz a nenhum tipo de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2018, p.219).

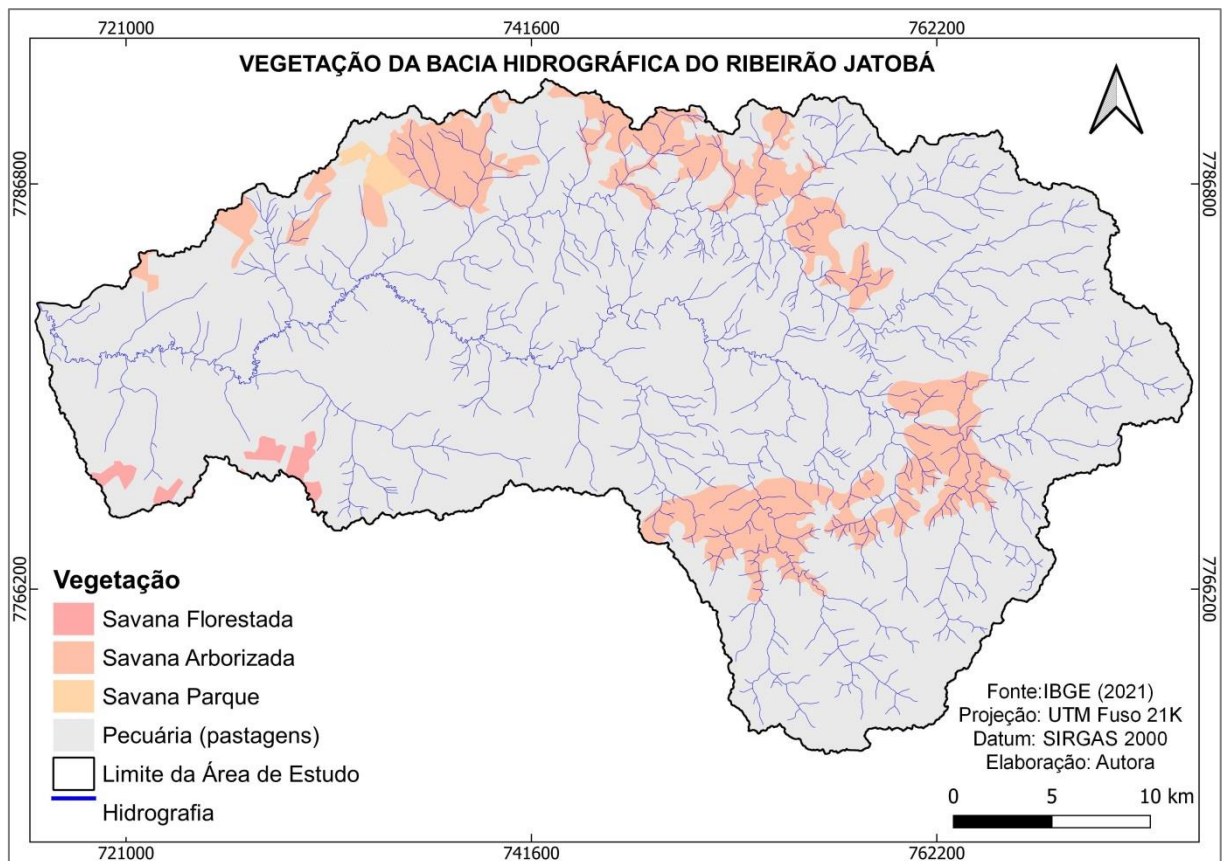
Outro solo presente na bacia é o Neossolo Quartzarênico, que a Embrapa conceitua como sendo:

Outros solos sem contato lítico ou lítico fragmentário dentro de 50 cm a partir da superfície, com sequência de horizontes A-C, porém apresentando textura areia ou

areia franca em todos os horizontes até, no mínimo, a profundidade de 150cm a partir da superfície do solo ou até um contato lítico ou lítico fragmentário. São essencialmente quartzosos, tendo, nas frações areia grossa e areia fina, 95% ou mais de quartzo, calcedônia e opala e praticamente ausência de minerais primários alteráveis (menos resistentes ao intemperismo).(EMBRAPA, 2018, p.220).

Quanto à vegetação da área de estudo, são classificadas como Savana (Cerrado) que é conceituada como uma vegetação xeromorfa, que ocorre sob distintos tipos de clima (Figura 4). Foram encontradas nessa bacia os seguintes Subgrupo de formação com fisionomia típica e característica de Cerrado: Savana Florestada (Cerradão); Savana Arborizada (Campo Cerrado, Cerrado Ralo, Cerrado Típico e Cerrado Denso); Savana Parque (Campo-Sujo-de-Cerrado, Cerrado-de-Pantanal, Campo De-Murundus ou Covoal e Campo Rupestre) e Pecuária, pastagem natural ou plantada (IBGE, 2012).

**Figura 4:** Vegetação da área de estudo.

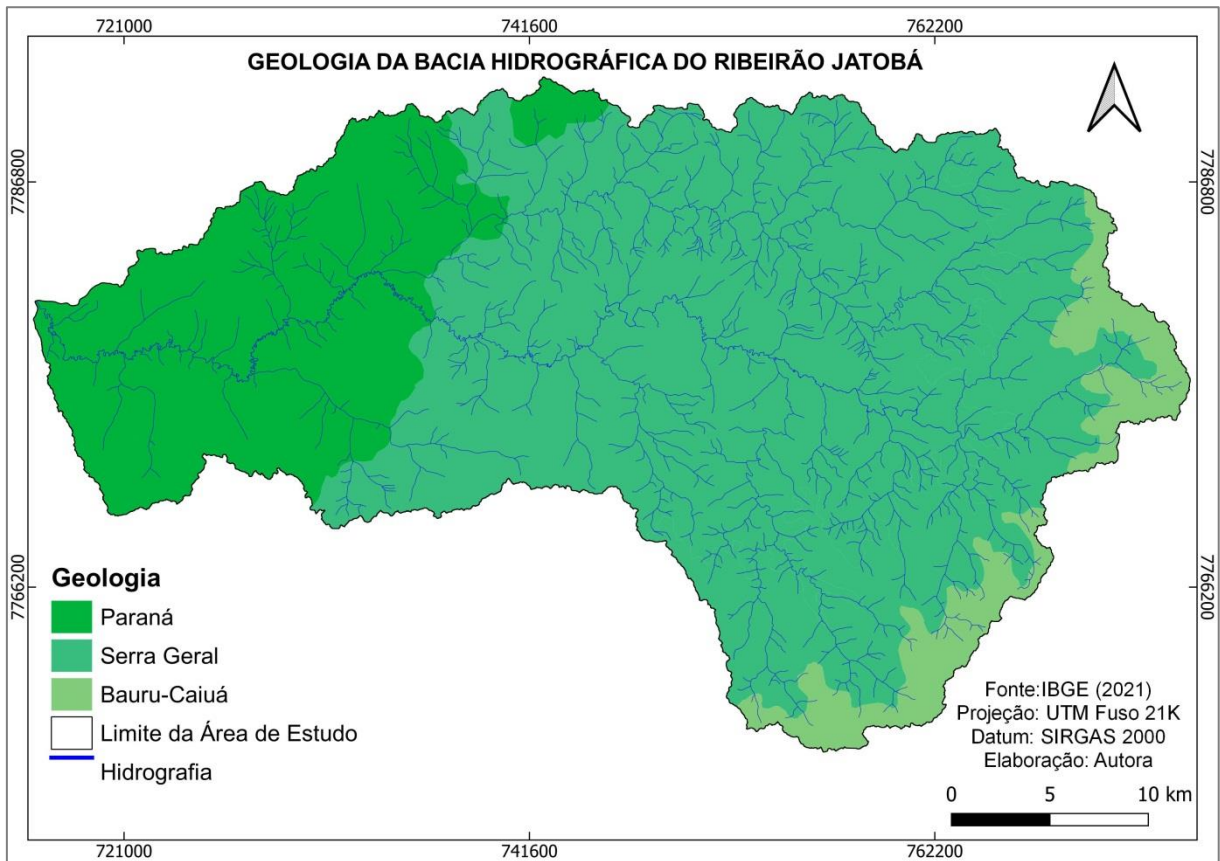


**Fonte:** IBGE/ BDIA - Banco de Informações Ambientais, 2021.

Quanto à geologia, a área engloba 3 litologias distintas: Formação Bauru- Caiuá, Formação Serra Geral e Formação Paraná (Figura 5). A Formação Serra Geral ocorre em grande parte na área central da bacia; a Formação Paraná encontra-se a oeste e a Formação Bauru-Caiuá tem uma pequena porção ao leste da bacia (IBGE, 2021).



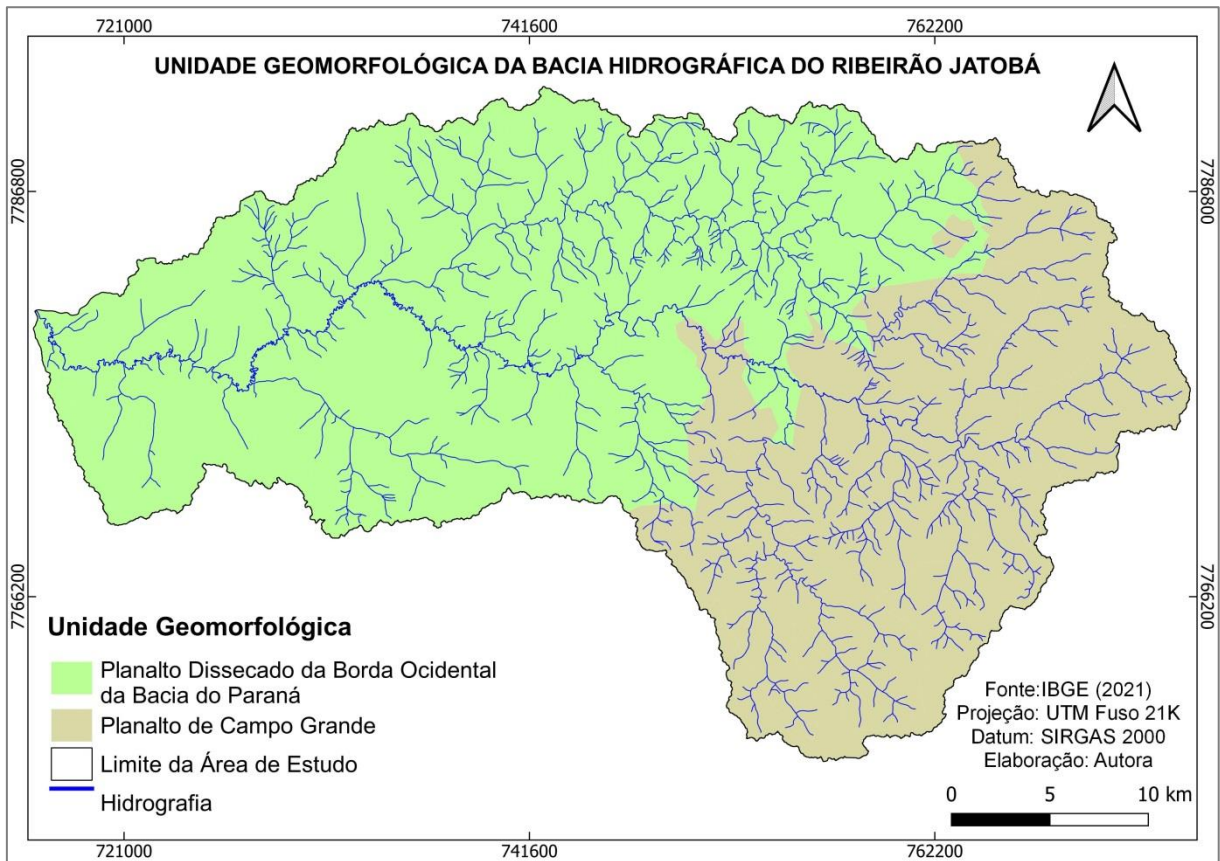
**Figura 5:** Geologia da área de estudo.



**Fonte:** IBGE/ BDIA - Banco de Informações Ambientais, 2021.

A área de estudo está em duas região Geomorfológica (Figura 6) do Planalto do Rio Paraná e Planaltos e Patamares da Borda Ocidental da Bacia do Paraná, nas Unidades Geomorfológicas Planalto de Campo Grande e Planalto Dissecado da Borda Ocidental da Bacia do Paraná apresentando as seguintes formas de relevo: pediplano, topo convexo e topo tabular. Os conjuntos de formas de relevo que compõem as unidades foram compartimentos identificados como depressões e planaltos (IBGE, 2021).

**Figura 6:** Unidades Geomorfológicas da área de estudo.

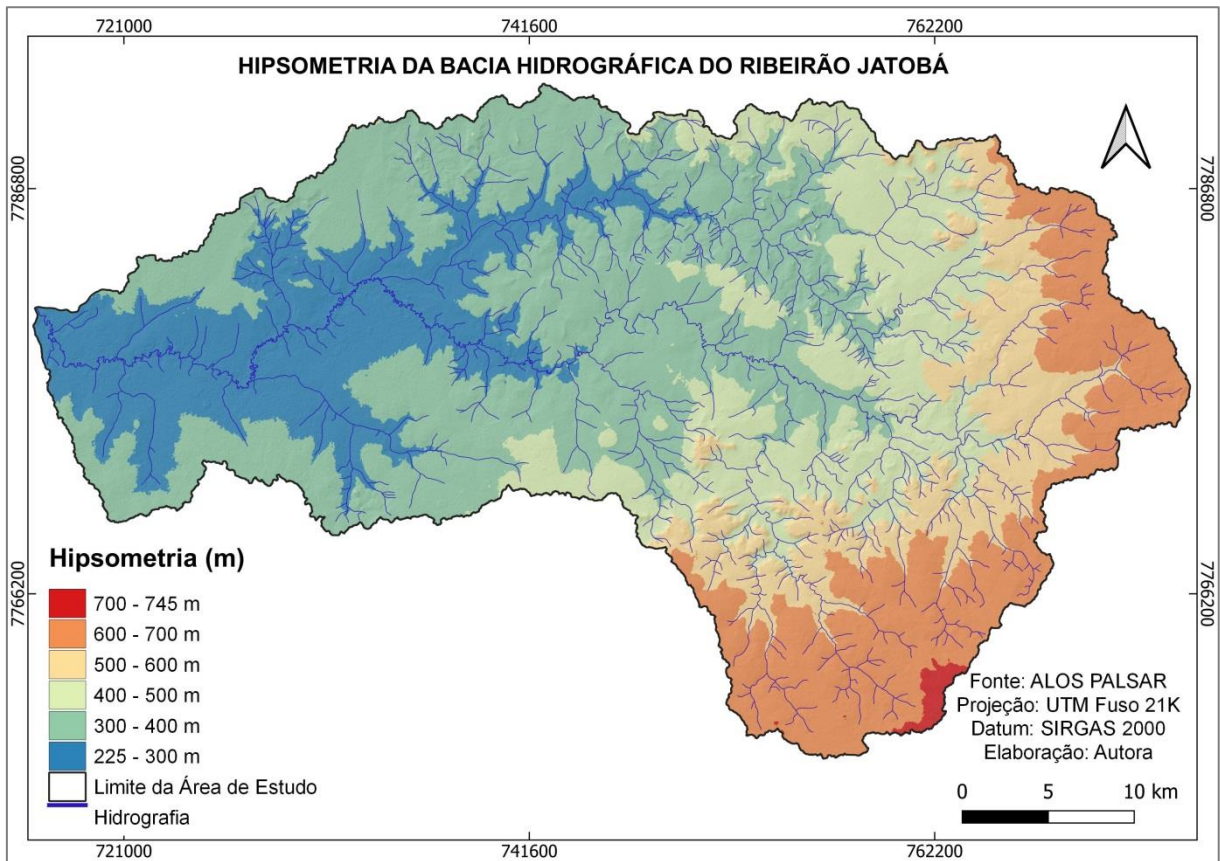


**Fonte:** IBGE/ BDIA - Banco de Informações Ambientais, 2021.

Conforme Capoane et al.(2022) a hipsometria descreve a distribuição das elevações de uma determinada área em relação ao nível médio dos oceanos e mares, sendo uma medida do estado erosional ou idade geomórfica de uma bacia de drenagem, pois representa a massa da bacia de drenagem que permanece acima de um plano basal de referência.

Segundo o IBGE (2009) “a representação da hipsometria, através de mapas temáticos ou em perfil topográficos, é um importante instrumento para identificação de superfícies balizadas em níveis altimétricos previamente conhecidos.” Na BHRJ as elevações variam de 225 m a 745 m (Figura 7).

**Figura 7:** Hipsometria da área de estudo.

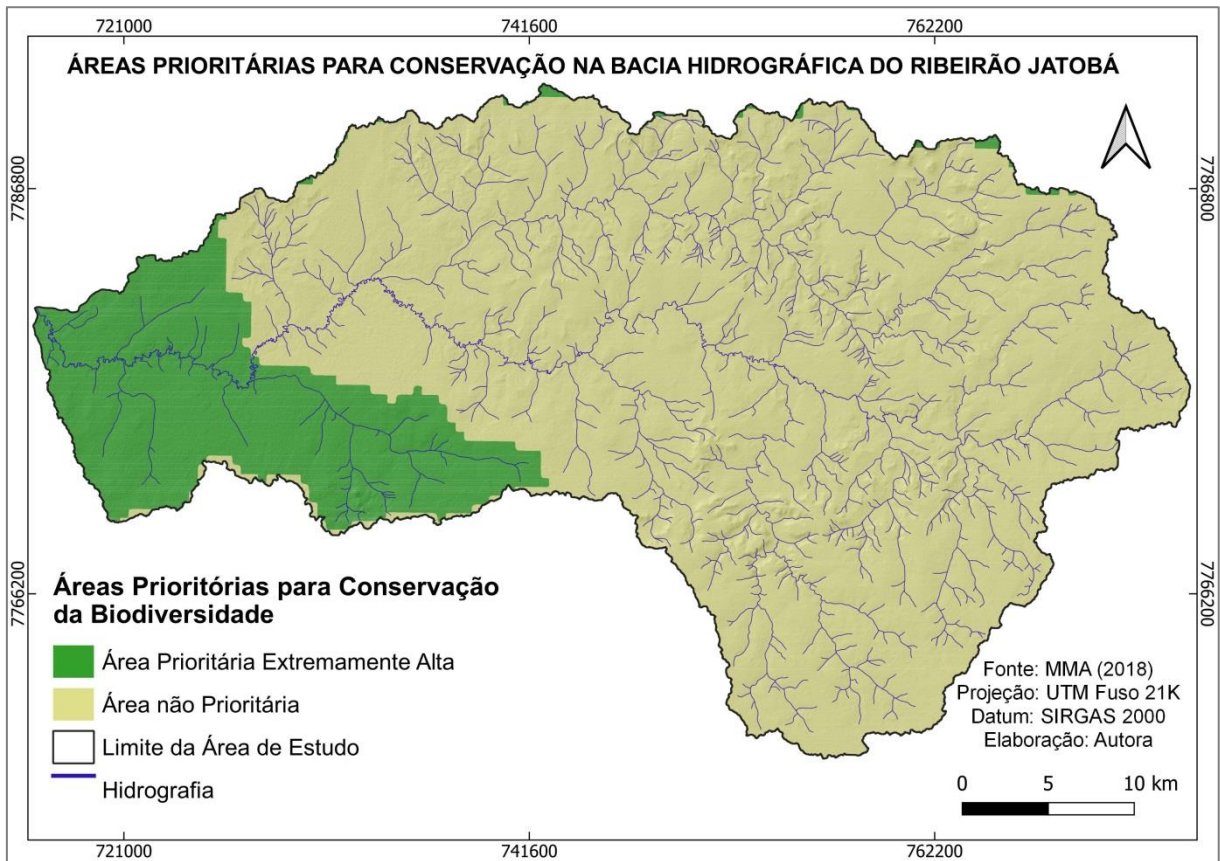


**Fonte:** Alos Palsar.

A bacia hidrográfica do ribeirão Jatobá está situada no médio curso do rio Aquidauana pertencendo ao domínio do cerrado, com parte de sua área considerada de Prioridade Extremamente Alta (Figura 8), conforme a segunda atualização das áreas prioritárias para conservação da biodiversidade (MMA, 2018).

As Áreas e Ações Prioritárias para a Conservação são instrumentos de política pública que visam à tomada de decisão, de forma objetiva e participativa, sobre planejamento e elaboração de medidas adequadas à conservação, à recuperação e ao uso sustentável de ecossistemas. Inclui iniciativas como a criação de unidades de conservação (UCs), o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras, a fiscalização, o fomento ao uso sustentável e a regularização ambiental (MMA, 2004).

**Figura 8:** Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade.



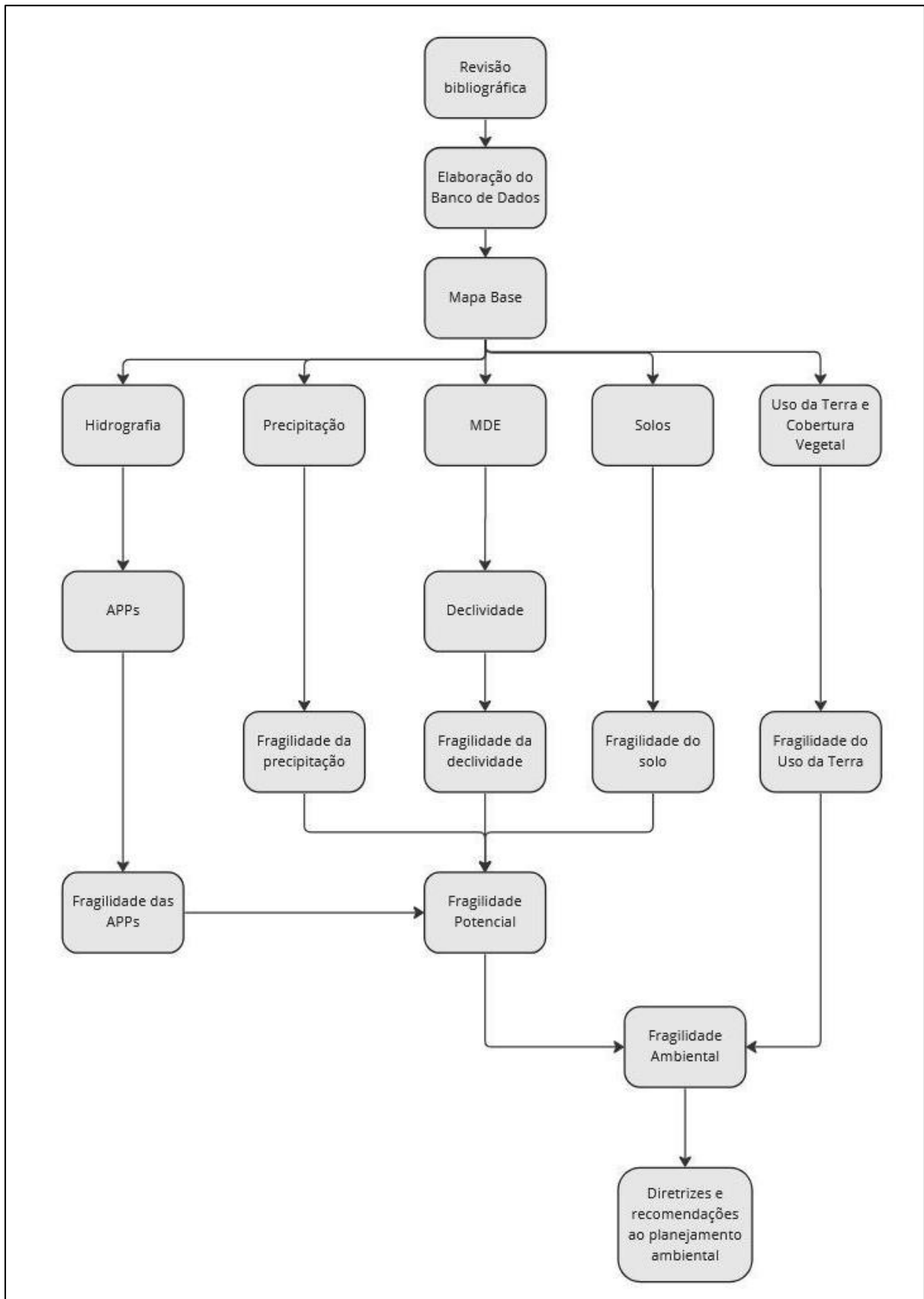
Fonte: MMA (2018).

### 4.3 Procedimentos Metodológicos

A fragilidade ambiental foi baseada nas metodologias de Ross (1994) e de Bacani *et al.* (2015), com a confecção dos mapas de declividade, solos, pluviosidade e uso e cobertura da terra, tendo a adição das áreas de preservação permanentes (APPs).

Os passos adotados nesta pesquisa estão representados através do fluxograma apresentado abaixo, no qual se buscou representar a sequência dos materiais e métodos utilizados na elaboração do mapa de fragilidade ambiental.

**Figura 9:** Fluxograma dos procedimentos adotados.



Fonte: Elaborado pela autora.

### 4.3.1 Material e Métodos

Para elaboração da análise da fragilidade ambiental da BHRJ, foram utilizados os softwares de SIGs Global Mapper 18.2, Qgis 3.22, Google Earth Pro e Google Earth Engine, com estruturas matriciais e vetoriais derivadas de banco de dados públicos.

A delimitação da bacia foi elaborada a partir da imagem do radar ALOS – PALSAR (12,5m), disponível em *ASF/Alaska* <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>, no software Global Mapper versão 13.2, onde gerou-se o mosaico das imagens, e as curvas de nível com intervalo de 10 metros para ajuste da rede de drenagem.

Os mapas temáticos foram desenvolvidos no software QGIS 3.22.8 'Białowieża', sendo este um aplicativo profissional de SIG livre e de código aberto, seu conteúdo está sob a licença Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 (CC BY-SA).

Os dados da hidrografia foram extraídos do site da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável- FBDS (<http://geo.fbds.org.br/>), essa base cartográfica foi elaborada a partir da classificação supervisionada e vetorização de imagens satélite RapidEye (5 metros), na escala de 1:25.000, do ano base 2013 (FBDS, 2018).

Realizou-se o recorte do mapeamento de solos, conforme limite da área de estudo gerada anteriormente, onde foram utilizados os dados vetoriais do Banco de Dados de Informações Ambientais – BDIA, com a escala 1:250.000, disponível em <https://bdiaweb.ibge.gov.br>.

A classificação dos solos está de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) – Embrapa (2018), recortados para o limite da bacia e categorizado conforme Ross (1994; 2012).

**Tabela 1:** Relação entre os graus de fragilidade e os solos da Bacia do Ribeirão.

Peso	Graus de Fragilidade	Tipos de Solos
1	Muito baixa	***
2	Baixa	Latossolos vermelhos
3	Média	***
4	Alta	***
5	Muito Alta	Neossolos Litólicos/Quartzarênicos

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994).

(\*\*\*) Classes não encontradas na área de estudo.

Existem diferentes propostas de classificação de declividade para orientar o uso adequado do relevo, possibilitando a identificação de áreas suscetíveis aos processos erosivos. Informações a respeito do declive das vertentes são de considerável importância, tendo em vista a possibilidade de indicar fatores críticos e restritos a determinados usos (IBGE, 2009).

Para o presente trabalho utilizou-se a proposta de Ross (1994), com extração de valores da declividade em porcentagem, elaborado a partir do radar ALOS – PALSAR (Tabela 2).

**Tabela 2:** Relação entre os graus de fragilidade e as classes de declividade

Peso	Graus de Fragilidade	Classes de Declividade
1	Muito baixa	0 a 6 %
2	Baixa	6 a 12 %
3	Média	12 a 20 %
4	Alta	20 a 30 %
5	Muito Alta	> 30 %

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994).

As informações de precipitação foram geradas na plataforma do Google Earth Engine-GEE de análise geoespacial baseada em nuvem (<https://cade.earthengine.google.com>), onde permite visualizar e analisar imagens como do TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*), considerado uma ferramenta promissora nas pesquisa deste ambito (CHEN *et al.*, 2019; BATTAGLIA *et al.*, 2020). Foi utilizado para extrair informações da precipitação estimada de 20 anos (1998-2019) totalizando de 1.369 mm a 1.421 mm de média anual no recorte da área de estudo. Conforme mostra o roteiro de código (*script*) abaixo:

```
var trmm = ee.ImageCollection("TRMM/3B43V7")
var rainfall = trmm.select("precipitation").filterDate("1998-01-01", "2019-12-31");
var mediammhora = rainfall.mean();
var mediammdia = mediammhora.multiply(24);
var mediammmes = mediammdia.multiply(30);
varmediammano=mediammmes.multiply(12);
```

A precipitação média anual foi calculada e dividida pelo número de meses chuvosos da região, de acordo com IBGE (1993). Através da relação entre a precipitação média anual (PMA) e duração do período chuvoso (DPC) é obtida a intensidade pluviométrica (IP), conforme a Equação 1 (CREPANI *et al.*, 2001).

$$PMA/DPC = IP \quad (\text{Eq 1.})$$

A classe de fragilidade foi determinada conforme Crepani et al. (2001), sendo necessário padronizar para as classes de fragilidade ambiental de Ross(1994), com base em regra de três simples (Relação 1):

3      5      (Rel.1)  
1,5    X

A intensidade pluviométrica encontrada para bacia hidrográfica a partir dos dados e a aplicação da Equação, foi de 155 mm (Tabela 3).

**Tabela 3:** Precipitação BHRJ

PMA (mm)	DPC (meses)	IP (mm)	Peso	Grau de Fragilidade
1.395	9	155	3	Média

**Fonte:** Adaptado de Crepani et al. (2001) e Ross (1994).

A classe de fragilidade foi determinada conforme Crepani et al. (2001), padronizada para as classes de fragilidade ambiental de Ross (1994). A partir da relação entre a precipitação média anual (PMA) e duração do período chuvoso (DPC) é obtida a intensidade pluviométrica (IP)

A espacialização das áreas que apresentam restrições legais à ocupação foi realizada conforme a legislação ambiental, denominadas como Áreas de Preservação Permanentes (APPs), de acordo com o Código Florestal Brasileiro vigente, Lei Federal Lei nº 12.651/2012 (BRASIL, 2012). O mapeamento das APPs, foi elaborado com base na interpretação visual de imagem de alta resolução espacial disponível no Google Earth Pro, a partir da hidrografia (FBDS, 2018), onde criou-se mapa de pontos das nascentes delimitando com polígono (*buffer*) um distanciamento de 50 metros, e também gerou-se buffers de 30 metros para rede hidrográfica.

A partir de dados de declividade (grau) e com base nos valores obtidos e comparados com exigido pela lei, criou-se um polígono contornando topo de morro com inclinações médias superiores a 25° graus, foram geradas curvas de nível (equidistância 10 metros) para facilitar a extração dos valores de cotas altimétricas da base ao topo (acima de 100 metros). Na sequência, foram subtraídos os valores de cota máxima pela mínima, e dividido os valores por 3 (três) e multiplicado por 2 (dois), delimitando assim a área correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima em relação a base (topo de morro), conforme o proposto pelo Código Florestal Brasileiro.

O mapeamento de cobertura e uso da terra utilizou informações disponibilizadas do Projeto MapBiomas ano de 2021 (disponível no site <http://mapbiomas.org>). Todos os mapas anuais de cobertura e uso da terra do MapBiomas são produzidos a partir da classificação pixel a pixel de imagens dos satélites Landsat. O processo é feito com extensivos algoritmos



de aprendizagem de máquina (machine learning) através da plataforma Google Earth Engine (MAPBIOMAS, 2021).

O processamento de imagem Mapbiomas é baseado em tecnologia Google com processamento de imagem na computação em nuvem programada com javascript e Python via Google Earth Engine, com armazenamento de dados usando Google Cloud Storage. A estruturação das classes segue a classificação da vegetação brasileira (IBGE, 2012). Na coleção 7 foram atualizadas e revisadas 85.000 amostras independentes, com precisão global calculada para cada ano, classes e biomas. Essa coleção é resultado de uma longa série temporal totalizando 27 classes LCLU mapeadas (MapBiomias, 2022).

Os dados de Cobertura e Uso da Terra do Mapbiomas foram reclassificadas de acordo com Manual de Uso da Terra (IBGE, 2012) e receberam pesos para cada classe de acordo com os níveis de fragilidade, baseado na proposta de Ross (1994), como apresenta a Tabela 4.

**Tabela 4:** Classes de uso e cobertura da terra reclassificadas para nomenclatura do IBGE.

Peso	Graus de Fragilidade	Tipos de Uso
1	Muito baixa	Formação Florestal
2	Baixa	Formação Campestre
3	Média	Pastagem, Silvicultura e Uso não Identificado
4	Alta	Lavouras Temporárias
5	Muito Alta	Áreas Descobertas, Área Urbanizada, Campo Alagado, e Rio e Lago

**Fonte:** Adaptado de Ross (1994).

Inicialmente realizou-se a conversão dos dados vetoriais para a estrutura matricial (formato Raster) e posteriormente a reclassificação. Em seguida, foram feitas adaptações e atribuídos pesos para cada classe de acordo com os níveis de fragilidade, baseado nas propostas de Ross (1994; 2012). A combinação das variáveis, para a confecção das fragilidades, se deu por meio da álgebra de mapa (SPÖRL; ROSS, 2004).

O mapa da fragilidade potencial foi gerado por meio de álgebra de mapas das variáveis naturais já reclassificadas, de solo, declividade e pluviosidade, conforme a equação:

$$FP = (Fd + Fs + Fp) / 3, \text{ onde:}$$

FP = Fragilidade Potencial;

Fd = Fragilidade do tema declividade;

Fs = Fragilidade do tema solos;

Fp = Fragilidade do tema pluviosidade.

Logo depois adicionou-se as informações das APPs, sobrepondo suas variáveis também reclassificadas como resultado da fragilidade potencial .

O mapa da fragilidade ambiental emergente foi gerado por meio da sobreposição dos mapas de fragilidade potencial e da variável uso e cobertura da terra, também reclassificada através do grau de proteção ao solo, de acordo com Ross (1994), como apresenta a equação:

$$FA = (FP + Fu) / 2, \text{ onde:}$$

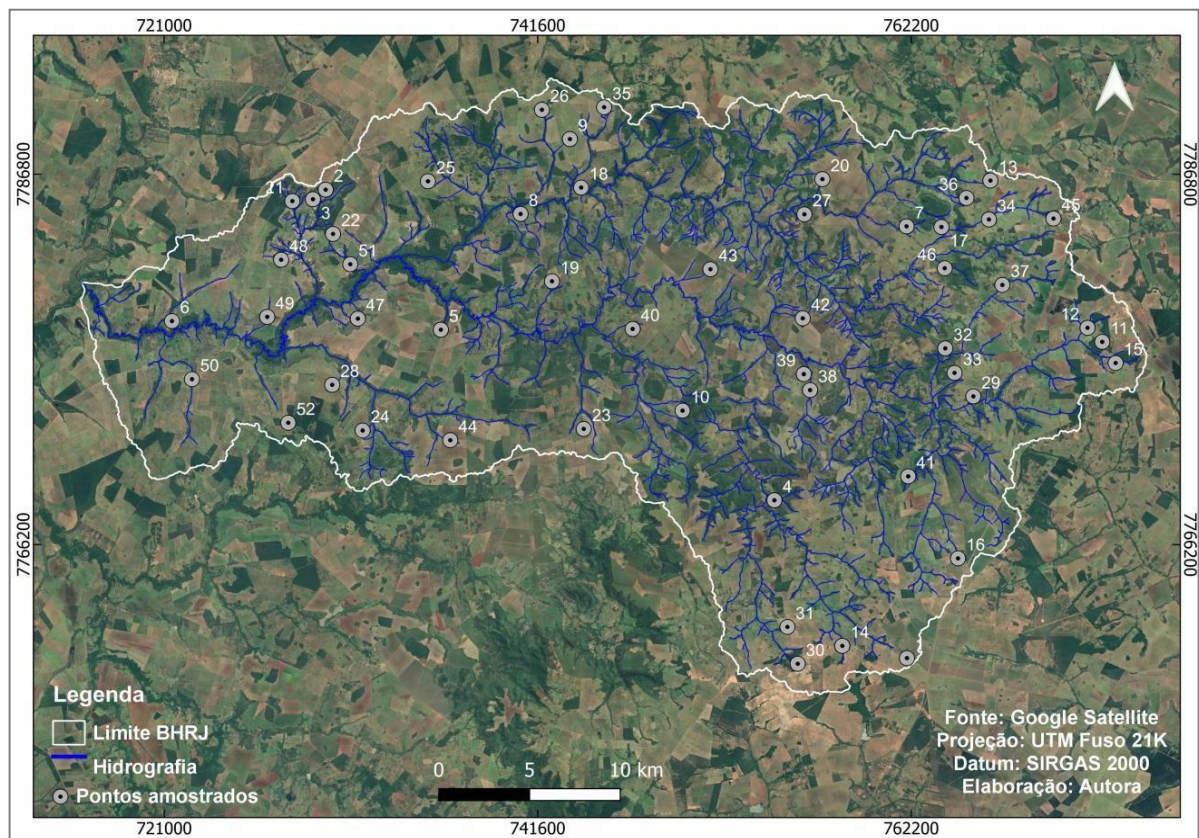
FA = Fragilidade Ambiental;

FP = Fragilidade Potencial;

Fu = Fragilidade do tema uso do solo.

Para avaliar a correspondência do modelo de fragilidade ambiental gerado comparando com a realidade, foram usados pontos (Figura 10) contendo diferentes impactos ambientais negativos na área, utilizando imagens orbitais de alta resolução espacial disponíveis no *software Google Earth Pro*.

**Figura 10:** Localização dos pontos amostrados.



Fonte: Google Satellite.

Tais pontos foram gerados no *software QGIS 3.22* usando o plugin *QuickMapServices*, que a partir de coordenadas capturadas no Google Earth Pro, por interpretação visual juntamente com imagens históricas, conforme a data do mapeamento de Uso da Terra (2021), assim sendo possível gerar uma nova camada vetorial com os pontos das imagens coletadas, para analisar esses pontos juntamente com o resultado da fragilidade ambiental.

Na Tabela 5 estão apresentados os pontos, descrição dos processos e as coordenadas geográficas.

**Tabela 5:** Pontos amostrados.

<b>Ponto</b>	<b>Coordenadas Geográficas</b>	<b>Descrição</b>
1	20°14'27.18"S54°29'32.98"O	Processos Erosivos
2	20° 0'34.73"S 54°48'9.05"O	Processos Erosivos
3	20° 0'52.35"S 54°48'32.92"O	Processos Erosivos
4	20°10'36.82"S 54°34'23.34"O	Processos Erosivos
5	20° 4'45.38"S 54°44'26.88"O	Processos Erosivos
6	20° 4'34.00"S 54°52'54.33"O	Processos Erosivos
7	20° 1'26.26"S54°29'46.18"O	Processos Erosivos
8	20° 1'13.95"S 54°41'58.61"O	Processos Erosivos
9	20° 0'18.14"S 54°42'12.94"O	Processos Erosivos
10	20° 7'5.69"S 54°36'45.99"O	Processos Erosivos
11	20° 4'49.81"S 54°25'2.26"O	Processos Erosivos
12	20° 4'25.01"S 54°23'59.82"O	Processos Erosivos
13	19°59'57.46"S 54°27'35.85"O	Processos Erosivos
14	20°14'8.19"S54°31'36.03"O	Processos Erosivos
15	20° 5'27.79"S 54°23'5.48"O	Processos Erosivos
16	20°11'25.53"S 54°27'58.88"O	Processos Erosivos
17	20° 1'26.73"S 54°28'39.88"O	Processos Erosivos
18	20° 0'25.60"S 54°40'4.12"O	Processos Erosivos
19	20° 3'15.51"S 54°40'57.18"O	Processos Erosivos
20	20° 0'4.21"S 54°32'26.82"O	Processos Erosivos
21	20° 0'56.25"S 54°49'11.96"O	Processos Erosivos
22	20° 1'54.74"S 54°47'54.03"O	Processos Erosivos
23	20° 7'45.02"S 54°40'0.91"O	Processos Erosivos
24	20° 7'49.49"S 54°46'52.77"O	Processos Erosivos
25	20° 0'17.16"S 54°44'55.27"O	Processos Erosivos
26	19°58'5.45"S 54°41'21.35"O	Processos Erosivos
27	20° 1'7.38"S 54°33'0.00"O	Processos Erosivos
28	20° 6'27.59"S 54°47'51.67"O	Processos Erosivos
29	20° 6'32.26"S 54°27'34.86"O	Processos Erosivos
30	20°14'40.74"S 54°32'55.49"O	Processos Erosivos
31	20°13'32.75"S 54°33'19.95"O	Processos Erosivos
32	20° 5'6.46"S 54°28'29.31"O	Processos Erosivos
33	20° 5'50.34"S 54°28'10.69"O	Processos Erosivos
34	20° 1'12.48"S 54°27'11.76"O	Processos Erosivos
35	19°57'59.04"S 54°39'23.17"O	Processos Erosivos
36	20° 0'34.17"S54°27'53.30"O	Processos Erosivos
37	20° 2'56.07"S 54°26'51.86"O	Processos Erosivos
38	20° 6'25.21"S 54°32'44.45"O	Processos Erosivos
39	20° 5'56.04"S 54°32'56.14"O	Processos Erosivos

40	20° 4'39.15"S 54°38'22.81"O	Processos Erosivos
41	20° 8'59.78"S 54°29'35.18"O	Processos Erosivos
42	20° 4'14.18"S 54°33'1.56"O	Lavoura Temporária em APP
43	20° 2'49.21"S 54°35'57.02"O	Lavoura Temporária em APP
44	20° 8'4.89"S 54°44'6.21"O	Lavoura Temporária em APP
45	20° 1'8.42"S 54°25'7.65"O	Lavoura Temporária em APP
46	20° 2'41.20"S 54°28'32.55"O	Lavoura Temporária em APP
47	20° 4'20.69"S 54°46'30.90"O	Uso em Campo Alagado
48	20° 2'42.59"S 54°49'31.76"O	Uso em Campo Alagado
49	20° 4'26.26"S 54°49'56.73"O	Uso em Campo Alagado
50	20° 6'21.07"S 54°52'18.03"O	Uso em Campo Alagado
51	20° 2'48.24"S 54°47'20.94"O	Uso em Campo Alagado
52	20° 7'37.57"S 54°49'14.26"O	Processos Erosivos

**Fonte:** Elaborado pela autora.

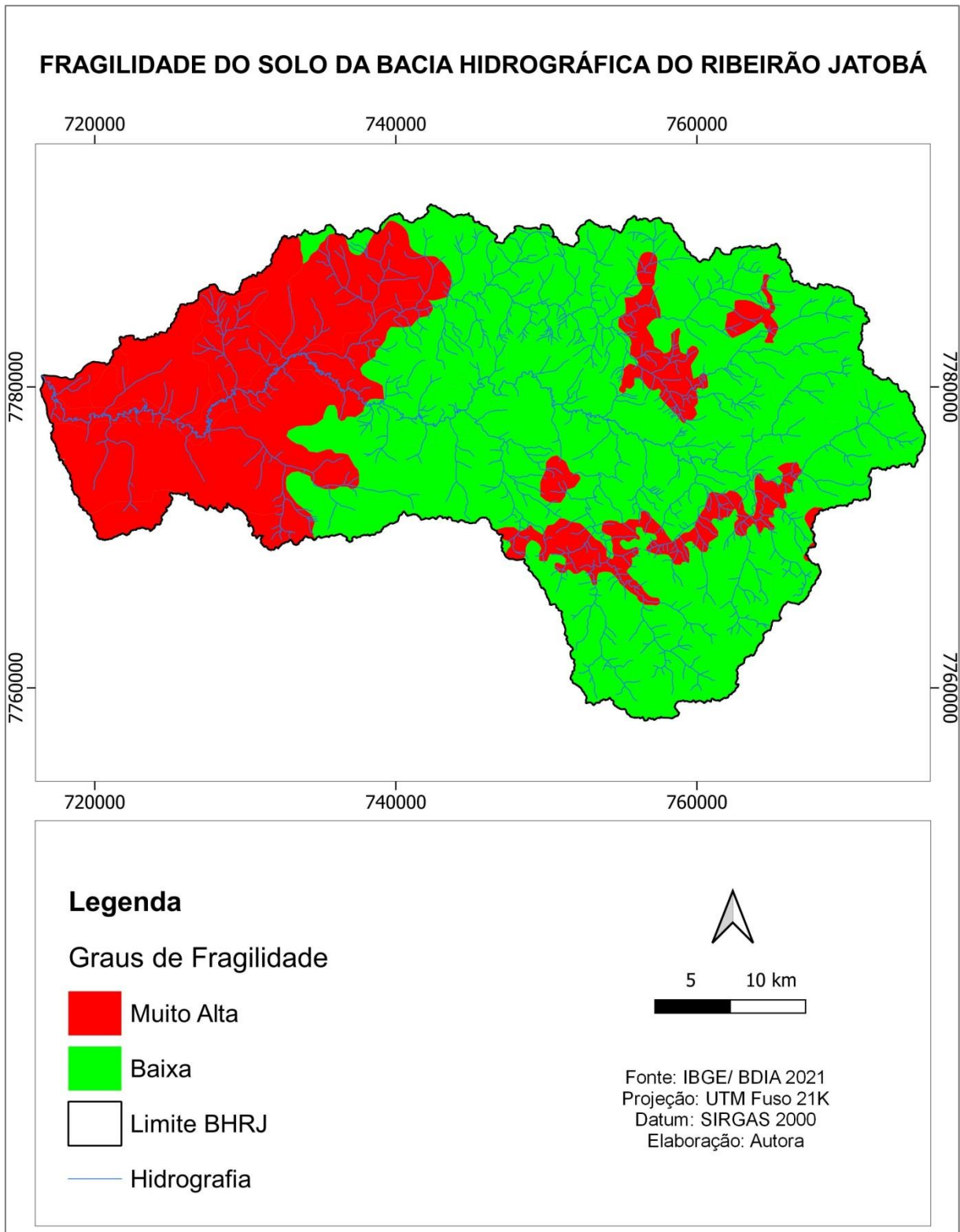
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Fragilidade Potencial

A partir de análise de dados dos solos da BHRJ (Figura 11), juntamente com o resultado da elaboração do mapa de declividade em porcentagem, trabalhados também os dados de precipitação e a elaboração do mapeamento de APPs foi possível chegar ao resultado das fragilidades destas variáveis para posteriormente a partir de álgebra de mapa gerar o mapa de Fragilidade Potencial da bacia.

O resultado das fragilidades do solo se deu conforme suas características naturais onde o Latossolo Vermelho recebeu peso 2, sendo considerado de baixa fragilidade, mas que segundo Gouveia *et al.* (2015, p. 137) a intervenção antrópica como lavouras e pastagens, podem alterar seu equilíbrio. Já os Neossolos Litólico e Quartzarênico receberam peso 5, pois possuem muito alta fragilidade, sendo localizados em área de Morraria onde predomina declividade alta/muito alta e também nos campos alagados com baixa declividade.

**Figura 11:** Solos da Bacia Hidrográfica Ribeirão Jatobá.

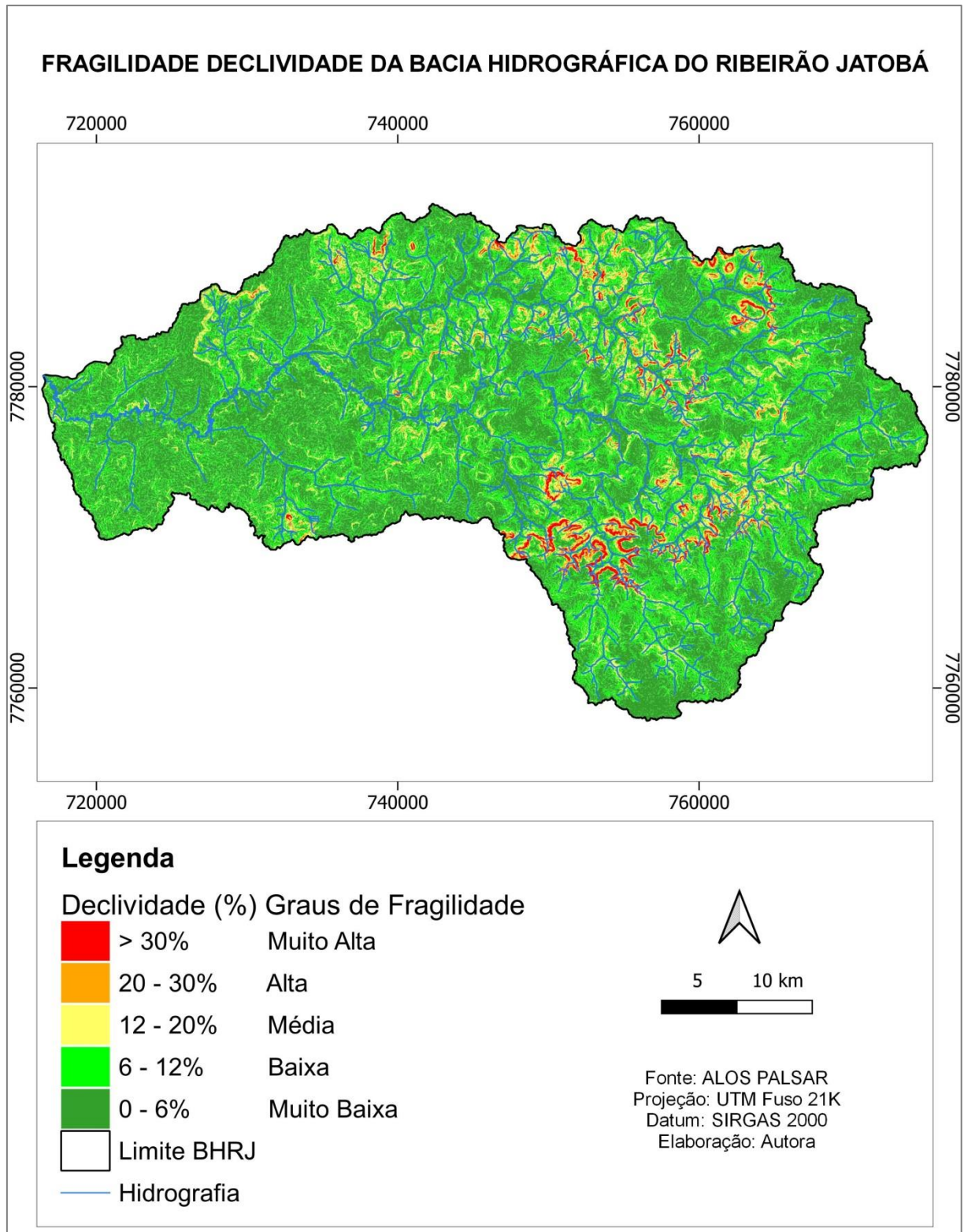


**Fonte:** Alos Palsar

A BHRJ possui declividades variadas, assim foi reclassificado com intervalos elaborados de acordo com pesos estabelecidos por Ross (1994), que correlacionam classes de

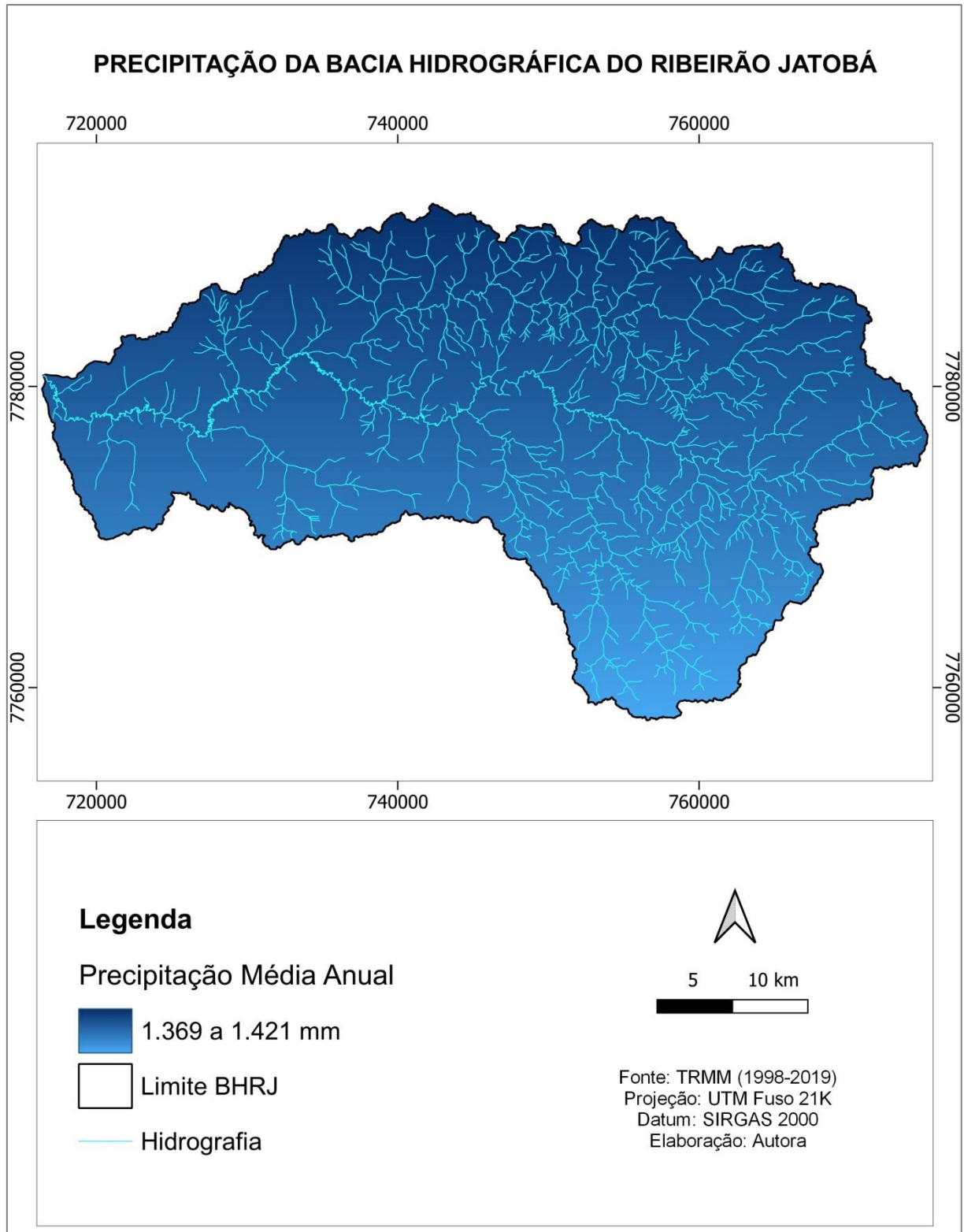
declividades e seus respectivos níveis de fragilidade desde muito Baixa, Baixa, Média, Alta e Muito Alta, conforme mostra Figura 12.

**Figura 12:** Declividade da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá.



Em uma análise sobre fragilidade de uma bacia hidrográfica, é fundamental o estudo da precipitação pluviométrica, sendo o volume de chuva que cai em um determinado local. A precipitação da BHRJ foi reclassificada com média fragilidade, peso 3 (Figura 13).

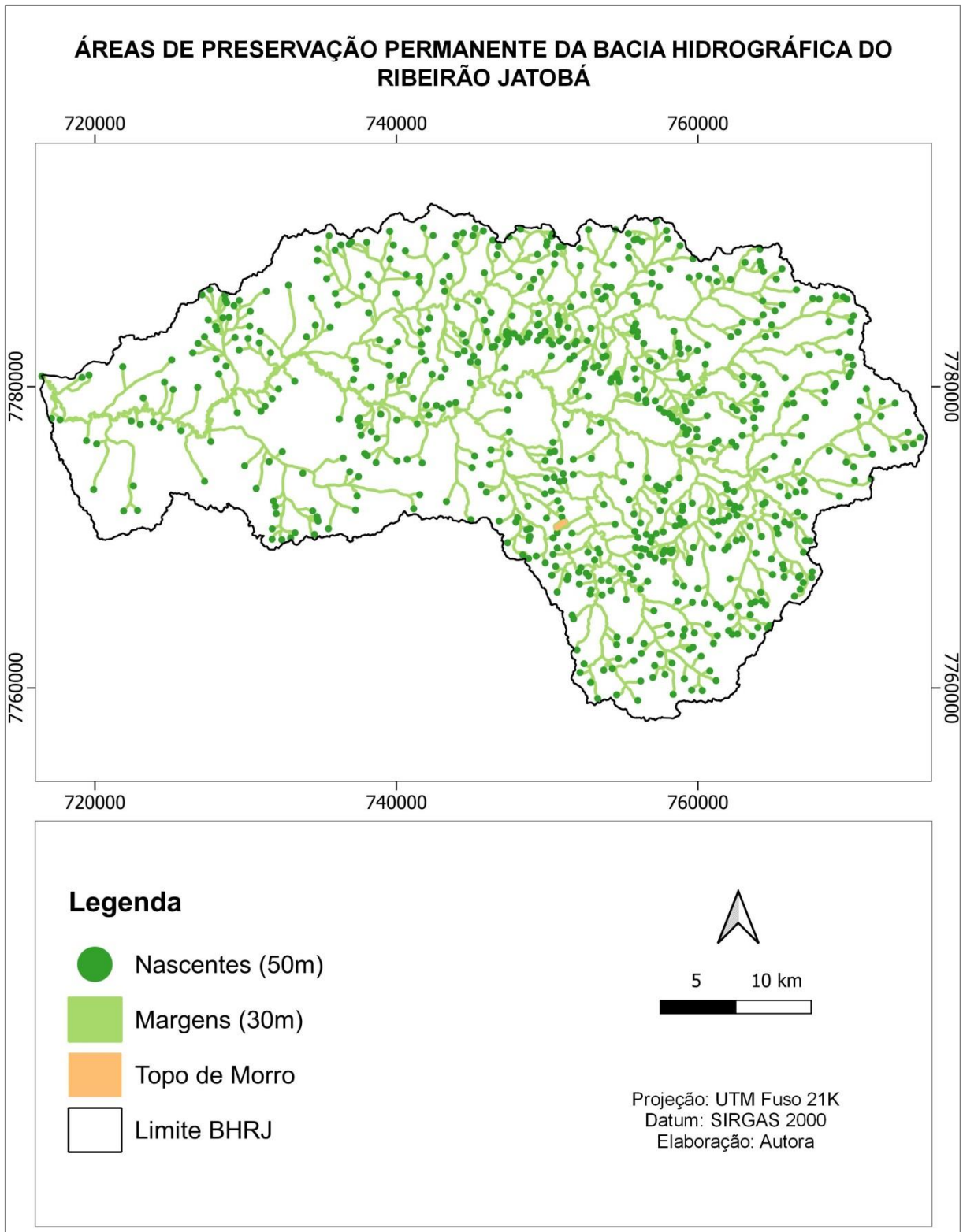
**Figura 13:** Precipitação da BHRJ.





As variáveis correspondentes às APPs foram reclassificadas de muito alta fragilidade, onde os *buffer* gerados receberam peso 5, conforme apresenta a Figura 14.

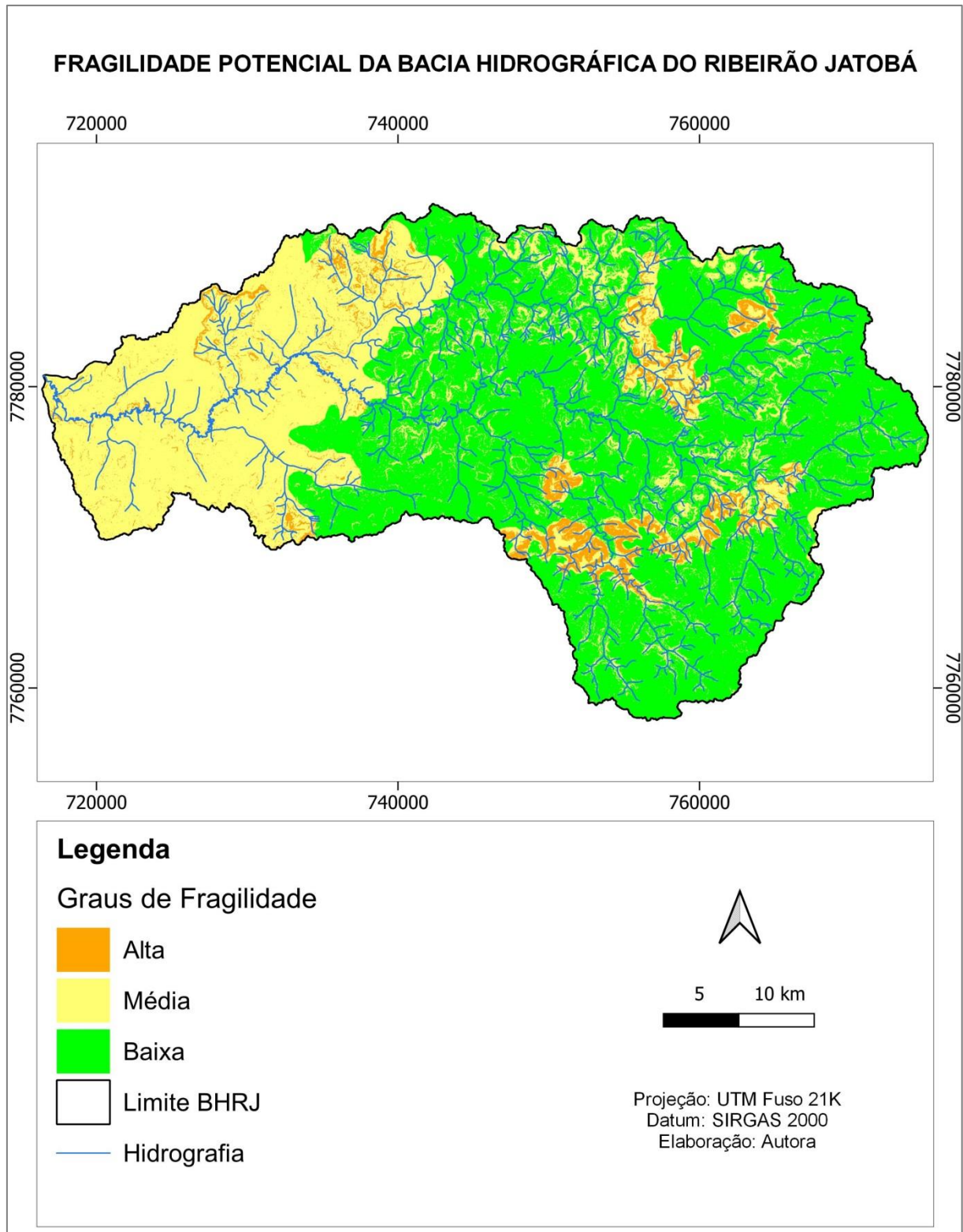
**Figura 14:** Áreas de Preservação Permanentes na BHRJ.



**Elaboração:** Autora

A partir da sobreposição das variáveis de solo, declividade e precipitação reclassificadas foi possível elaborar o mapa de Fragilidade Potencial (Figura 15).

**Figura 15:** Fragilidade Potencial da BHRJ.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

Conforme demonstra o mapa de Fragilidade Potencial (Figura 15) e as informações detalhadas na tabela 6, a maior porção da bacia com 646,7 km<sup>2</sup> correspondendo a 56,9% da área total obteve o grau de baixa fragilidade potencial, recebendo peso 2. Essas áreas, em grande parte, possuem declividade menor que 20%, com Latossolo Vermelho caracterizado em geral por ser profundo, maduro e possuir alta porosidade (EMBRAPA, 2014) que, de acordo com Ross (1994) apresenta vulnerabilidade “muito baixa”, que juntamente com a precipitação, naturalmente resultou em fragilidade baixa em maior área da bacia.

Em seguida, a classe de média fragilidade (peso 3), apresenta 413,1km<sup>2</sup> sendo 36,3% da área. Ocorrem em áreas com declividade acima de 20%, em solos Neossolos Litólicos, mas também em áreas de baixa declividade, associadas a Neossolos Quartzarênicos, com resultado semelhante ao encontrado no trabalho de Oliveira et al. (2019).

Com 76 km<sup>2</sup>, registrou-se a classe de alta fragilidade, o que corresponde a 6,6% da área. Sua ocorrência predomina em áreas que apresentam declividade de 20% e acima de 30%, associadas a Neossolos Litólicos e Quartzarênicos.

A Tabela 6 apresenta a quantificação em quilômetros e porcentagem (%) das áreas de fragilidade potencial.

**Tabela 6:** Relação entre os graus de fragilidade potencial e a Área da Bacia.

Graus de Fragilidade	Peso	Área km <sup>2</sup>	Área %
Baixa	2	646,776	56,936
Média	3	413,113	36,367
Alta	4	76,074	6,697
<b>Total</b>	-	1135,963	100

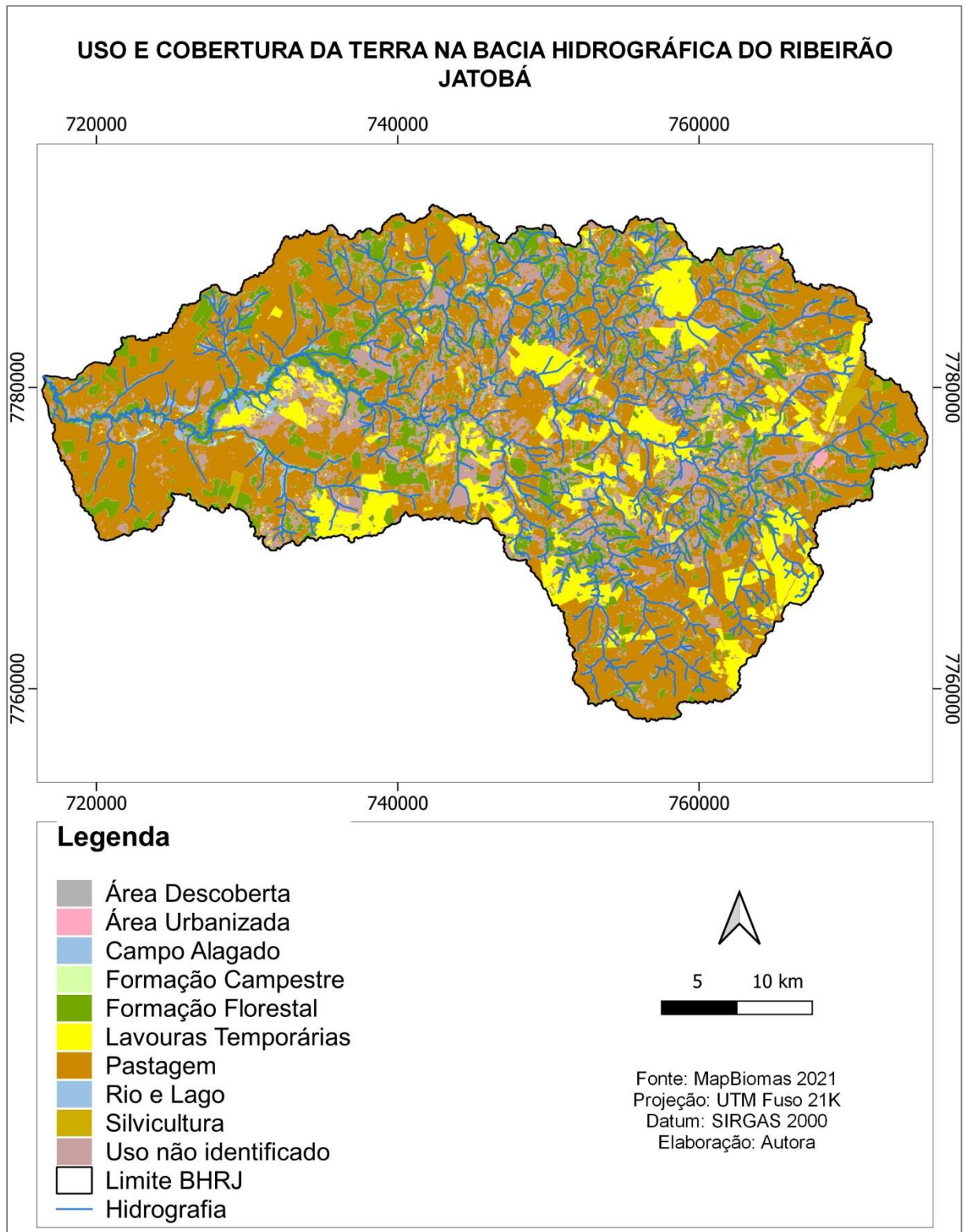
**Fonte:** Elaborado pela Autora

Embora a fragilidade potencial da BHRJ apresenta mais de 56,% da sua área na categoria de baixa fragilidade, a ocorrências de Neossolos, associados às zonas de transição geomorfológica onde se registra maiores declividades com a ocorrência de chuvas concentradas, acende um sinal de alerta em termos da ocorrência de processos erosivos. Nesse sentido, evidencia-se que 6,6% da área é classificada como de fragilidade potencial alta sendo que alguns estudos indicam que áreas que apresentam potencial natural de elevadas fragilidades, quando considerado o uso da terra, sua fragilidade consequentemente aumenta (BACANI et al., 2015).

## 5.2 Uso e Ocupação da Terra

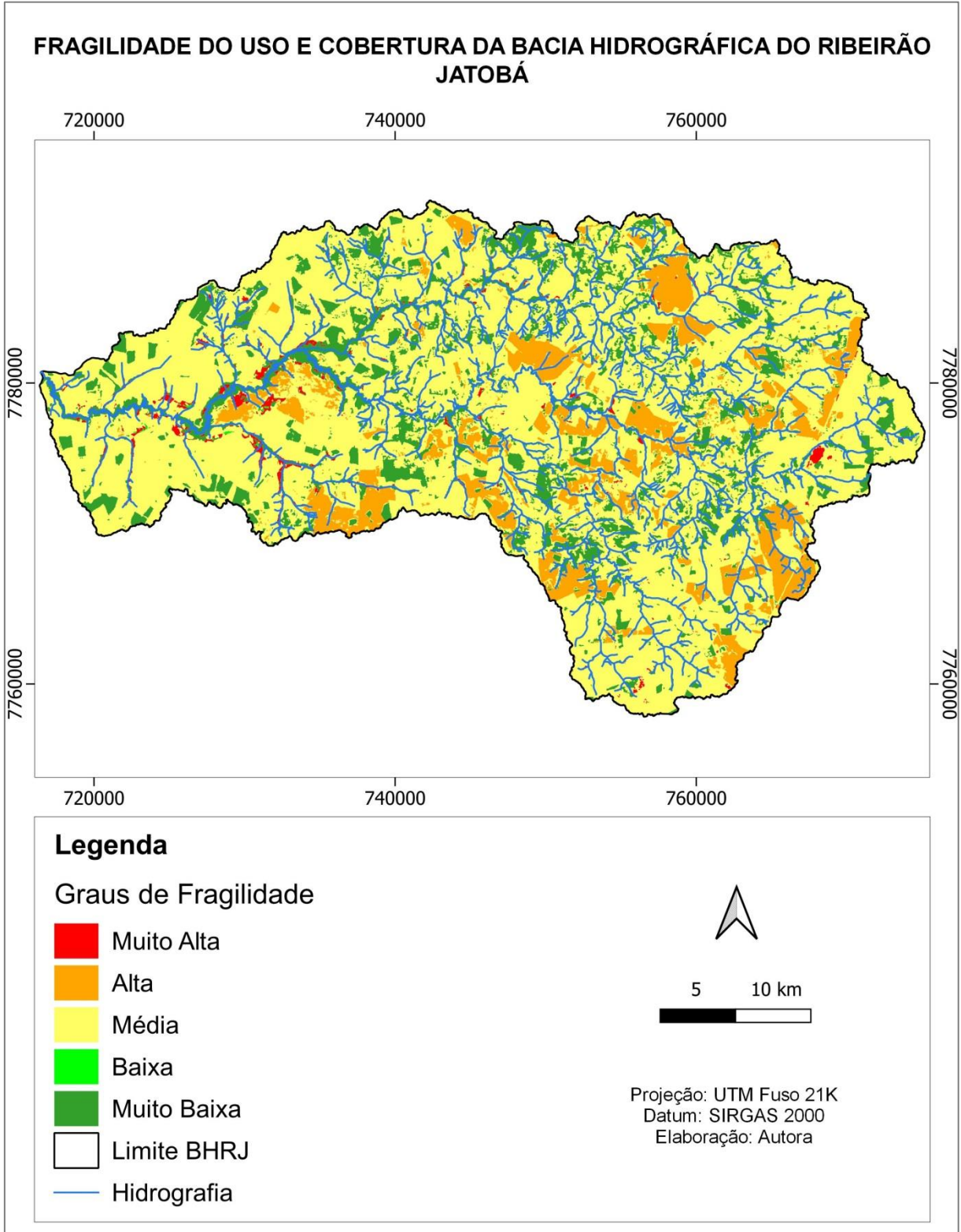
A Figura 16 apresenta a distribuição espacial das classes de uso e cobertura da terra na BHRJ para o ano de 2021 conforme MapBiomas.

**Figura 16:** Uso e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá ano 2021.



O mapa de fragilidade de uso e cobertura da terra conforme apresentado na Figura 17.

**Figura 17:** Fragilidade do Uso e cobertura da Terra na BHRJ-2021.



A Tabela 7 apresenta a quantificação em quilômetros (km) e porcentagem (%) das áreas de fragilidade uso e cobertura da terra.

**Tabela 7:** Classes de fragilidade do uso da terra na BHRJ.

<b>Classes de Uso</b>	<b>Peso</b>	<b>Area ( km<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (%)</b>
Formação Florestal	1	216,236	19,035
Formação Campestre	2	0,587	0,052
Silvicultura	3	6,778	0,597
Rio e Lago	5	0,614	0,054
Pastagem	3	523,395	46,075
Uso não identificado	3	234,627	20,654
Área Descoberta	5	1,212	0,107
Campo Alagado	5	18,151	1,598
Lavouras Temporárias	4	133,486	11,751
Área Urbanizada	5	0,877	0,077
<b>Total</b>	-	1.135,963	100%

**Fonte:** Elaborado pela autora

Na BHRJ o uso e cobertura da terra predominante foi o de pastagem ocupando 46% da área sendo classificada de média fragilidade, juntamente com os uso não identificado (20%) e silvicultura (0,5%). Em seguida, a formação florestal ocupa 19% da área da bacia com fragilidade muito baixa. As lavouras temporárias aparecem ocupando uma área com valor significativo de 11% com fragilidade alta. Esses resultados irão compor o mapa de fragilidade ambiental emergente e serão importantes no resultado final da análise.

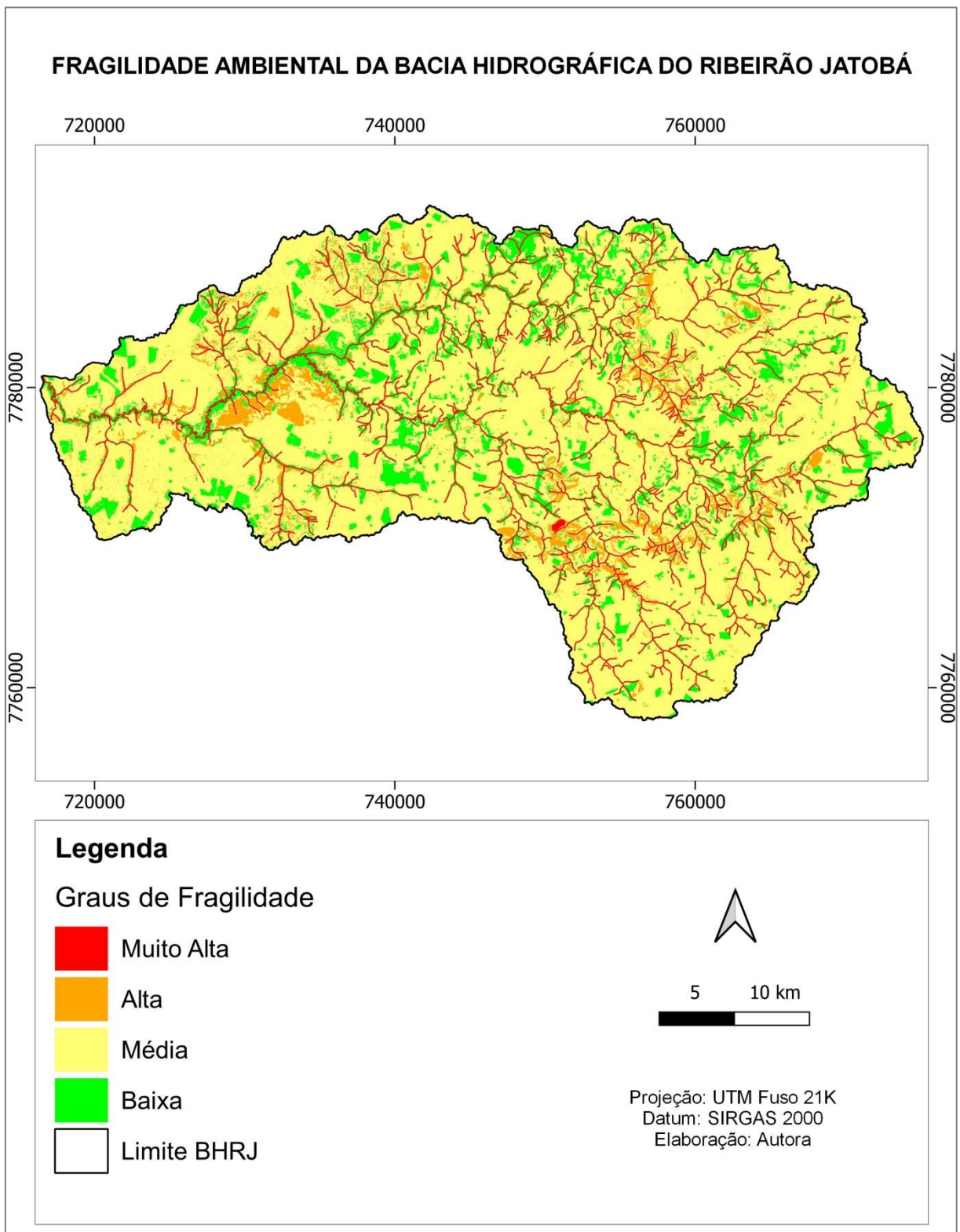
### 5.3 Fragilidade Ambiental (Emergente)

As áreas com fragilidade potencial elevada naturalmente apresentam solos com alta fragilidade, declividade acentuada e também áreas de APPs. Devido a essas características naturais agregado a atividades de uso da terra com retirada da vegetação para implementar pastagem plantada ou lavouras sem manejo adequado podem resultar em processos erosivos.

Assim as informações de cobertura vegetal e uso da terra são importantes para análise da fragilidade ambiental, pois as classes de uso predominante da bacia influencia no resultado final.

Então a partir dos resultados da fragilidade potencial (Figura 15) e da fragilidade da cobertura e uso da terra (Figura 17) pode-se elaborar o mapa da fragilidade ambiental, com a sobreposição da variável APP ao final do processo. Dessa integração de dados resultou no mapa conforme a Figura 18.

**Figura 18:** Fragilidade Ambiental da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Jatobá.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

A Tabela 8 apresenta a quantificação em quilômetros (km) e porcentagem (%) das áreas de fragilidade ambiental.

**Tabela 8:** Relação entre os graus de Fragilidade Ambiental na Bacia.

<b>Graus de Fragilidade</b>	<b>Peso</b>	<b>Área Km<sup>2</sup></b>	<b>Área %</b>
Baixa	2	150,020	13,206
Média	3	842,756	74,189
Alta	4	70,623	6,217
Muito Alta	5	72,564	6,388
<b>Total</b>	-	1135,963	100

**Fonte:** Elaborado pela Autora.

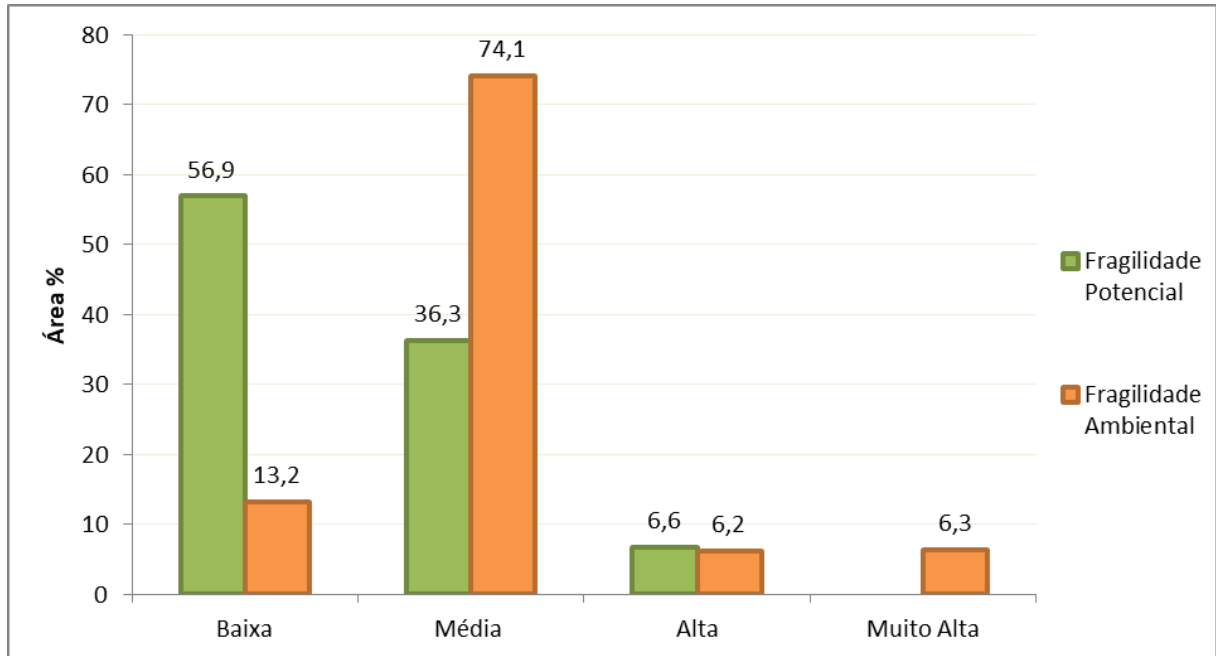
Conforme a tabela 8 percebe-se que 74,1 % da bacia obteve a fragilidade Ambiental Média (3). A ocorrência desta classe encontra-se associada a presença de áreas de pastagem, uso não identificado e Silvicultura, em consonância com declividade abaixo de 20%. Mesmo localizando-se em áreas de menor declividade, a pastagem representa a maior área com de “média” fragilidade (46%) devido ao baixo nível de proteção que esta oferece ao solo. Resultados equivalentes a esses também foram constatados por Abrão e Bacani (2018).

A classe de fragilidade baixa (2) ocupa 13,2 % da BHRJ, e se distribui em locais onde se encontra Formação Florestal. Em seguida, a fragilidade ambiental Alta (4) foi mapeada em 6,2% da área de estudo, sua ocorrência associa-se com áreas de altas declividades, solos frágeis, campo alagado e margens de curso d’água (APPs). A fragilidade muito alta (5) foi identificada em 6,3% da BHRJ, ocupando áreas de APPs, campo alagado, tanto em região de baixa e alta declividade, com uso predominante de pastagem e lavouras temporárias.

A relação da área ocupada entre as classes de Fragilidade Potencial com as de Fragilidade Ambiental são demonstradas na Figura 19. Conforme demonstrado o gráfico, a Fragilidade Potencial em sua maior área se apresentou Baixa enquanto que a Fragilidade Ambiental se apresentou em sua maior parte Média. Evidenciou-se que a ação das atividades antrópicas aumentaram de modo muito expressivo os níveis de fragilidade ambiental na BHRJ, sobretudo nas classes baixa, média e alta fragilidade. A classe baixa que representava 56,9% de área de fragilidade potencial, na fragilidade emergente reduziu para 13,2%. Já a classe média de fragilidade potencial que representava 36,3% de área se elevou para 74,1% na fragilidade emergente quando considerado o uso da terra. Porém não ocorreu o mesmo na classe alta, que de 6,6% da fragilidade potencial passou para 6,2% na fragilidade emergente.



**Figura 19:** Área ocupada por classe de fragilidade potencial e ambiental na BHRJ.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

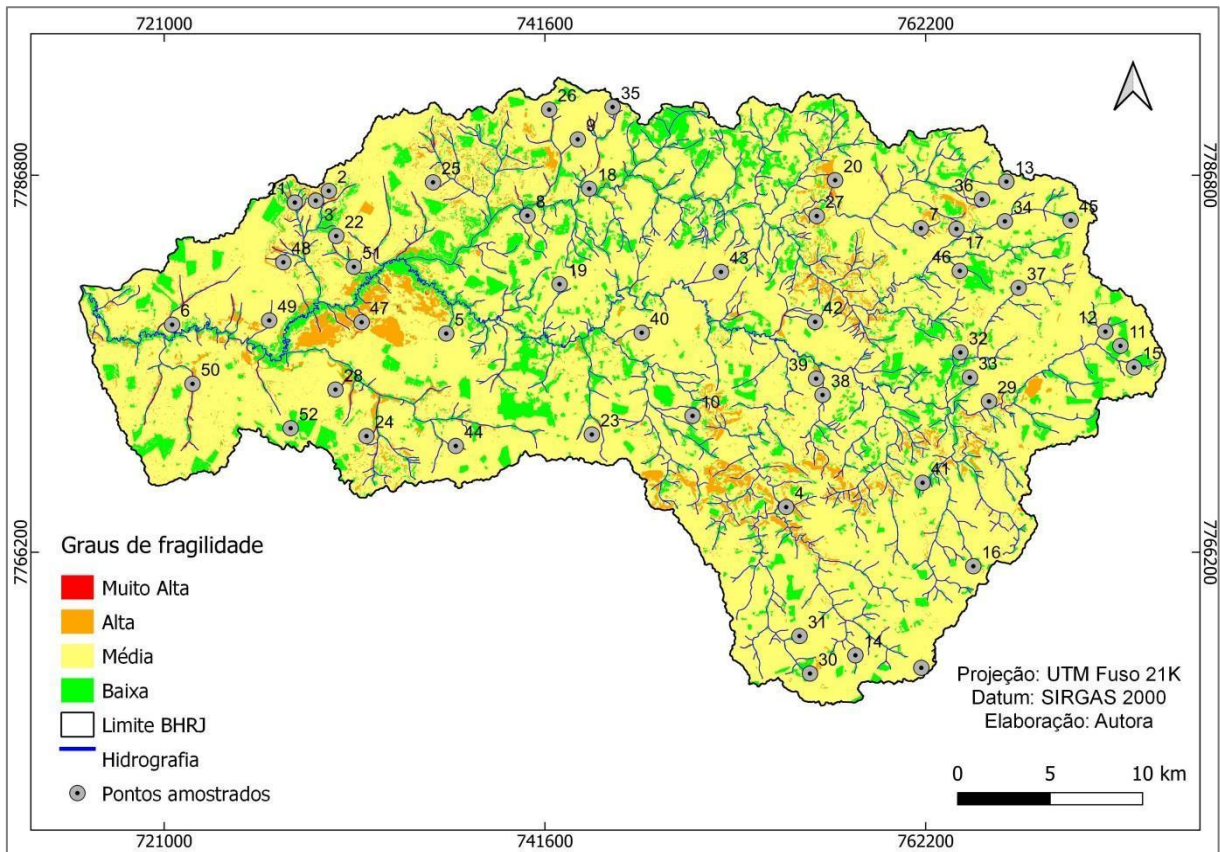
Esse resultado ocorre após agregar as informações de uso da terra levando em consideração os usos predominantes na bacia sendo que a pastagem que ocupa 46% da área e também o uso não identificado que corresponde 20% da área, ambas variáveis receberam fragilidade média no uso com peso 3, resultando no aumento da classe média de fragilidade ambiental. Já referente à classe alta fragilidade observa-se que naturalmente a bacia tem 6,6% da área quando incorpora o uso principalmente da pastagem resulta uma redução para 6,2% de fragilidade ambiental.

Levando em consideração a fragilidade ambiental muito alta observa-se o valor de 6,3% com a sobreposição da variável APP que possuem muito alta fragilidade somado com solo exposto e campo alagado permanecem com fragilidade muito alta.

#### **5.4 Validação do modelo de fragilidade ambiental**

Conforme o modelo de fragilidade ambiental gerado pode-se avaliar sua correspondência com os problemas ambientais identificados em campo a partir das análises dos pontos amostrados, especializados na figura 20.

**Figura 20:** Pontos amostrados no mapa de fragilidade ambiental.



**Fonte:** Elaborado pela autora.

Dos 52 pontos captados 42 estavam associados aos graus de fragilidade ambiental alta e muito alta, 5 a média e 5 a baixa fragilidade. Dentre os 42 pontos de elevada fragilidade, 28 correspondem a processos erosivos (Figura 13). Outros 10 pontos com fragilidade alta e muito alta são 5 em áreas de conflito de uso em APPs e 5 em áreas de campo alagado.

Os pontos de amostragem dos processos erosivos foram especializados nos diferentes tipos de solos presentes na bacia porém com maior ocorrência de erosão em Latossolo Vermelho seguida de Neossolo Quartzarênico onde o uso é pastagem e lavoura temporária. A análise de imagens do Google Earth Pro capturadas na bacia demonstram processos erosivos em alguns pontos.

A BHRJ possui potencial natural de baixa fragilidade porém o tipo de uso predominante resulta em fragilidade ambiental emergente média que requer atenção na relação dos modos de uso da terra com os recursos naturais, pois as práticas de manejo convencional, expõem o solo acelerando o processo erosivo (desagregação, transporte e deposição).

**Figura 21:** Processos erosivos na BHRJ.

**Fonte:** Google Earth Pro

Conforme as imagens dos pontos amostrados na BHRJ foi identificado nas áreas de pastagens trilhas formadas pelo pisoteio de animais, em direção aos cursos d'água para dessedentação, contribuindo para concentração de enxurrada, formando de sulcos, ravinas e voçorocas. Resultados parecidos foram identificados em estudos realizados por Capoane et al.(2021) na bacia do córrego Pombal afluente do ribeirão Jatobá.

O uso da terra com presença de Neossolos Quartzarênicos especialmente localizados nos fundos de vale dos rios, que conforme Bertoni e Lombardi Neto (2008) são solos de maior grau de fragilidade, em decorrência de seu baixo processo pedogenético, intensifica o processo erosivo verificado próximo a foz do ribeirão Jatobá.

A presença de Neossolo Quartzarênico e Neossolo Litólico eleva a fragilidade para e que favorece o surgimento de processos erosivos em situação de uso intensivo, e a alta declividade favorece a classificação com alta fragilidade em áreas com lavouras. Desta forma, essas áreas devem ser usadas com cautela, para que o grau de fragilidade não aumente, pois suas características físicas (declividade e solo) favorecem a ocorrência de processos erosivos (Manfré et al., 2013).

Nas APPs também foram identificados processos erosivos principalmente próximo às nascentes onde ocorrem uso da terra, para lavouras temporárias e pastagem. Apesar dos Latossolos Vermelhos serem considerados solos resistentes, o uso da terra de lavouras e pastagens podem alterar seu equilíbrio (GOUVEIA *et al.*, 2015).

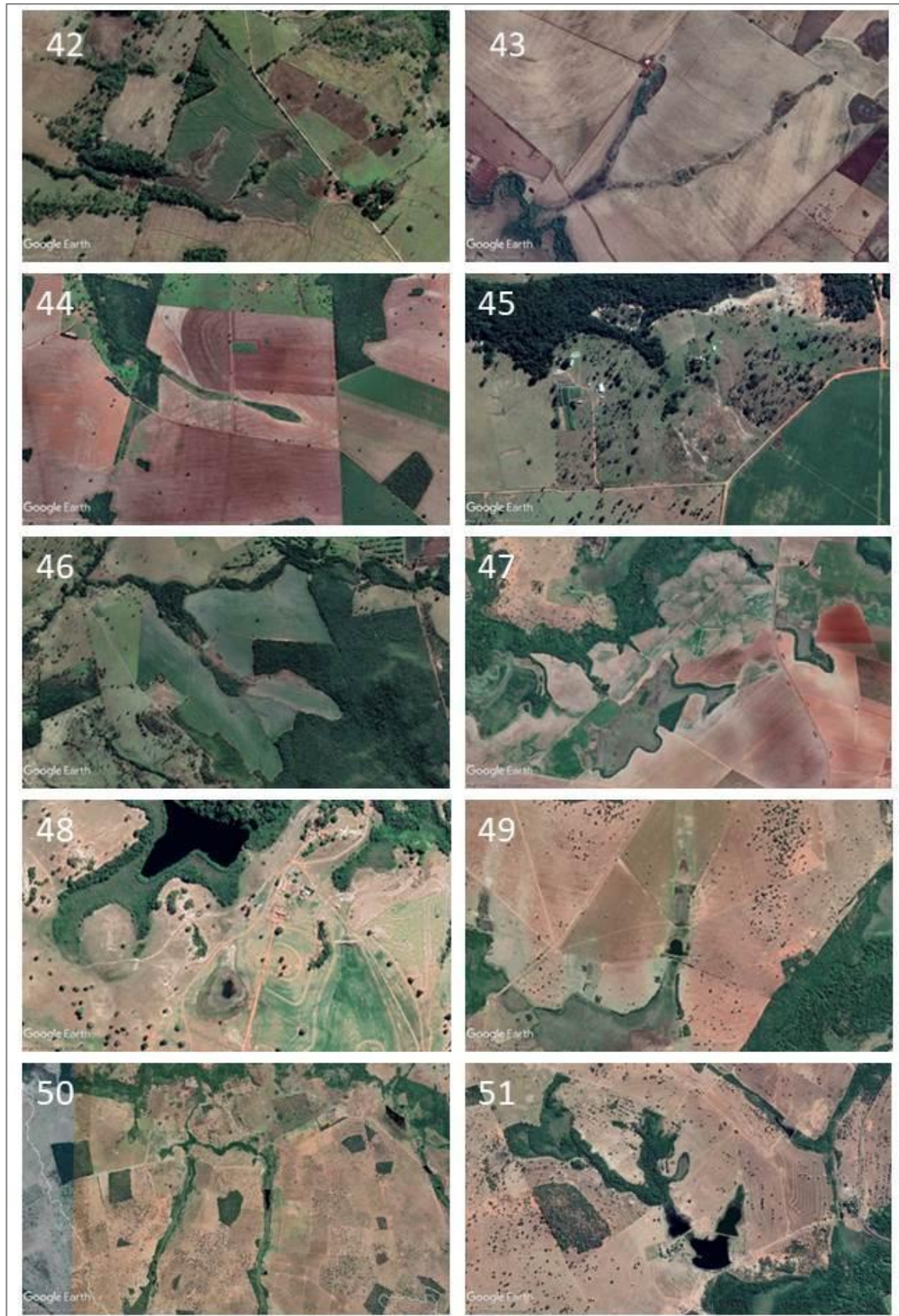
Conforme Gouveia et al. (2015) os Latossolos apresentam características físicas, químicas e biológicas que possibilitam a produção agrícola. Porém, para que essa fertilidade não seja exaurida no decorrer dos anos, torna-se necessária a adoção de técnicas de rotação de cultura e de plantio direto para a manutenção do solo.

Quanto aos conflitos de uso nesta bacia hidrográfica, verificou-se uso na modalidade lavouras temporárias e pastagem plantada em APP, e campo alagado, além de represamento de canais fluviais. Já as pastagens em áreas com Neossolos Quartzarênicos apresentam ocorrência de erosão laminar.

Através da espacialização da legislação ambiental com uso de geotecnologias, permitiu-se avaliar que o Código Florestal Brasileiro (BRASIL, 2012) na bacia hidrográfica, no qual áreas de proteção permanente da vegetação nativa vem sofrendo com desmatamentos para inserção de pastagem plantada e lavoura temporária.

Os outros 10 pontos com fragilidade alta e muito alta são 5 em áreas de conflito de uso em APPs e 5 em áreas de campo alagado, estão apresentados na Figura 14.

**Figura 22:** Áreas de conflito de uso em APPs e áreas de campo alagadas na BHRJ.



Fonte: Google Earth Pro.

Conforme a segunda atualização do Ministério do Meio Ambiente – MMA (BRASIL, 2018), a bacia em estudo possui área considerada de prioridade Extremamente Alta, localizada próxima a foz do Ribeirão Jatobá, onde deságua no rio Aquidauana, e onde se encontram os campos alagados. Essas áreas prioritárias indicam os locais onde a conservação, proteção e o uso devem ser sustentáveis, sendo esta uma variável relevante para a análise da fragilidade devido a sua importância para conservação.

O resultado da validação deste modelo demonstra que dos 42 pontos amostrados em área de alta e muito alta fragilidade 28 correspondem a processos erosivos, obtendo assim um percentual de 66% dos pontos analisados. Os demais pontos, 10 estão em áreas de conflito de uso em APPs e campo alagado que também são de alta e muito alta fragilidade ambiental. Dos 52 pontos, o modelo acertou 42, ou seja teve um percentual de acerto de 80,7%.

Constatou-se que as áreas mais frágeis próximas as APPs possuem maior número de locais (pontos) com erosão indicando uma correlação com os altos graus de fragilidade, onde o tipo de uso e cobertura do solo influencia na fragilidade juntamente com as condições naturais.

O modelo apresentado demonstrou vantagens na análise de fragilidade ambiental principalmente em áreas de APPs considerando também os campos alagados, podendo ser utilizado como ferramenta no planejamento ambiental sendo replicado em outras áreas de estudo. No entanto, apesar do resultado satisfatório, o modelo apresentou limitações quanto a não identificação de processos erosivos ou solos descobertos em meio a pastagem ou lavoura temporária, essa falha ocorreu possivelmente devido à resolução espacial dos dados utilizados.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da fragilidade ambiental utilizando adaptação metodológica das propostas de Ross (1994) a partir de dados públicos atendeu aos objetivos propostos, sobretudo com a utilização das áreas de preservação permanente (APPs) como variáveis no estudo, onde as geotecnologias foram eficientes na avaliação das condições ambiental da BHRJ. Baseado nos resultados da análise realizada pode-se concluir que:

- A bacia BHRJ apresenta 56,9% da sua área com grau de fragilidade potencial baixa;
- As áreas classificadas com média fragilidade ambiental predominam em 74% da bacia, relacionada usos da terra que prevalece (pastagem);
- A fragilidade ambiental alta (6,2%) e muito alta (6,3%) requer atenção por compor áreas com declividade acentuada, solos frágeis, campo alagado e em áreas de PPs;
- Os processos erosivos ocorrentes na bacia estão relacionados ao tipo de uso da terra em áreas potencialmente frágeis.

As principais propostas de diretrizes para ordenamento territorial para a BHRJ foram:

- Recuperação das áreas com processos erosivos lineares e em processo de arenização, a restauração das APPs, principalmente às de nascentes;
- Recuperar as áreas de uso ilegal através do apoio governamental, por meio do fornecimento de mudas nativas aos proprietários rurais para o reflorestamento das áreas ocupadas ilegalmente;
- Incluir os remanescentes florestais às áreas de preservação permanente, visto que o Código Florestal Brasileiro prevê esta possibilidade de inclusão para remanescentes florestais de grande importância para a redução do potencial erosivo (Brasil, 2012a, art. 67);
- Desenvolver estratégias governamentais com incentivo financeiro para promoção de restauração ambiental a partir de programas e projetos de conservação.

## 7. REFERÊNCIAS

ABRÃO, Cleiton Messias Rodrigues; BACANI, Vitor Matheus. Diagnóstico da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Santo Antônio, MS: subsídio ao zoneamento ambiental. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 38, n. 3, p. 619-645, 2018.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê editorial, 2003.

ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ANJINHO, Phelipe da Silva *et al.* *Environmental fragility analysis in reservoir drainage basin land use planning: A Brazilian basin case study*. **Land Use Policy**, v. 100, p. 104946, 2021.

AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos: 1-332. **Bertrand Brasil, Rio de Janeiro**, 1996.

BACANI, Vitor Matheus *et al.* Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Mercator (Fortaleza)**, v. 14, p. 119-135, 2015.

BATTAGLIA, Alessandro *et al.* Spaceborne cloud and precipitation radars: Status, challenges, and ways forward. **Reviews of Geophysics**, v. 58, n. 3, p. e2019RG000686, 2020

BERTRAND, Georges. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. Tradução Olga Cruz–Caderno de Ciências da Terra. **Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, nº13**, 1972.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo**, 7ª Edição, Editora ícone. São Paulo, SP, 2008.

BRASIL Código Florestal Brasileiro. Lei 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, **Diário Oficial da União**, 2012.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos. 1997.

BREUNIG, Fábio Marcelo *et al.* Reflexões Sobre as Geotecnologias no Contexto da Geografia do Brasil. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 46, n. 2, p. 185-198, 2019.

CAMPOS, Jasmine A. *et al.* *Environmental fragility and vegetation cover dynamics in the Lapa Grande State Park, MG, Brazil*. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, 2019.



- CAPOANE, Viviane *et al.* Caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do Córrego Pombal e avaliação do potencial geoturístico da comunidade quilombola Furnas do Dionísio, Jaraguari–MS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 01, p. 068-091, 2022.
- CARVALHO, Andreza Tacyana Felix. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, v. 1, n. 42, p. 140-161, 2020.
- COLEÇÃO, MapBiomias. da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso do Solo do Brasil. 2022. 7.
- CHEN, Haonan *et al.* Rainfall estimation from ground radar and TRMM precipitation radar using hybrid deep neural networks. **Geophysical Research Letters**, v. 46, n. 17-18, p. 10669-10678, 2019.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de sistemas ambientais**. Editora Blucher, 1999.
- CREPANI, Edison et al. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos: Inpe, 2001.
- DA SILVA, Dionatan Miranda; LEITE, Emerson Figueiredo. Abordagem sistêmica e os estudos da paisagem. **Revista Pantaneira**, v. 18, p. 14-29, 2020.
- DE OLIVEIRA, Ademir Kleber Morbeck *et al.* Análise multitemporal do sul do município de São Gabriel do Oeste, Mato Grosso do Sul, região das nascentes do rio aquidauana, frente às atividades antrópicas e suas consequência. **Caderno de Geografia**, v. 32, n. 68, p. 247-247, 2022.
- DOS SANTOS DA SILVA, Edson Rodrigo et al. Geotecnologías aplicadas al análisis de la fragilidad ambiental a los procesos erosivos. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v. 31, n. 1, p. 222-240, 2022.
- DO SUL, Mato Grosso. **Macrozoneamento Geoambiental do Estado de Mato Grosso do Sul**. SEPLAN-MS: IBGE, 1989.
- DE RECURSOS NATURAIS, IBGE Coordenação; AMBIENTAIS, Estudos. Manual técnico de geomorfologia. Ed. Rio de Janeiro, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 353 p. 3 ed. Brasília, 2013.
- EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5.ed. Brasília, 2018. 353p.

NASA. *EARTH DATA*. *Open access for open Science*. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/>. Acesso em: 10ago2021.

FBDS- FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Mapeamento em Alta Resolução dos Biomas Brasileiros.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo; Oficina de Textos, 2002.

GEE. *Google Earth Engine*. Disponível em: <https://cade.earthengine.google.com>. Acesso em: 10nov2021

GOUVEIA, Rogerio GL *et al.* Análise da fragilidade ambiental na bacia do rio Queima-Pé, Tangará da Serra, MT. **Pesquisas em Geociências**, v. 42, n. 2, p. 131-140, 2015.

GOUVEIA, Isabel Cristina Moroz-Caccia; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Fragilidade Ambiental: uma proposta de aplicação de Geomorphons para a variável relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 37, p. 123-136, 2019.

BDIA, IBGE. banco de dados de informações ambientais. Rio de Janeiro, 2019.

IBGE, R. Manual técnico da vegetação brasileira. 2012.

IBGE. Manuais técnicos em geociências número 7. Manual técnico de uso da terra. 2013.

IBGE. **Cidades**. 2020a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24jan2021.

JOIA, Paulo Roberto; ANUNCIACÃO, Vicentina Socorro da; PAIXÃO, Alfredo Aguirre da. Implicações do uso e ocupação do solo para o planejamento e gestão ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Aquidauana, Mato Grosso do Sul. **Interações (Campo Grande)**, v. 19, p. 343-358, 2018.

LIMA, Angelo José Rodrigues; NERY, Jonas Teixeira. Revisitando o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão e a governança das águas. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 726-738, 2017.

LONGLEY, Paul A. *et al.* **Sistemas e ciência da informação geográfica**. Bookman Editora, 2009.

MANFRÉ, Luiz Augusto *et al.* Environmental fragility evaluation and guidelines for environmental zoning: a study case on Ibiuna (the Southeastern Brazilian region). **Environmental Earth Sciences**, v. 69, p. 947-957, 2013.

MAPBIOMAS, Projeto. Série anual de mapas de cobertura e uso de solo do Brasil. 2019.

MATO GROSSO DO SUL. Instituto do Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul/IMASUL. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica (PRHBH) do Rio Miranda. Campo Grande: IMASUL, 2014.

MMA-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2ª Atualização das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade 2018.

MMA-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. 2004.

PARANHOS, A. C. *et al.* Geotecnologias para aplicações ambientais. **UNiedusul**. 394p, 2021.

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. **Open Source Geospatial Foundation Project**, 2022. Available online: <https://www.qgis.org/en/site/>

RIBEIRO, Delony de Queiroz. **Análise da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio dos Cachorros, São Luís - MA**. 2022. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2022.

RODRIGUES, Lidiane Perbelin; LEITE, Emerson Figueiredo. Dinâmica do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Aquidauana, MS. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 6817-6825, 2017.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005.

ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. de SM. Geomorfologia aplicada ao planejamento ambiental territorial: potencialidades e fragilidades *in*: MAGNONI JÚNIOR. **Redução do risco de desastres e a resiliência no meio rural e urbano**, Centro Paula Souza, São Paulo, p. 58-77, 2017.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches . **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990. 88p.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, Jurandy Luciano Sanches. *Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities*. **Revista do Departamento de Geografia**, p. 38-51, 2012.

SANTOS, HG dos *et al.* Embrapa: Sistema brasileiro de classificação de solos. 2018.

SANTOS, Jeane Reis dos. Recursos hídricos no Cerrado brasileiro: importância e contribuições da educação ambiental na preservação e no manejo sustentável. 2012.

SEBRAE/MS.2021. Desenvolvimento Econômico Territorial. Jaraguari. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/MS/Anexos/Mapa%20Oportunidades/Jaraguari.pdf>. Acesso em: 20ago2021

SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E COORDENAÇÃO GERAL (SEPLAN-MS). Atlas Multirreferencial do Estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, MS: SEPLAN/IBGE, 1990.

SEMAGRO. Secretaria do Estado de Meio Ambiente, Desenvolvimento Econômico, Produção e Agricultura Familiar. Banco de Dados do Estado. Disponível em: <http://bdeweb.semagro.ms.gov.br/bdeweb>. Acesso Em: 20set2021

SIMENSEN, Trond; HALVORSEN, Rune; ERIKSTAD, Lars. Methods for landscape characterisation and mapping: A systematic review. **Land use policy**, v. 75, p. 557-569, 2018.

SPÖRL, Christiane; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP-Espaço e Tempo**, v. 15, p. 39-49, 2004.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria Técnica, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, 1977.

TUCCI, Carlos EM. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. **Col. ABRH de Recursos Hídricos**, v. 4, 1997.

VIEIRA, Bianca Carvalho; MARTINS, Tiago D. Modelos em geografia física: conceitos e aplicações na previsão de escorregamentos. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 1, p. 194-206, 2016.

WU, Jianguo. Linking landscape, land system and design approaches to achieve sustainability. **Journal of Land Use Science**, v. 14, n. 2, p. 173-189, 2019.