

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Mônica de Souza

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO DOS CAVALOS NO MUNICÍPIO DE ITAPETININGA-SP**

Sorocaba

2023

Mônica de Souza

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO DOS CAVALOS NO MUNICÍPIO DE ITAPETININGA-SP**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Geografia para
obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientação: Prof. Dr. Emerson Martins
Arruda

Coorientação: Prof.^a Dr.^a Vanessa Cezar
Simonetti

Sorocaba
2023

[VERSO DA FOLHA DE ROSTO]

Modelo de ficha catalográfica

Ficha Catalográfica — Biblioteca Campus Sorocaba - B-So UFSCar



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Humanas e Biológicas
Programa de Pós-Graduação em Geografia

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Mônica de Souza, realizada em 08/03/2023.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Emerson Martins Arruda (UFSCar)

Prof. Dr. Daniel Luis Garrido Monaro (UNIMEP)

Prof. Dr. Erminio Fernandes (UFSCar)

Documento assinado digitalmente

ERMINIO FERNANDES

Data: 12/04/2023 11:48:43-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Dedico este trabalho às pessoas que, em algum momento da minha vida contribuíram para o meu caminho, ao meu aperfeiçoamento e crescimento intelectual, em especial, a Ana Carolina, por me apoiar nos momentos difíceis e proporcionar uma jornada mais leve.

AGRADECIMENTO

Essa dissertação de mestrado não teria se concretizado sem a participação de inúmeras pessoas que sempre estiveram presentes durante toda a minha jornada acadêmica. Dizer que este trabalho é individual, seria um equívoco, pois ele é fruto do incentivo, paciência e persistência de várias pessoas.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por guiar meus passos, me dar saúde e sabedoria para vencer todos os obstáculos.

À minha família, seja aquela que possuo laços de sangue como também aquela que escolhi para a vida, agradeço por todo o apoio e por me darem forças quando eu acreditava que já não as tinha.

Agradeço a Ana Carolina, por ser um farol em meio a tempestade, por me levantar em vários momentos e mostrar que o caminho acadêmico é um caminho que vale a pena ser trilhado.

A minha amiga Liliane, por me socorrer em vários momentos, pela positividade e apoio.

Ao meu orientador, professor Dr. Emerson Martins Arruda, agradeço o apoio desde o início dessa jornada, a atenção, paciência, pela disponibilidade para as coletas de campo e as inúmeras dúvidas que surgiram ao longo desse tempo.

A minha coorientadora, professora Dr.^a Vanessa Cezar Simonetti, por aceitar participar dessa nova jornada, por sua atenção e parceria.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, a todos os professores que contribuíram ao longo desses anos e que permitiram que eu obtivesse uma nova visão da Geografia e aos meus amigos de turma, pelo apoio mútuo, pelos momentos de risos, amizade e troca de conhecimento.

Aos professores membros da banca, agradeço o tempo e por contribuírem com valiosas sugestões e ensinamentos.

Gostaria de expressar minha gratidão a todos os funcionários e colaboradores das instituições que forneceram suporte e recursos para a realização de todas as pesquisas acadêmicas. Sem o apoio e disponibilidade, a pesquisa no Brasil seria muito mais difícil.

A todos vocês, meus sinceros agradecimentos. Sem a ajuda e o apoio de todos, essa dissertação não teria sido possível.

“A menos que modifiquemos à nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”

Albert Einstein

RESUMO

SOUZA, Mônica de. Análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos no município de Itapetininga-SP. 2023. Dissertação Mestrado em Geografia – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2023.

As pesquisas ambientais são fundamentais para entender a paisagem e promover uma análise integrada do ambiente. Embora inúmeras técnicas e abordagens tenham sido aperfeiçoadas, a compreensão da paisagem como um sistema dinâmico continua inspirando pesquisas. O aumento descontrolado da população mundial tem impactos que prejudicam o equilíbrio ecossistêmico, principalmente em relação à qualidade da água em bacias hidrográficas. A falta de estudos que relacionem o uso da terra e dos recursos hídricos com as regiões urbanas ativas impede a implementação de medidas de gestão eficazes. Com o objetivo de auxiliar no planejamento territorial e manejo da bacia hidrográfica, este estudo buscou elaborar dados espaciais que evidenciem a fragilidade ambiental e os conflitos de uso da terra.

O estudo realizado foi desenvolvido na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, localizada no município de Itapetininga, através de técnicas de geoprocessamento onde foram avaliados dados geomorfológicos e de uso e ocupação da terra, identificando conflitos decorrentes de sua utilização, bem como a fragilidade ambiental e alteração da qualidade da água.

Através desta análise, foi possível elaborar uma visão síntese da bacia, objetivando a conservação e recuperação, bem como o fornecimento de dados primários para uma possível identificação das áreas prioritárias no planejamento territorial, visto que esta área não possui estudos relativos à sua fragilidade.

Palavras-chave: Planejamento Territorial. Uso da terra. Bacia Hidrográfica.

Geoprocessamento

ABSTRACT

Environmental research is essential to understanding the landscape and promoting an integrated analysis of the environment. Although numerous techniques and approaches have been refined, the understanding of the landscape as a dynamic system continues to inspire research. The uncontrolled increase in the world population has impacts that harm the ecosystem balance, especially regarding water quality in watersheds. The lack of studies that relate land use and water resources with active urban regions hinders the implementation of effective management measures. With the aim of assisting in territorial planning and watershed management, this study sought to develop spatial data that demonstrate environmental fragility and land use conflicts.

The study was developed in the Ribeirão dos Cavalos watershed, located in the municipality of Itapetininga, through geoprocessing techniques where geomorphological and land use and occupation data were evaluated, identifying conflicts arising from their use, as well as environmental fragility and water quality alteration.

Through this analysis, it was possible to develop a synthesis vision of the watershed, aiming for conservation and recovery, as well as providing primary data for a possible identification of priority areas in territorial planning, since this area does not have studies related to its fragility.

Keywords: Territorial Planning. Land use. Watershed. Geoprocessing

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs) do Estado de São Paulo.....	23
Figura 2 - Sistema de uma bacia hidrográfica e seus cursos d'água.....	24
Figura 3 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos.....	32
Figura 4 - Mapa de Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos....	35
Figura 5 – Mapa Pedológico da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.....	37
Figura 6 – Mapa da Distribuição dos pontos amostrais de água da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.....	48
Figura 7 - Pontos amostrais de água da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.....	49
Figura 8 - Mapa Geológico da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.....	53
Figura 9 – Encosta da Sub-bacia Ribeirão Ponte Alta.....	56
Figura 10 - Mapa Hipsométrico da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos....	57
Figura 11 - Mapa da Declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos...	59
Figura 12 – Trecho fluvial da Sub-bacia do Ribeirão do Taboãozinho.....	61
Figura 13 – Cultivo de lavoura temporária – Sub-bacia Ribeirão Ponte Alta.....	61
Figura 14 – Mapa do Índice de concentração de rugosidade local e Perfis Topográficos I e II da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.....	63

Figura 15 - Perfil Topográfico I da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.....	65
Figura 16 – Perfil Topográfico II da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos....	65
Figura 17 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.....	67
Figura 18 – Imagem de satélite do fragmento de cultivo de citrus – Sub-bacia do Ribeirão da Quaresma.....	69
Figura 19 – Silvicultura de eucalipto – Sub-bacia do Ribeirão dos Cavalos.....	69
Figura 20 – Imagem de satélite do fragmento urbano da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.....	70
Figura 21 – Transbordo do Ribeirão dos Cavalos no ano de 2016 atingindo a Vila Maximo.....	71
Figura 22 – Ausência de APP – Sub-bacia do Ribeirão dos Cavalos.....	72
Figura 23 – Alagamento do bairro localizado próximo à Sub-bacia do Ribeirão dos Cavalos.....	72
Figura 24 – Alagamento no ano de 2020 da sub-bacia do Ribeirão do Taboãozinho, região da Vila Barth.....	73
Figura 25 – Ausência de APP – Sub-bacia do Ribeirão do Taboãozinho.....	74
Figura 26 – Descarte incorreto de resíduos - Sub-bacia do Ribeirão do Taboãozinho.....	75
Figura 27 – Descarte incorreto de resíduos - Sub-bacia do Ribeirão dos Cavalos.....	75
Figura 28 – Represamento – Sub-bacia do Ribeirão Ponte Alta.....	76

Figura 29 – Mapa da classificação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.....	81
Figura 30 – Cultivo de lavouras temporárias – Cabeceira da Sub-bacia do Ribeirão da Quaresma.....	83
Figura 31 – Pontos de erosão - Sub-bacia do Ribeirão da Quaresma.....	84
Figura 32 – Desassoreamento e Alargamento do Ribeirão dos Cavalos.....	85

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definição das classes de cobertura e uso da terra mapeada na imagem <i>Google Earth Pro 2020</i>	43
Quadro 2 – Quadro Síntese da análise da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de Impactos ambientais.....	28
Tabela 2 – Tipos de solo.....	38
Tabela 3 - Categorias hierárquicas das classes de declividades.....	40
Tabela 4 – Graus de fragilidade para a variável pedologia.....	45
Tabela 5 – Graus de fragilidade para a variável uso e ocupação da terra.....	45
Tabela 6 – Graus de fragilidade para a variável declividade.....	46
Tabela 7 – Graus de fragilidade para a variável geologia.....	46
Tabela 8 - Graus de fragilidade ambiental.....	47
Tabela 9 – Pontos amostrais.....	49
Tabela 10 - Classes de declividade.....	60
Tabela 11 – Índices de concentração de rugosidade local.....	64
Tabela 12 - Área ocupada pelos tipos de uso e ocupação da terra.....	68
Tabela 13 - Resultados dos parâmetros amostrais de coleta de água.....	77
Tabela 14 - Classes de fragilidade ambiental.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ALOS – Advanced Land Observing Satellite

APP – Área de preservação permanente

CBH - Comitê de Bacias Hidrográficas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICR – Índice de Concentração de Rugosidade

ICR_i – Índice de Concentração de Rugosidade Local

km² - quilômetro quadrado

LV - Latossolos Vermelhos

MDE – Modelo digital de elevação

ml – Mililitro

OD – Oxigênio Dissolvido

PALSAR – Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar

PBH - Plano de Bacia Hidrográfica

PDM – Plano Diretor Municipal

PGB – Programa Geologia do Brasil

PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos

PVA – Argissolos Vermelho-Amarelos

SIG – Sistema de informação geográfica

SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SIGRH – Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo

TOA – Refletância do topo da atmosfera

UGRHI – Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos

ZEE – Zoneamento Ecológico-Econômico

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE QUADROS	14
LISTA DE TABELAS	15
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	16
1 INTRODUÇÃO	19
2 OBJETIVOS	21
2.1 Objetivo geral.....	21
2.2 Objetivos específicos.....	21
3 REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1 A problemática da gestão de recursos hídricos	21
3.2 A análise da paisagem nos estudos territoriais/ municipais	26
3.3 Conceitos e abordagens nas pesquisas sobre impactos ambientais	28
3.4 Fragilidade Ambiental e metodologias de análise espacial	30
4. MATERIAIS E MÉTODOS	31
4.1 Localização e caracterização da área de estudo.....	33
4.2 Procedimentos metodológicos	38
4.2.1 Revisão bibliográfica	38
4.2.2 Análise Geomorfológica da área de estudo	38
4.2.3 Análise ambiental da área de estudo	41
4.2.4 Classificação de fragilidade ambiental	44
4.2.5 Análise da qualidade da Água	47
4.2.6 Ensaio analítico físico-químico da água em campo.....	50
4.2.7 Trabalho de campo.....	51

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
5.1 Caracterização Geomorfológica da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos	51
5.2 Análise ambiental e uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos	66
5.3 Aplicação do indicador de fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos	80
6 CONCLUSÃO	87
REFERÊNCIAS	89

1 INTRODUÇÃO

As pesquisas ambientais constituem importante processo de compreensão da paisagem de uma determinada área, consolidando cada vez mais uma análise integrada daquele ambiente. Diversas técnicas e abordagens têm sido aperfeiçoadas pelo mundo acadêmico nas últimas décadas, mas basicamente a perspectiva da necessidade de compreensão da paisagem como um sistema dinâmico, continua inspirando diversas pesquisas sobre o tema. O projeto aqui apresentado é norteado por essa abordagem agrega elementos e processos associados à ocupação das bacias hidrográficas, tanto rurais quanto urbanas, e a pressão a que as mesmas vêm sendo submetidas frente às diferentes atividades nelas aplicadas.

O aumento da população global nos últimos anos sem planejamento adequado das cidades trouxe à tona dúvidas sobre a capacidade regenerativa do planeta e sobre o seu uso e ocupação (GARCIA; AUGUSTIN; CASAGRANDE, 2020).

Aproximadamente, 70% da população mundial vive em centros urbanos. O êxodo rural no mundo, em função da sua intensidade, acarretou impactos ambientais que afetaram tanto os ecossistemas naturais como a própria população urbana (BATHRELLOS, 2007). Impactos esses que provocam a diminuição da cobertura vegetal e ocasionam a impermeabilização do solo (ALVES; FORMIGA, 2019; HOLANDA; SOARES, 2019).

As ações antrópicas comprometem o equilíbrio ecossistêmico, como as ocupações territoriais da população em áreas irregulares para a construção de edificações que provocam o aumento de processos erosivos e de movimentação de massas que geram impactos sobre as pessoas e também sobre as infraestruturas de coleta de água, bem como seus cursos, contribuindo para o assoreamento (THORNBUSH, 2015; SANTOS; RUFINO; FILHO, 2017). Tais cenários indicam que a questão ambiental e dos vários tipos de planejamentos territoriais não recebem a atenção devida.

Com base nas condições de paisagem e nas características naturais da região, a análise ambiental e o planejamento territorial levam em consideração informações como pedologia, declividade, intensidade pluviométrica, erodibilidade, cobertura vegetal e uso da terra, de modo a viabilizar um real gerenciamento ambiental (BOJÓRQUEZ-TAPIA; CRUZ-BELLO; LUNA-GONZÁLEZ, 2013; PRADO; NOVO, 2015). A utilização de ferramentas de geotecnologia, como por exemplo, as que compõem os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), crescem no Brasil,

principalmente na elaboração de estudos cartográficos relativos com a fragilidade do ambiente, em virtude da eficiência na gestão territorial e promoção da qualidade da paisagem (BACANI *et al.*, 2015; VALLE; FRANCELINO; PINHEIRO, 2016).

A fragilidade ambiental caracteriza-se como a sensibilidade inerente aos ecossistemas frente as pressões ambientais, uma vez que se associa às atividades humanas as quais podem ser maiores ou menores em razão de aspectos genéticos. Tais ameaças podem acarretar o equilíbrio de um sistema, sendo necessário adaptar-se às novas condições ambientais (RATCLIFFE, 1971).

Nesse contexto, o Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257/01 (BRASIL, 2001), apresenta diretrizes para a elaboração do Plano Diretor, de modo a orientar o crescimento e o desenvolvimento urbano tomando por base interesses coletivos e difusos, tais como a preservação da natureza e da memória dos seus munícipes. Uma das orientações trata dispõe que o uso e ocupação da terra é consolidado pela consideração do sistema hidrológico, pautando-se na Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997), Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

A gestão de recursos hídricos no Brasil está relacionada aos Estados e à União, à medida que a Constituição Federal concede ao município a competência para legislar sobre o uso e a ocupação do solo (NETO; SOUZA, 2017).

Sendo assim, nos últimos anos, estudos buscaram representar as consequências ambientais resultantes de tais mudanças a fim de proporcionar análises de impactos hidrológicos, ecológicos e econômicos de diferentes cenários de gerenciamento. Nesse cenário, destaca-se o uso geotecnologias que propiciam integrar gestão e eficiência para às questões de planejamento e adequação territorial (PEREIRA *et al.*, 2016; SILVA; SANTOS; LEAL, 2016; JOIA; ANUNCIACÃO; PAIXÃO, 2018).

O tema em questão torna-se crucial para a sociedade contemporânea diante da importância dos recursos hídricos e sua disposição no ambiente, sendo fundamental a análise da geomorfologia nos estudos ambientais e os processos a ele relacionados, além de seus comportamentos sob influência do espaço natural e antrópico.

O presente estudo se justifica pela necessidade de informações referentes à fragilidade ambiental e conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, localizada no município de Itapetininga – SP.

Em virtude da ausência de estudos nesta bacia, faz-se necessário o uso da abordagem da geomorfologia ambiental, geotecnologias e análise da qualidade da água, a fim de identificar possíveis impactos oriundos do crescimento desordenado e a proposição de medidas de mitigação que visem a preservação do meio através de análises de planejamento territorial.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

A presente pesquisa de mestrado visa a realização da análise da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, localizada no município de Itapetininga, a partir da relação entre as características geomorfológicas e os conflitos associados à dinâmica do uso da terra na área.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o meio físico e a dinâmica ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos;
- Avaliar a qualidade da água de pontos chaves na bacia analisada;
- Identificação do uso e ocupação da terra;
- Elaborar um banco de informações geoespaciais que se tornem subsídios para a tomada de decisão para a aplicação de planejamento territorial em âmbito urbano.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A problemática da gestão de recursos hídricos

Fundamental recurso natural para a sustentação de toda a vida no planeta, a água é responsável por manter um ecossistema justo, estável e produtivo, porém como grande parte dos recursos naturais, possui suas restrições quantitativas. A disponibilidade hídrica de água doce tem sido alvo de debates, seja pela escassez de água por demanda (estresse hídrico) ou por população (escassez de água) (GAIN; GIUPPONI; WAD, 2016; GUNDA; BENNEYWORTH; BURCHFIELD, 2015).

A percepção global sobre a disponibilidade per capita de água sempre foi favorável à América do Sul e ao Brasil, considerando-os em uma posição privilegiada em relação à escassez física de água (PEIXOTO; SOARES; RIBEIRO, 2022). Nesta

perspectiva, o Brasil é o país que possui o maior percentual de água doce com 12% da reserva mundial, colocando-o no grupo das nações com abundância de água (GOMES *et al.* 2008; PINTO, 2017; RIBEIRO; SANTOS; SILVA, 2019), em contraponto, tal demanda hídrica não possui distribuição uniforme.

De acordo com Emerich (2005), ao observar a distribuição hídrica de água doce no Brasil por regiões temos que: a Região Norte do Brasil é a que possui a maior quantidade de água doce, com 70,2% do total de água disponível no país, seguida pela Região Centro-Oeste, com 16,6%. As Regiões Nordeste, Sul e Sudeste possuem, respectivamente, 5,9%, 4,9% e 2,4% do total de água doce no país.

Em razão dessa falha natural na distribuição geográfica dos recursos hídricos, fez-se necessária a implementação de procedimentos que visassem a otimização da gestão sobre o uso da água. Desta forma foi instituído, em 1997, a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), a partir da promulgação da Lei nº 9.433, que descentralizou a gestão de recursos hídricos no país, estabelecendo a bacia hidrográfica como unidade territorial de gerenciamento de recursos hídricos (MESQUITA, 2018). Por meio dessa descentralização, a participação em decisões que envolvam a bacia hidrográfica, passa também a envolver a sociedade e não apenas os órgãos do Estado (JACOBI *et al.*, 2009).

No estado de São Paulo, a Gestão dos Recursos Hídricos foi implantada através da Lei nº 7.663 de 1991, com o objetivo de garantir a água em quantidade e qualidade suficiente para as futuras demandas da sociedade, e do Decreto nº 24.643 de 1934. Deste modo, a gestão hídrica ocorre de maneira descentralizada, integrada e participativa. Em conjunto, foram criados os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs), proporcionando a gestão em parceria com o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH).

Ao todo, o estado está dividido em 22 Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs) (Figura 1), que abrangem os 645 municípios do Estado. Para a divisão das UGRHs, foram considerados critérios hidrológicos, ambientais, socioeconômicos e administrativos, devido à necessidade de viabilizar e otimizar processos técnico, político e administrativo, para que ambas as divisões, por bacia hidrográfica e por UGRH, estejam em conformidade com a política estadual (SIGRH, 2022).

Figura 1 - Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHs) do Estado de São Paulo

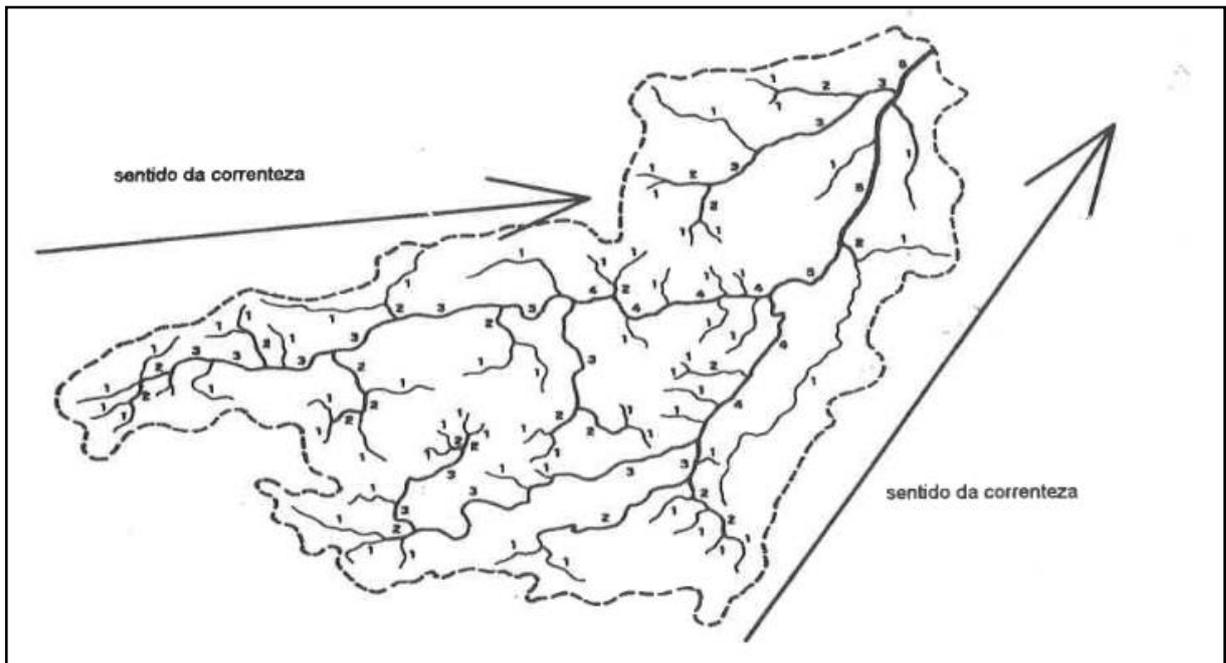


Fonte: SIGRH (2022).

Segundo Barrela *et al.* (2001), a bacia hidrográfica é o conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, onde seu contorno é limitado pelas partes mais altas do relevo, conhecidas como divisores de água. As águas das chuvas ou escoam pela superfície, formando rios e riachos, ou infiltram no solo para a formação de nascentes e do lençol freático. As águas superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios. À medida que as águas dos riachos descem, juntam-se com as de outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios (Figura 2). Estes pequenos rios continuam seu trajeto recebendo água de outros tributários, formando rios crescentes até desembocar no oceano.

Deste modo, conclui-se que bacia hidrográfica é uma área para a qual, em razão do relevo e da geografia, a água pluvial escoam, formando um rio principal e seus afluentes, sendo o divisor de água - uma formação de relevo, comumente a crista das elevações do terreno - o responsável por separar a rede de drenagem de uma bacia da outra (PEIXOTO; SILVEIRA, 2017).

Figura 2 - Sistema de uma bacia hidrográfica e seus cursos d'água



Fonte: Barrella *et al.* (2000).

Lima e Zakia (2000), apresentam uma perspectiva sistêmica ao conceito geomorfológico da bacia hidrográfica, definindo as bacias hidrográficas como sistemas abertos, que recebem matéria e energia por meio de agentes climáticos e perdem energia através do deflúvio, descritas em termos de variáveis interdependentes, que oscilam em torno de um padrão, e, desta maneira, mesmo quando perturbadas por ações antrópicas, encontram-se em equilíbrio dinâmico. Dessarte, caso ocorra qualquer modificação no recebimento ou na liberação de energia, ou modificação na forma do sistema, irá provocar uma mudança compensatória que tende a minimizar o efeito da modificação e restaurar o estado de equilíbrio dinâmico.

A bacia hidrográfica pode ser vista como a melhor unidade territorial para o planejamento e a gestão ambiental, por efeito das ações antrópicas e naturais que ocorrem em seu espaço refletirem na quantidade e qualidade de toda a malha hídrica nela presente (JOURAVLEV, 2003; PORTO; PORTO, 2008; GAJBHIYE; MISHRA; PANDEY, 2014; PANDE, 2022). A adoção da bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento exige reconhecer que as ações antrópicas e as degradações decorrentes sobre este recorte espacial reflitam seu efeito

(BEVILACQUA, 2012), assim como propor ações para o desenvolvimento sustentável para que seja preservado o ecossistema da bacia em um nível saudável (LIU *et al.*, 2020).

Segundo Botelho e Silva (2004), a bacia hidrográfica como objeto de análise ambiental tem na sua escolha a visão sistêmica implícita, pois, por meio dela, é possível conhecer e avaliar os diversos componentes que a compõe, assim como os processos e interações que nela ocorrem. Portanto, constitui-se em um sistema aberto onde o *input* e *output* de matéria e energia acontecem com outros elementos da paisagem, evidenciando-se a importância dos estudos geomorfológicos.

Outro importante elemento que deve ser observado ao analisar uma bacia hidrográfica é a qualidade da água que a compõe. A água é composta por vários elementos que podem ser provenientes do meio ambiente natural ou incorporados por atividades humanas. É possível avaliar a qualidade da água com base em suas características físicas, químicas e biológicas. Essas características podem ser utilizadas como indicadores de qualidade da água. Os parâmetros físicos e químicos podem ser medidos diretamente, enquanto os parâmetros biológicos exigem análises mais complexas. (UFV, 2011; PIRES; CALIJURI; SOUSA JÚNIOR, 2017; LARSEN, 2019).

O entendimento abrangente da relação da qualidade da água com o uso e ocupação da terra de uma bacia hidrográfica pode ser um meio para a gestão ambiental eficaz (MELO *et al.*, 2019), visto que as ações antrópicas podem alterar significativamente os recursos hídricos e a capacidade desses sistemas para o fornecimento de serviços essenciais para as bacias hidrográficas (MEYBECK, 2003; DAVIDSON, 2014). Além disso, a qualidade da água pode comprometer a saúde da população que a utiliza para abastecimento humano (SIMONETTI; SILVA; ROSA, 2019; BAWA *et al.*, 2023), vindo a favorecer o aparecimento de possíveis doenças de veiculação hídrica e neoplasias (SOARES *et al.*, 2018). Portanto, há extrema urgência na conscientização e do repasse de informações sobre a importância dos cuidados e proteção das nascentes, principalmente aos proprietários das terras em que as mesmas se encontram e da população que faz uso das suas águas diariamente (GALVAN *et al.*, 2020).

3.2 A análise da paisagem nos estudos territoriais/ municipais

Como ciência, a Geografia passou por diversas modelagens ao longo do tempo no que se refere ao seu conceito, definições e objeto de estudo. Sua definição foi moldada por autores da geografia em diferentes épocas, em diferentes formatos, fundamentados em diferentes pretextos de conhecimento de estudo (MORAES, 1983).

Deste modo, tornou-se a responsável pela análise do processo de construção e transformação do espaço geográfico, buscando compreender a relação existente entre a natureza e a sociedade. Sendo o espaço considerado um conjunto intrínseco, onde interagem de um lado objetos geográficos, naturais e sociais, e, de outro, a sociedade em movimento (OLIVEIRA ANDRADE, 1989; SANTOS, 2007; FURTADO, 2015).

O estudo da Geografia e da paisagem sempre estiveram coligados, sendo a Geografia uma das responsáveis pela criação de uma imagem do mundo e sua descrição (VITTE, 2007; CAMPOS, 2014).

Seguindo a mesma linha de estudo, Santos (1988) aborda dois tipos de paisagem, a natural e a artificial, sendo a paisagem artificial aquela transformada pela ação do homem, enquanto a paisagem natural é aquela que não sofreu esforço humano, ou seja, não passou por nenhuma intervenção física. O autor ainda apresenta a paisagem como um conjunto diverso de formas naturais e artificiais, sendo esta composta por frações de ambas, seja em volume, utilidade, tamanho, cor, ou qualquer outro critério.

Considerando a ampla variedade de conceitos associados ao termo, o geógrafo francês Georges Bertrand (1972) propôs uma nova interpretação do ambiente, considerando a impossibilidade de analisar espaços não ocupados pelo homem.

Nesse contexto, Bertrand (2004) retrata que a paisagem não se trata de elementos geográficos somados de forma desproposital, mas sim resultante da combinação dinâmica de elementos biológicos, antrópicos e físicos que, em interação esquemática, torna a paisagem um conjunto único e indissociável, em contínua evolução. Essa definição permite caracterizar a paisagem de forma homogênea, não enfatizando interações em âmbitos humanos e sociais na mesma, mas sim um espaço geográfico integrado com todos os demais componentes.

No Brasil, por muitos anos, foi adotada a compartimentação do relevo brasileiro, elaborada por Aroldo de Azevedo, em 1949. Em 1969, Ab'Saber propôs a maior contribuição aos estudos sobre paisagens naturais proporcionando uma reorganização metodológica e instrumental nas pesquisas geomorfológicas. Segundo a visão deste autor, a paisagem era vista como o resultado de uma relação entre os processos passados e os atuais, seja ela morfológica, biológica ou humana (VITTE, 2007).

Já em 1985, Ross propõe uma nova classificação do relevo brasileiro, apresentando vinte e oito macro unidades geomorfológicas, denominadas de unidades morfoesculturais, sendo divididas em Planaltos, Depressões e Planícies. Em outros trabalhos, Ross traz a abordagem de vulnerabilidade do relevo, resultante da junção de informações geomorfológicas e pedológicas, aplicadas em unidades ambientais definidas pelo padrão morfológico observado previamente por meio de sensores. Como pesquisador, Ross (1990) destaca o uso de sua especialidade na classificação e estudo de paisagens. Contudo, a existência humana não está excluída de seu conceito, mas é considerada como ações antrópicas, caracterizada pelo uso do solo agente causador da fragilização de ambientes.

Essa intervenção é observada por meio da ocupação urbana nos relevos. Inicialmente, a mesma ocorre em locais favoráveis e, após a expansão significativa, nota-se que as áreas ocupadas são impróprias e causam alterações nas características físico-naturais das encostas, podendo gerar degradação ambiental, decorrente das ocupações das vertentes, extração de minerais, produção de encostas artificiais, dentre outros (BINDA, 2008; GUERRA; MARÇAL, 2006).

Nesse contexto, a gestão territorial permite gerir as ações antrópicas por meio de diagnóstico, estudos de impactos, levantamentos físicos e territoriais para tratativas futuras, garantindo a equidade da distribuição territorial para melhorar a qualidade de vida da sociedade, apoiando a identificação das potencialidades e fragilidades locais, assim como a proposição de medidas mitigadoras para a sua conservação (SILVA; LEITE, 2020; MEDEIROS *et al.*, 2023). Preconizando alicerçar ou integrar os atributos físicos, econômicos e sociais de um certo espaço para análises ambientais, é possível identificar e avaliar impactos ambientais, o uso de recursos naturais, os riscos geoambientais, além de possibilitar a avaliação da vulnerabilidade das áreas para a ocorrência de impactos catastróficos (AMORIM; OLIVEIRA, 2008).

3.3 Conceitos e abordagens nas pesquisas sobre impactos ambientais

Para Santos (2004), através do olhar do planejamento, o impacto ambiental pode ser compreendido como qualquer mudança observável no meio, que possa gerar alterações no equilíbrio dos sistemas naturais ou antropizados, podendo ser oriunda de ações naturais ou humanas, conforme apresentado na Tabela 1. A avaliação de impacto refere-se à interpretação qualitativa e quantitativa de mudanças ecológicas, sociais, culturais ou estéticas no meio ambiente.

Tabela 1 – Exemplos de Impactos ambientais

Impactos naturais	Impactos antrópicos
Erupções vulcânicas	Erosão
Inundações	Queimadas
Tornados	Desertificação
Maremotos	Impermeabilização
Terremotos	Salinização
Furacões	Compactação
	Diminuição da matéria orgânica
	Desmatamento
	Desabamento de terras

Fonte: Adaptado de Araújo *et al.* 2009.

Nota-se que, tanto em impactos naturais quanto antrópicos, ocasionam a desestruturação do ecossistema, alterando suas condições normais podendo causar assoreamento dos rios, perda de espécies animais e vegetais, dentre outros, requerendo readaptação à nova condição adquirida (ARAÚJO *et al.*, 2009; BINDA, 2008; GUERRA; MARÇAL, 2006).

De acordo com Tucci (1997), a urbanização tem causado diversos impactos nas redes de drenagem, tais como o aumento do escoamento superficial, a redução da evapotranspiração, a diminuição do escoamento subterrâneo, o rebaixamento do lençol freático e o aumento da produção de resíduos sólidos provenientes da limpeza de ruas e do descarte inadequado de lixo pela população, resultando na deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Além disso, a qualidade da água

da rede pluvial depende de vários fatores, como a frequência e a intensidade da limpeza urbana, a distribuição da precipitação no tempo e no espaço, a época do ano e o tipo de uso da área urbana (Tucci, 2002).

Por sua vez, Rodrigues e Moroz-Caccia Gouveia (2013) destacam que a urbanização causa diversos impactos ambientais, como movimentos de massa, corridas e enxurradas, degradação e esgotamento dos recursos hídricos, inundações, contaminação do solo devido ao descarte inadequado de rejeitos, aumento das taxas de erosão, assoreamento, recalques, colapsos do solo, entre outros.

A legislação brasileira, por meio da Resolução CONAMA 001/86, define impacto ambiental como “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais”.

Recursos naturais abundantes estimulam o crescimento econômico e o desenvolvimento de uma nação (NASEER *et al.*, 2020). Dentre os recursos naturais básicos, o solo e a água são aqueles diretamente ligados a dependência e manutenção da vida.

Nesse contexto, a aplicação de práticas sustentáveis de conservação do solo e da água desempenha um papel crucial na redução dos impactos ambientais (GODIF; MANJUNATHA, 2022), uma vez que o desenvolvimento sustentável tem por finalidade garantir o fornecimento de recursos naturais para a geração atual, sem influenciar as futuras gerações de manterem as condições de atenderem às suas necessidades (UNITED STATION, 1987).

Em virtude da relevância e complexibilidade do tema, estudos ambientais tornam-se uma alternativa para análise dos impactos que acometem uma dada região. Tal prática, possibilita gerar diagnósticos ambientais com o auxílio de geotecnologias identificando de modo mais assertivo os problemas, com propostas de mitigação e restauração dos impactos causados (FONSECA *et al.*, 2011; BRASIL *et al.*, 2021).

Neste contexto, nota-se que adotar a bacia hidrográfica como objeto de estudo se faz apropriada, de modo a garantir a manutenção dos recursos naturais frente aos conceitos de desenvolvimento sustentável, visto que a mesma ocupa um papel fundamental na gestão territorial e está sujeita aos processos de degradação.

Sendo assim, desenvolver estudos com aplicações tecnológicas possibilitam identificar tanto as características geográficas das bacias hidrográficas referente à morfologia, analisar e modelar dados espaciais, quanto realizar análises de qualidade da água do rio para compreender a evolução do ecossistema da região, uma vez que variam nas diferentes regiões geográficas (LIU *et al.*, 2021).

3.4 Fragilidade Ambiental e metodologias de análise espacial

A fragilidade ambiental caracteriza-se por ser uma metodologia de análise ambiental, oriunda dos princípios da Ecodinâmica proposta por Tricart em 1977. Nesse método, avalia-se as relações entre os elementos do meio físico e biológico, que permite identificar os impactos que uma determinada atividade antrópica pode gerar em uma determinada área.

No contexto acadêmico brasileiro, autores apresentam estudos sobre a fragilidade ambiental aplicadas em diferentes regiões utilizando as metodologias de Ross (1994), que propõe correlacionar os dados de declividade do terreno, tipo de solo (meio físico), uso e cobertura dos solos (meio biótico) no estudo da fragilidade ambiental.

Sendo assim, considerar os estudos de solo, potencial erosivo, declividade e cobertura vegetal são essenciais ao planejamento ambiental. Segundo Spörl (2001), a compreensão dos níveis de fragilidade existentes em uma dada bacia hidrográfica, através da integração das variáveis que possam gerar interferências na capacidade dos recursos naturais, permite a compreensão da realidade e, por consequência, uma visão real sobre quais são as opções mais adequadas para o uso da terra.

Para o ordenamento territorial dos ambientes naturais e antropizados de modo efetivo, a análise da fragilidade torna-se uma ferramenta de gestão fundamental. Considerando-se uma bacia hidrográfica, uma das alternativas mais eficientes de se determinar a fragilidade ambiental é por meio da análise integrada, uma vez que possibilita avaliar as susceptibilidades dos elementos da paisagem e suas potencialidades (JAIN; GOEL, 2002; CRUZ *et al.*, 2010; CARMO *et al.*, 2011; MARTÍN-DUQUE; GARCIA; URQUÍ, 2012; ROSS, 2012; BOJÓRQUEZ-TAPIA; CRUZ-BELLO; LUNA-GONZÁLEZ, 2013; VALLE; FRANCELINO; PINHEIRO, 2016).

Estudos mostram que a aplicação da fragilidade ambiental possibilitou a identificação de áreas de menor aptidão agrícola (SIMONETTI *et al.*, 2019),

identificação do aumento da fragilidade ambiental (BACANI *et al.*, 2015) e identificação de áreas potencialmente instáveis (NETO; FERNANDES, 2015), demonstrando que as interações entre variáveis se tornam indispensáveis para a tomada de decisão em uma bacia hidrográfica (JAIN; GOEL, 2002; CRUZ; JUNIOR RODRIGUES, 2010; CARMO *et al.*, 2011; MARTÍN-DUQUE; GARCIA; URQUÍ, 2012; ROSS, 2012; BOJÓRQUEZ-TAPIA; CRUZ-BELLO; LUNA-GONZÁLEZ, 2013; VALLE, 2016).

Desta forma, é notório que os estudos de fragilidade ambiental possibilitam uma análise mais adequada do meio e das ações a serem implantadas no espaço físico-territorial, sendo base para o zoneamento ambiental e contribuindo à gestão do território (SPÖRL; ROSS, 2004; SOUZA, *et al.*, 2020).

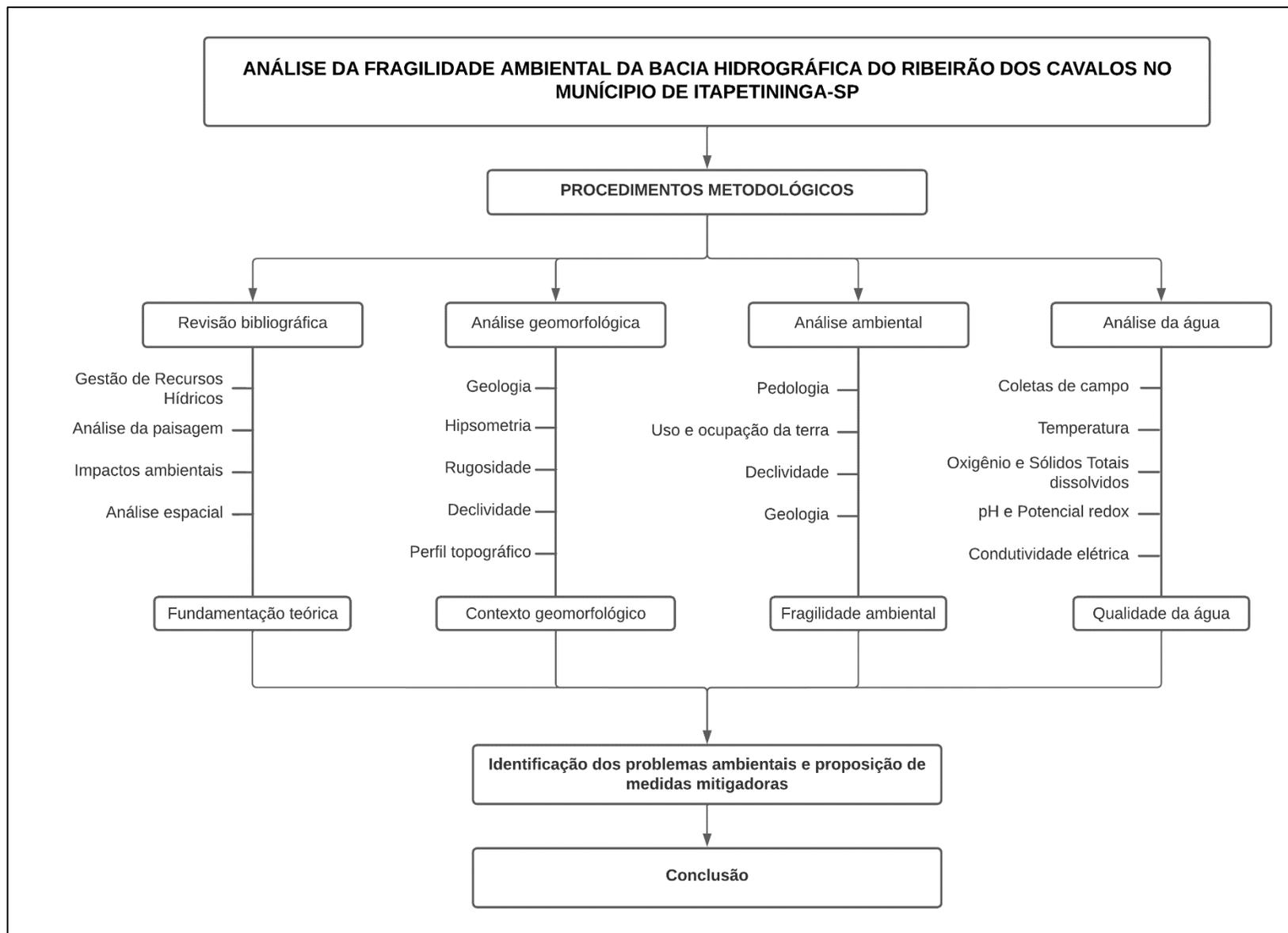
Por meio do uso de geotecnologias, como o Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e o sensoriamento remoto, é possível realizar o manejo correto e gerenciamento dos recursos hídricos, permitindo o estudo da área de determinada bacia hidrográfica, como o uso e ocupação da terra, fragilidade, a situação da cobertura vegetal bem como sobre suas características, além de organizar e manipular tanto dados vetoriais quanto matriciais dentro de um banco de dados georreferenciados (ENCINA *et al.*, 2018; SIMONETTI *et al.*, 2019; VENDRUSCOLO *et al.*, 2021).

Considera-se assim que, a partir do aporte teórico relacionado à gestão de bacias hidrográficas, teorias sobre a dinâmica do relevo, apontamentos sobre os impactos ambientais ocasionados no processo de urbanização, aplicabilidade de técnicas de mapeamento e discussões sobre o indicador de qualidade da água, constituem relevante base para a aplicação da pesquisa, principalmente no que se refere à interpretação dos dados e informações a serem obtidas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Para atender aos objetivos propostos nesta pesquisa, foram utilizados um conjunto de métodos e técnicas que possibilitaram o levantamento e a manipulação de dados e informações espaciais e bibliográficas, tornando possível a identificação, mapeamento e análise dos aspectos que envolvem a Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, a Figura 3 demonstra o fluxograma metodológico necessário para a sua realização.

Figura 3 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos



Fonte: Elaborado pela autora.

4.1 Localização e caracterização da área de estudo

Com uma população estimada de 167.106 habitantes (IBGE, 2021), a cidade de Itapetininga está localizada no interior do estado de São Paulo, a 160km da Capital, nas coordenadas geográficas 23° 35' 08" S e 48° 02' 51" W, com área territorial de 1.789,350 km² (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAPETININGA, 2022), estando integrada à Região Metropolitana de Sorocaba (RMS) e inserida a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 14, que corresponde a Bacia Hidrográfica do Alto Paranapanema.

Conforme a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo Cwa (mesotérmico ou tropical de altitude, com verão úmido e inverno seco, com temperatura média do mês mais quente superior a 22° C) (KÖPPEN; GEIGER 1928). A precipitação pluviométrica no mês mais seco (agosto) é de 35,1mm, com média anual de 1217,2 mm, de modo que, o período mais seco, vai de abril a setembro, e o mais chuvoso, de outubro a março (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAPETININGA, 2022).

A bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos situa-se integralmente no município de Itapetininga, nas coordenadas geográficas 23° 29' 05" S, 48° 00' 32" W e 23° 37' 51" S, 48° 03' 28" W, conforme observado na Figura 4, nos fusos 22 e 23S, e possui uma área territorial de 173 km².

A área de estudos está localizada na província geomorfológica da Depressão Periférica Paulista, com base na proposta de Ross e Moroz (1997), situada na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná. Segundo Zalán *et al.* (1990), as bacias intracratônicas, as grandes discordâncias que separam sequências indicam interrupções de caráter tectônico, sendo que o retorno do comportamento subsidente após um período de soerguimento em uma bacia pode gerar contornos geométricos diferentes do anterior, parecendo indicar a superposição de diferentes bacias sobre um mesmo cráton. Geologicamente, a área de estudos é composta por sequência de litologias associadas ao paleozóico, justamente em virtude da evolução da Depressão Periférica, retirada das litologias do Mesozóico e exumação das camadas paleozóicas.

De acordo com o mapa geológico do CPRM (2006), ocorrem na bacia do Ribeirão dos Cavalos, as formações Irati, Tatuí e Santa Teresina, além das coberturas cenozóicas predominantemente nas planícies fluviais da baixa bacia. Segundo Milani *et al.* (2006), a Formação Irati (Permiano Inferior), unidade basal do Grupo Passa Dois,

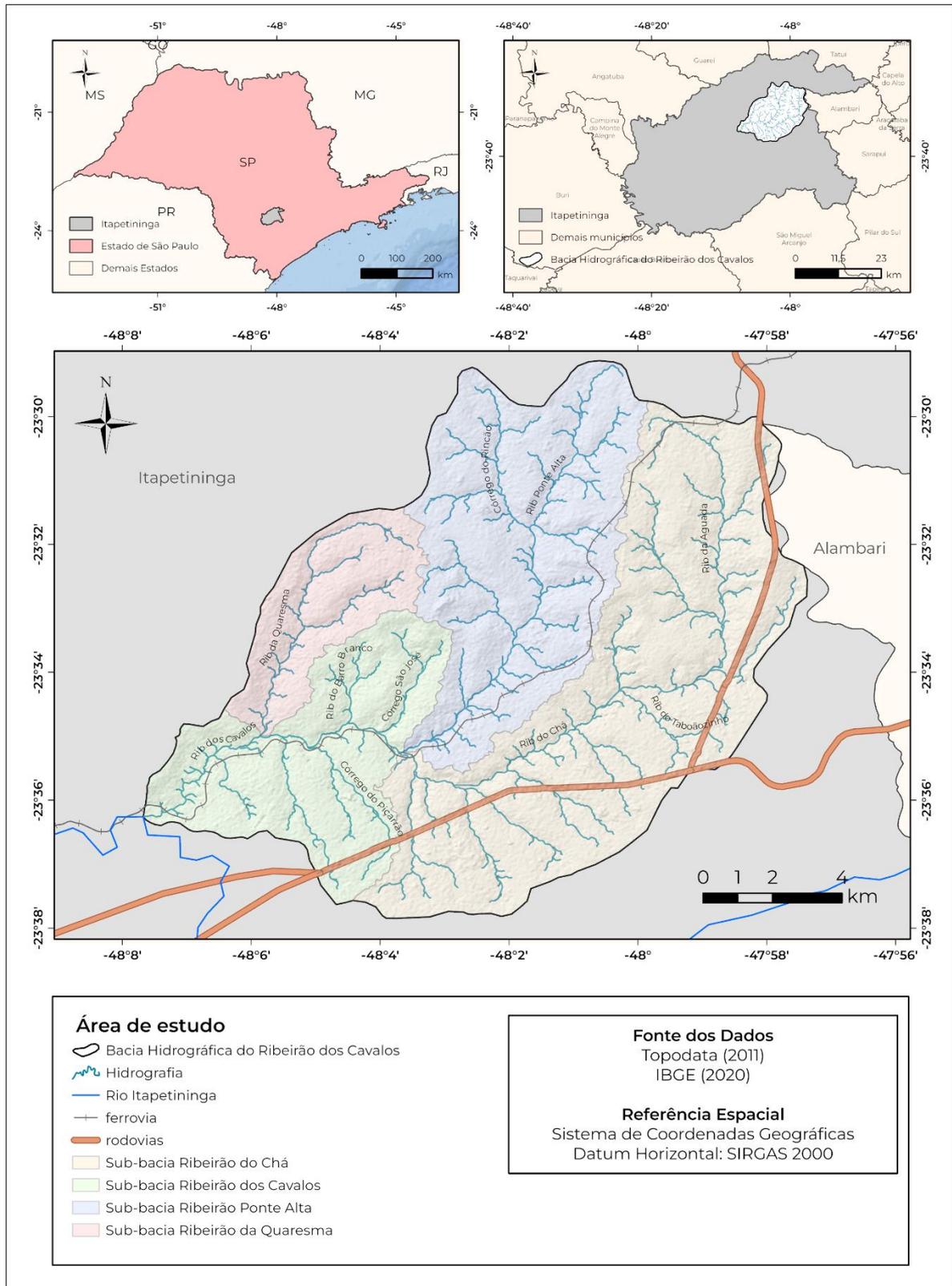
é constituída de pelitos (argilitos e siltitos), margas e folhelhos orgânicos na metade sul da bacia e, na porção norte, por ritmitos calcários-pelíticos e, subordinadamente, evaporitos.

A Formação Teresina, que compõe a porção superior do Grupo Passa Dois, é uma formação sedimentar da Bacia do Paraná que contém principalmente arenitos, siltitos e argilitos, com intercalações de conglomerados e camadas de carvão. Segundo os autores, a Formação Teresina é uma das unidades sedimentares mais importantes da Bacia do Paraná e tem grande potencial para exploração de hidrocarbonetos, como gás natural e petróleo (MILANI; FULFARO, 2005; HOLZ *et al* 2010).

Já a Formação Tatuí é uma unidade sedimentar flúvio-lacustre, constituída por argilitos, siltitos e arenitos finos a médios, intercalados com camadas de carvão e lignito. Essa formação ocorre principalmente no sul do estado de São Paulo, mas também é encontrada em outras regiões, incluindo Itapetininga. (PETRI; FULFARO 1983; ARAI *et al.*, 2002).

Sobre a demarcação dos corpos hídricos presentes na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, foram utilizadas documentações cartográfica como a carta topográfica do IGC na escala de 1:10.000 e a carta topográfica do IBGE na escala de 1:50.000, ambas disponibilizadas por meio do DataGeo (2022), assim como consultas as documentações topográficas da Prefeitura Municipal de Itapetininga *in loco*. Devido a inconsistência na identificação da nomenclatura, bem como na ausência de informações adequadas sobre a espacialização do Carrito, ora chamado de córrego e ora chamado de ribeirão, optou-se em considerá-lo como continuidade de outro corpo hídrico, o Ribeirão do Chá.

Figura 4 - Mapa de Localização da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Elaborado pela autora.

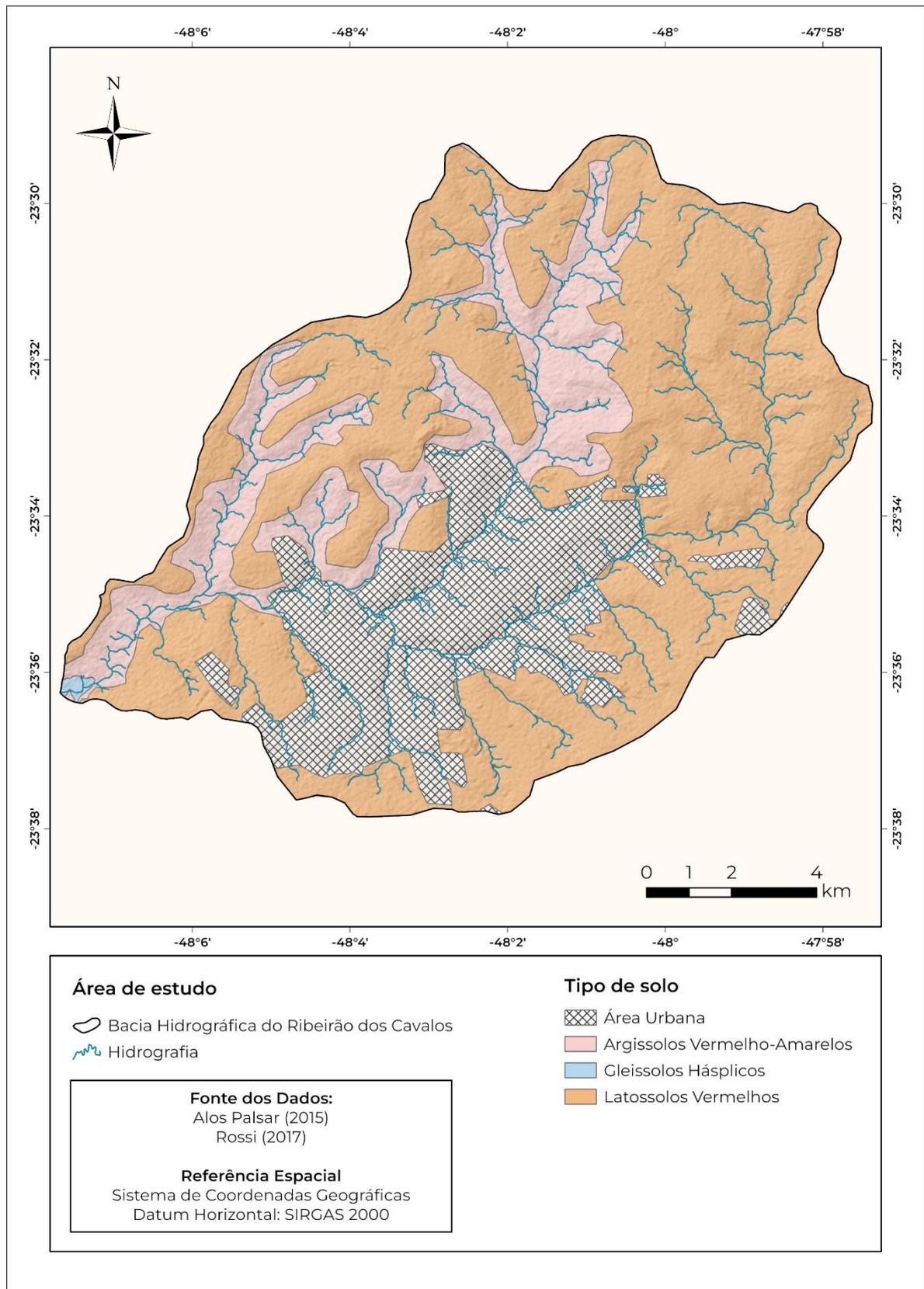
Em sua totalidade, a bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos apresenta três tipos principais de solos, que, acordo com os dados contidos no mapa pedológico do estado de São Paulo (ROSSI, 2017), foram: Latossolos Vermelhos (LV), Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) e Gleissolos Hásplicos (GX).

Conforme descrito por Santos *et al.* (2018), os Argissolos são constituídos por material mineral e apresentam como principal característica a combinação de argila, de baixa ou alta atividade. Os Argissolos possuem profundidade de solo variada, desde drenagem forte a imperfeitamente drenados, sua textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este. Os Argissolos normalmente ocupam relevos moderadamente declivosos, em razão a isso, são solos bastante susceptíveis à erosão, especialmente em relevos com maior índice de declividade e seu nível de fertilidade correlaciona-se com seu material de origem (LIMA; LIMA; MELO, 2007).

Os Latossolos comumente são solos fortemente ácidos, possuindo baixa saturação por bases e classificados como distróficos ou alumínicos. Pode ocorrer em algumas condições, solos com saturação por bases média e até mesmo alta; geralmente encontrados em regiões com estação seca pronunciada, semiáridas ou não, ou devido à presença de rochas básicas ou calcárias (EMPRAPA, 2013). Mesmo possuindo limitação quando a fertilidade do solo, os Latossolos são adequados para o cultivo de culturas permanentes e temporárias, sendo encontrados em áreas com topografia plana ou suavemente ondulada, colaborando com a mecanização agrícola (EMBRAPA, 2023).

Já os Gleissolos são tipos de solos que apresentam saturação permanente ou periódica por água, exceto se forem drenados artificialmente. A água pode ficar estagnada internamente ou fluir lateralmente no solo. Em ambos os casos, a água pode subir devido à ascensão capilar e atingir a superfície do solo (EMBRAPA, 2013). Esse tipo de solo pode ser encontrado na parte sudoeste da bacia, local onde a drenagem da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos encontra o Rio Itapetinga (Figura 5).

Figura 5 – Mapa Pedológico da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Elaborado pela autora.

A Tabela 2 demonstra a distribuição desses solos encontrados na região de estudo, sendo que ocupam em área as proporções de: Latossolos Vermelhos (LV), compreendendo a área de 102,93 km², Argissolos Vermelho-Amarelos (PVA) com 31,46 km², Gleissolos Hásplicos (GX) com 0,27 km².

Tabela 2 – Tipos de solo

Tipo de solo	Área (km²)	Área (%)
Argissolos Vermelho-Amarelos	31,46	18,18
Gleissolos Hásplicos	0,27	0,16
Latossolos Vermelhos	102,93	59,49

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2 Procedimentos metodológicos

4.2.1 Revisão bibliográfica

Inicialmente, realizou-se um levantamento bibliográfico em base de dados, tais como Scopus, Science Direct e Scielo para definição de conceitos e elementos norteadores da pesquisa. Além disso, foram consultados bases do IBGE, DataGeo, Embrapa, CPRM e documentos oficiais da prefeitura para acesso à documentação cartográfica da região, cartas topográficas, mapa geológico e imagens de satélite da região da bacia, forneceram os dados iniciais para uma abordagem sistêmica da área.

4.2.2 Análise Geomorfológica da área de estudo

O desenvolvimento desse conjunto de etapas foi direcionado pelo terceiro nível de abordagem geomorfológica proposta de Ab' Saber (1969) que consiste na fisiologia da paisagem. Além disso, a relação mais escalar da caracterização foi pautada nos níveis taxonômicos propostos por Ross (1992), sendo priorizados o 4º taxon, que refere-se a cada uma das formas de relevo contidas nas Unidades Morfológicas ou de Padrões de Formas Semelhantes, o 5º taxon sendo representado pelos tipos de vertentes contidas em cada uma das formas de relevo e o 6º taxon que refere às formas de relevo ainda menores, geradas ao longo das vertentes por processos geomórficos atuais, e principalmente por indução antrópica.

Para auxiliar na caracterização geomorfológica da área foram construídos em ambiente SIG com uso do software ArcGIS Pro os seguintes produtos:

4.2.2.1 Geologia

O estudo da configuração geológica de uma determinada região, permite a compreensão de processos geomorfológicos atuantes que interagem com as estruturas litológicas presentes, como por exemplo a drenagem de uma determinada área que sofre a influência de dois fatores, o climático e o geológico, fatores que resultam em diferentes padrões de drenagem em termos de forma e densidade (RIBEIRO, 2021; CPRM, 2023).

Para elaboração da geologia da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, fez-se a importação do mapa geológico elaborado pelo Programa Geologia do Brasil (PGB) (CPRM, 2006), na escala 1:750.000 sob o título "Geologia e Recursos Minerais do Estado de São Paulo". Primeiramente, foi necessária a conversão do arquivo em .pdf para a extensão .tiff, para, em seguida, realizar o georreferenciamento do arquivo, sendo sucessivamente efetuados recortes para corresponder a área de estudo, inclusão da hidrografia e layout. Os dados referentes as classes foram representadas por cores, conforme mapa do CPRM, enquanto informações sobre os aspectos geomorfológicos foram representadas por outros elementos.

4.2.2.2 Hipsometria

O Mapa Hipsométrico tem por objetivo representar as diferentes altitudes de um terreno ou região por meio de diferentes tonalidades de cor ou sombreamento. Ou seja, esse tipo de mapa representa as elevações e depressões do terreno em uma região, indicando de maneira visual as variações altimétricas existentes na área de estudo. Para a elaboração da hipsometria da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, foi obtido o Modelo Digital de Elevação (MDE) através da imagem do satélite *Advanced Land Observing Satellite* (ALOS) com o uso do sensor de microondas *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR), com resolução espacial de 12,5m disponibilizadas gratuitamente pelo Laboratório de Sensoriamento Remoto da Universidade do Alaska Fairbanks no endereço: <<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>>. Como auxílio na interpretação da hipsometria,

foi aplicada a técnica do relevo sombreado que, segundo Valeriano (2008), é a mais indicada para a análise visual de dados altimétricos.

4.2.2.3 Declividade

Os mapas de declividade surgem como ferramenta substancial para a análise do relevo, dado que constituem uma forma de representação temática da distribuição espacial dos diferentes níveis de inclinação existentes em um terreno auxiliando na análise da paisagem (COLAVITE; PASSOS, 2012).

O processo de classificação e mapeamento da declividade de uma bacia hidrográfica constituir-se em um elemento de grande importância na determinação das potencialidades de utilização, sendo considerada como variável reveladora de aptidões e limitações de uso da terra (PADILHA, 2008).

À vista disso, para a classificação de declividade foram utilizadas as classes propostas por Ross (1994), apresentando os níveis de declividade do terreno em porcentagens, de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Categorias hierárquicas das classes de declividades

Categorias hierárquicas	Intervalos de declividade
Muito baixa	Até 6%
Baixa	De 6 a 12%
Média	De 12 a 20%
Alta	De 20 a 30%
Muito alta	Acima de 30%

Fonte: Ross (1994).

4.2.2.4 Índice de Concentração de Rugosidade (ICR)

Como ferramenta metodológica o ICR permite a quantificação, classificação e delimitação das unidades de relevo a partir da análise dos padrões de distribuição espacial da declividade, vista como padrões de rugosidade (SAMPAIO, 2008).

Para a elaboração do Índice de Concentração de Rugosidade Local (ICR_i) da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, foi adotada a metodologia proposta por

Sampaio e Augustin (2014), sendo realizada a partir do MDE Alos Palsar (2015) em ambiente SIG. Em seguida, foi gerada a declividade (matricial), transformada em produto vetorial, para então serem interpolados os valores de declividade aplicando a Densidade de Kernel utilizando como raio de busca 564m, conforme proposta de Horton (1945). Os valores foram normalizados utilizando os valores obtidos da divisão da área de abrangência pela área do pixel, sendo aplicado uso de quantis na definição dos limites dos intervalos de classes e o agrupamento inicial dos dados em cinco classes, sendo elas: Muito Baixo, Baixo, Médio, Alto e Muito Alto.

4.2.2.5 Perfil topográfico

Perfis topográficos são representações gráficas das variações de altitude de um terreno ao longo de uma linha reta ou curva (GONÇALVES, 2015). Esses perfis são construídos a partir de informações obtidas a partir de mapas topográficos, que apresentam as elevações e depressões do terreno em forma de curvas de nível, porém são restritos a uma direção determinada, permitindo a avaliação objetiva da progressão do terreno. Nesta etapa, foi realizada a confecção de perfis topográficos de transectos considerado chave na área de estudo, os quais foram definidos a partir do mapa de rugosidade. Em seguida, foram traçadas duas linhas considerando o perfil de declividade da hidrografia da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos. Com a linha traçada, a mesma foi interpolada com o auxílio do *software Google Earth Pro* para apresentar os dados de elevação, assim, gerando o gráfico de perfil.

4.2.3 Análise ambiental da área de estudo

Nesta etapa foram desenvolvidos bancos de dados geoespaciais utilizando o *software ArcGIS Pro* para o processamento das imagens de satélite da área de estudo referentes aos dados de:

4.2.3.1 Pedologia

Segundo Lepsch (2002), o solo pode ser definido, como uma coleção de corpos naturais, constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, tridimensionais e dinâmicos, formados por materiais orgânicos e minerais, que contêm matéria viva, sendo resultado da ação de intemperismo do clima e da biosfera sobre a rocha.

Para a elaboração da carta dos tipos de solos da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos foi utilizado o mapa pedológico do estado de São Paulo (ROSSI, 2017). Para extrair os dados relativos à área de estudo, utilizou-se os limites da bacia hidrográfica e a ferramenta *recortar* do *software* ArcGIS Pro. Para a nomenclatura, foi utilizado o código de cores do manual técnico de pedologia (IBGE, 2007).

4.2.3.2 Uso e ocupação da terra

A caracterização do uso e ocupação da terra possui elevada importância, visto que representa a estabilidade dos processos morfodinâmicos, contribuindo para a compreensão da distribuição das principais atividades econômico-produtivas e das inter-relações entre as formas de uso e a intensidade ao qual esses processos são responsáveis, podendo contribuir para a degradação do meio físico (SPÖRL, 2007).

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação da terra da área de estudo, foi utilizada a composição de mosaicos Landsat disponibilizado pelo projeto MapBiomias (MAPBIOMAS, 2021). A coleção escolhida foi a coleção 6 (imagens coletadas de 1985 a 2020), sendo o ano de 2020 selecionado para o presente estudo. O conjunto de dados de imagens usado no MapBiomias, nas coleções 1 a 6, foi obtido pelos sensores *Landsat Thematic Mapper* (TM), *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) e o *Imager* de Terra Operacional e Sensor Infravermelho Térmico (OLI-TIRS), a bordo do Landsat 5, Landsat 7 e Landsat 8, respectivamente. A partir da coleção 6, foram utilizados principalmente a Coleção 1 Tier 1 do USGS e refletância do topo da atmosfera (TOA), como novos mosaicos Landsat foram processados usando dados de refletância de superfície (SR).

O processo de retificação das classes de uso da terra adveio de forma manual, a partir da vetorização em tela de polígonos com características similares considerando tonalidade, cor, forma, tamanho, textura e padrão (FITZ, 2008), com o auxílio do *software* *Google Earth Pro* (Quadro 1).

Para a elaboração do layout final, foi utilizado o código de cores de cobertura e uso da terra disponibilizado pelo IBGE (2021).

Quadro 1 - Definição das classes de cobertura e uso da terra mapeada na imagem *Google Earth Pro 2020*

Classe temática	Descrição	Imagem	Cor-Tonalidade	Textura	Formato
Áreas descobertas	Solo descoberto, sem cobertura vegetal		Alaranjado claro e médio/ bege muito claro e claro	Lisa	Irregular
Áreas urbanizadas	Imóveis residenciais, comerciais, indústria, chácaras e rodovias		Laranja médio e escuro/ cinza muito claro, claro e médio	Lisa	Regular
Campestre	Cobertura vegetal predominantemente composto por estrato herbáceo-arbustivo		Verde claro	Baixa rugosidade	Irregular
Corpo d'água	Lagos e lagoas		Verde médio/ marrom claro e médio	Lisa	Irregular
Florestal	Áreas cobertas com vegetação nativa em diferentes estágios de desenvolvimento		Verde escuro e muito escuro	Alta rugosidade	Irregular
Lavoura permanente e temporária	Culturas anuais e perenes		Verde muito claro e claro/ marrom claro e médio	Baixa rugosidade	Regular
Pastagem	Áreas utilizadas para a produção pecuária		Verde muito claro e claro	Lisa	Irregular
Silvicultura	Cultura de eucalipto		Verde escuro e muito escuro	Média rugosidade	Regular

Fonte: Elaborado pela autora.

4.2.4 Classificação de fragilidade ambiental

Para realização da análise da fragilidade ambiental, foi necessária a adoção de uma metodologia que possua como base, a compreensão das características e dinâmicas do ambiente natural e do ambiente socioeconômico, visando a integração das diferentes variáveis por meio de uma síntese de conhecimentos em pesquisas sobre a realidade (NASCIMENTO, 2010). Deste modo, utilizando os métodos de estudos realizados por Ross (1994), aplicou-se a álgebra entre variáveis naturais e antrópicas para realizar o mapeamento da estabilidade das diferentes unidades ecodinâmicas, tais como relevo, tipos de solo, clima e uso do solo, onde propõe uma hierarquia nominal de fragilidade. Desta maneira, para a classificação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos foram utilizados os dados oriundos das características de pedologia, uso e ocupação da terra, declividade e geologia, sendo ponderado o grau de fragilidade de cada uma dessas variáveis.

Inicialmente, foram hierarquizadas as classes dos atributos de cada variável de acordo com o seu grau de fragilidade, a cada classe foram atribuídos pesos numéricos que vão de 1 (Muito baixa), 2 (Baixa), 3 (Média), 4 (Alta), até o 5 (Muito alta), sendo estes pesos definidos pelo seu nível de influência no meio, isto é, quanto maior o peso menor o grau de proteção (Ross 1994), desta forma, as quatro variáveis utilizadas foram classificadas da seguinte maneira:

Pedologia: Quando se trata da pedologia, alguns aspectos como textura, estrutura, porosidade, permeabilidade, consistência e profundidade devem ser considerados, visto que podem influir na capacidade de um solo apresentar fenômenos de erosão e dispersão, definindo assim, a maior ou menor susceptibilidade do solo a erodibilidade, justificando a relevância dessa variável na determinação da fragilidade do ambiente (FRANCO *et al.*, 2012; CALADO, 2020).

Considerando cada tipo de solo encontrado na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, estes foram classificados em virtude a sua fragilidade, conforme suas características, de acordo com os itens citados acima. Assim, foram atribuídos os seguintes pesos, conforme Tabela 4:

Tabela 4 – Graus de fragilidade para a variável pedologia

Grau de fragilidade	Classes de solo
3	Latosolos Vermelhos
4	Argissolos Vermelho-Amarelos
5	Gleissolos Hásplicos

Fonte: Adaptado de SPÖRL (2007) e Franco *et al.* (2012).

Uso e ocupação da terra: Considerando a capacidade de influência que um determinado uso da terra possui sobre o meio, podendo gerar um grau de proteção forte ou fraco, como por exemplo o papel da vegetação como manto protetor da paisagem (NASCIMENTO; DOMINGUEZ, 2009), a classificação desta variável foi baseada nos critérios propostos por Ross (1994), conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Graus de fragilidade para a variável uso e ocupação da terra

Grau de fragilidade	Classes de uso e ocupação
1	Florestal
2	Campestre
3	Lavoura Perene e Silvicultura
4	Lavoura Temporária e Pastagem
5	Área não vegetada, Área Urbanizada e Corpo D'água

Fonte: Adaptado de Ross (1994) e Franco *et al.* (2012).

Declividade: Utilizada na identificação de potenciais áreas de processos erosivos (SPÖRL, 2007), levando em consideração que tais processos podem ser acelerados em razão do grau de inclinação de uma vertente (FRANCO *et al.*, 2012). Isto posto, foram atribuídos os graus de fragilidade (Tabela 6) em concordância com o estudo de Ross (1994).

Tabela 6 – Graus de fragilidade para a variável declividade

Grau de fragilidade	Classes de declividade (%)
1	Até 6%
2	de 6 a 12%
3	de 12 a 20%
4	de 20 a 30%
5	Acima de 30%

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Geologia: Tendo como objetivo o estudo dos componentes mineiras da terra, a geologia estuda a estrutura e composição do globo terrestre, identificando a partir dessas análises, os processos que envolvem a sua origem e as transformações sujeitas ao longo do tempo (MARIANO, 2021). Para a classificação dos graus de fragilidade desta variável (Tabela 7), foram utilizadas como base as propriedades geotécnicas de cada formação geológica.

Tabela 7 – Graus de fragilidade para a variável geologia

Grau de fragilidade	Classes geológicas
1	Formação Tatuí
2	Formação Teresina
3	Formação Irati

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

Para a pontuação da variável geologia, utilizou-se como base a publicação de Crepani *et al.*, (2001), onde foram observadas as litologias descritas naquela pesquisa e sua correspondência mineralógica para a presente área de estudos, tendo em vista o mapa geológico do CPRM (2006).

Com os graus de fragilidade das variáveis definidos, seguiu-se para a elaboração do mapa de fragilidade através do *software* ArcGIS Pro. Nesta etapa, foram utilizadas as bases vetoriais de pedologia, uso e ocupação da terra, declividade

e geologia, as mesmas foram convertidas para base matricial (raster), para posterior cruzamento de atributos, sendo aplicada a Equação 1:

$$FA = ([P] + [UT] + [D] + [G])/4 \quad (1)$$

Sendo:

FA: fragilidade ambiental;

P: pedologia;

UT: uso e ocupação da terra;

D: declividade;

G: geologia.

Considerando que os graus de fragilidade ambiental foram calculados pela somatória dos pesos atribuídos para cada grau de fragilidade de uma determinada variável, fez-se necessário agrupar os valores obtidos em intervalos de cinco graus de fragilidade, conforme observado na Tabela 8.

Tabela 8 – Graus de fragilidade ambiental

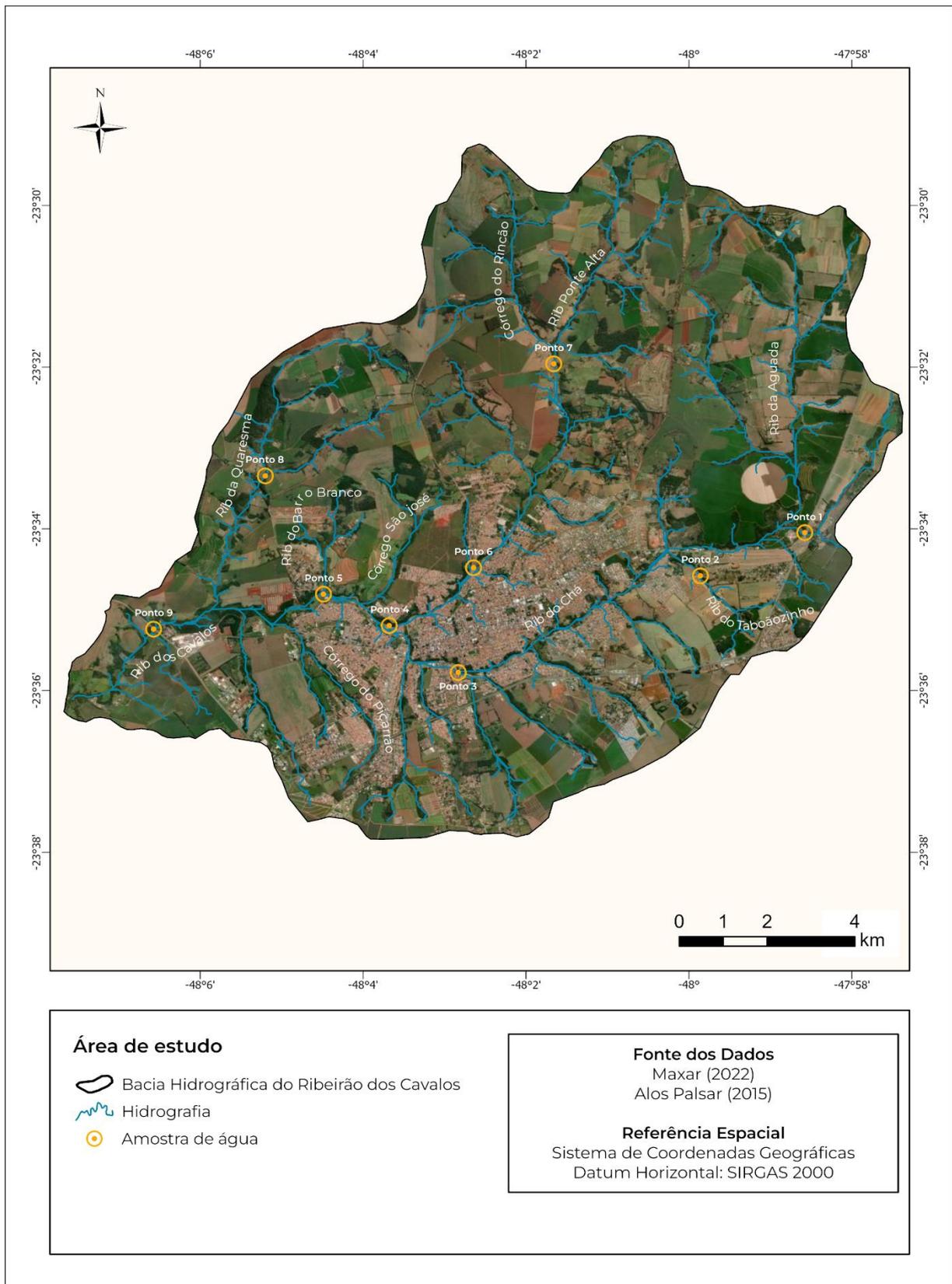
Grau de fragilidade	Classes
1 a ≤ 1,5	Muito baixa
1,5 a ≤ 2,5	Baixa
2,5 ≤ 3,5	Média
3,5 ≤ 4,5	Alta
4,5 ≤ 5	Muito Alta

Fonte: Adaptado de Franco *et al.* (2012).

4.2.5 Análise da qualidade da Água

Para a definição dos pontos de coleta de água, foram utilizados dois fatores, sendo o primeiro o trecho do corpo hídrico (nascentes, leitos, confluências e foz) e o segundo fator a zona de inserção (rural e urbana). O objetivo desta definição é a análise de interferência entre cursos d'água na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos (Figura 6 e 7).

Figura 6 – Mapa da Distribuição dos pontos amostrais de água da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 7 – Pontos amostrais de água da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Elaborado pela autora

Deste modo, o estudo contemplou 9 pontos amostrais, contidos na Tabela 9.

Tabela 9 – Pontos amostrais

Ponto	Zona	Sub-Bacia	Coordenadas geográficas Datum: SIRGAS 2000
1	Rural	Afluente Rib. da Aguada	23°34'3" S - 47°58'35" W
2	Rural	Ribeirão do Taboãozinho	23°34'35" S - 47°59'52" W
3	Urbana	Ribeirão do Chá	23°34'47" S - 48°02'50" W
4	Urbana	Ribeirão dos Cavalos	23°35'12" S - 48°03'41" W
5	Urbana	Ribeirão dos Cavalos	23°34'48" S - 48°04'29" W
6	Urbana	Ribeirão Ponte Alta	23°34'29" S - 48°02'39" W
7	Rural	Ribeirão Ponte Alta	23°31'58" S - 48°01'40" W
8	Rural	Ribeirão da Quaresma	23°33'21" S - 48°05'12" W
9	Rural	Ribeirão dos Cavalos	23°35'14" S - 48°06'34" W

Fonte: Elaborado pela autora.

Para as amostragens, foram escolhidos dois períodos (seco e chuvoso), que correspondem as datas de 16 de julho de 2022 e 26 de janeiro de 2023.

As amostras foram coletadas e acondicionadas em frascos plásticos com capacidade de 300 ml (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). Os ensaios de potencial hidrogeniônico (pH) e temperatura (°C) foram realizados com uso de um pHmetro portátil da marca Akso (modelo AK103), assim como sólidos totais dissolvidos (STD - mg/L), condutividade elétrica (mS/cm) com o uso do medidor de condutividade portátil da marca Akso (modelo AK83) e o oxigênio dissolvido (OD – mg/L) realizados com o uso do medidor multiparâmetros da marca Akso (modelo AK87), todos realizados em campo. Outro parâmetro mensurado posteriormente em gabinete, foi o potencial redox (Pot. Redox – mV), onde as amostras foram submetidas aos ensaios com o uso de um pHmetro portátil da marca Akso (modelo AK103).

4.2.6 Ensaios analíticos físico-químicos da água em campo

Os ensaios analíticos físico-químicos são procedimentos utilizados para determinar as propriedades físicas e químicas da água. Eles são importantes para garantir a qualidade da água e avaliar sua adequação para diversos usos, como consumo humano, irrigação, recreação e atividades industriais.

Segundo a American Public Health Association (APHA), a análise físico-química da água envolve a determinação de uma série de parâmetros, como pH, alcalinidade, dureza, oxigênio dissolvido, turbidez, condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e suspensos, entre outros. Esses parâmetros são determinados por meio de ensaios que seguem métodos padronizados, como os descritos no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017).

Levando em consideração o tempo de validade das amostras de forma que não ocorresse a degradação do analito, a metodologia analítica descrita no American Public Health Association (1989), preconiza que os ensaios de pH, OD e temperatura sejam realizados em campo. Para a realização dos referidos ensaios foram utilizados um pHmetro portátil, um medidor de condutividade portátil e um medidor multiparâmetros devidamente calibrados.

4.2.7 Trabalho de campo

Objetivou-se, no decorrer do trabalho, desenvolver um conhecimento empírico da área, analisando a paisagem e suas constantes transformações, juntamente com o auxílio documentos cartográficos e fotografias aéreas que contribuíram para uma maior compreensão da dinâmica e espacialização da bacia hidrográfica. Os aspectos mais importantes ou pontos-chave tiveram suas coordenadas marcadas com o auxílio de um aparelho GPS (*Global Positioning System*).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico, buscou-se relacionar os resultados obtidos nesta pesquisa. Desta maneira, os resultados são apresentados sob a óptica da caracterização geomorfológica da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos (5.1); quanto a análise ambiental e uso e ocupação da terra da bacia (5.2); e o item (5.3) evidencia a aplicação do indicador de fragilidade ambiental na bacia.

5.1 Caracterização Geomorfológica da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos

A caracterização geomorfológica consiste em identificar e descrever as formas de relevo e os processos geomorfológicos que ocorrem na região. Isso envolve a análise de dados topográficos, geológicos e geofísicos, bem como a observação em campo e o estudo de imagens de satélite.

A caracterização geomorfológica é importante para a gestão dos recursos naturais, pois permite entender a dinâmica da paisagem e a vulnerabilidade da região a fenômenos naturais e antrópicos, como enchentes, deslizamentos de terra e erosão. Além disso, a caracterização geomorfológica pode ser utilizada para o planejamento territorial e a tomada de decisões em relação ao uso do solo (GUERRA; CUNHA, 2010).

Uma vez que a escala de abordagem do presente trabalho constitui a bacia hidrográfica, a qual também é considerada uma unidade geomórfica fundamental segundo Chorley (1969), considerou-se necessário para a adequada compreensão da área a realização da análise geomorfológica tendo em vista que a bacia é resultado da configuração do relevo e sobre ele se dão os processos de ocupação natural ou antrópica.

A escolha da bacia hidrográfica como unidade de análise geográfica, tem como base a sua complexidade como sistema ambiental, possibilitando desta forma, uma abordagem mais integrada dos processos morfodinâmicos dentro do panorama evolutivo da área de estudo (RIBEIRO, 2021).

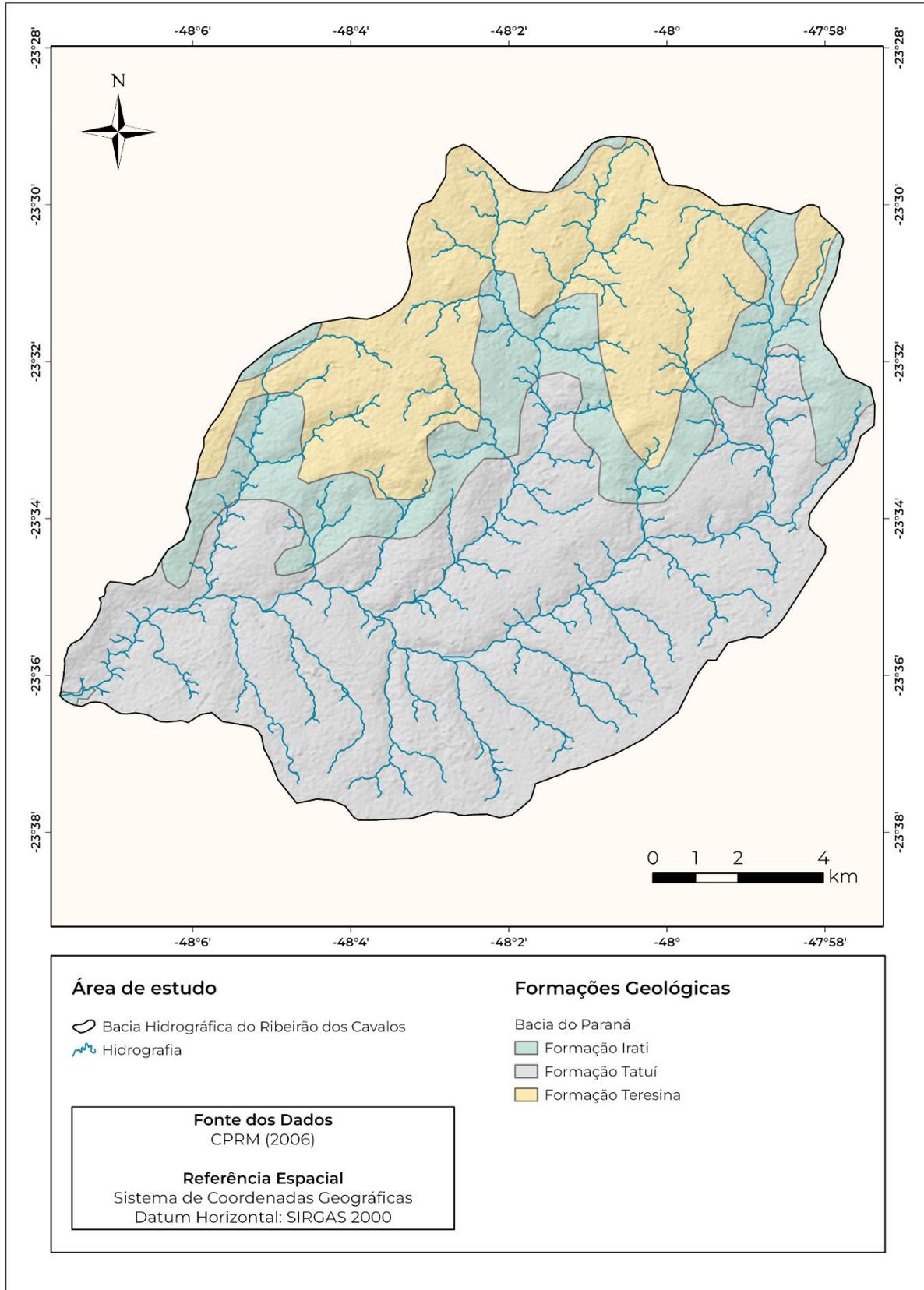
Nesse sentido, é crucial analisar os aspectos do relevo, já que ele é visto como um meio de controle geográfico e afeta diretamente a diversificação dos tipos climáticos e os aspectos da paisagem. Ao analisar a geomorfologia de um local, pode-se entender as dinâmicas do relevo e identificar pontos importantes, bem como conhecer a influência natural e antrópica na área de estudo, permitindo a previsão de impactos e propondo medidas para preservar o meio ambiente (GONÇALVES, 2013; OLIVEIRA; GALVANI, 2015).

Analisando a bacia hidrografia do Ribeirão dos Cavalos, é possível identificar os fatores que atuam no meio local, como a geologia. Evidentemente, a evolução do relevo é marcada por diferentes agentes, como os climas atuais e pretéritos, bem como a ação antrópica, mas com base nos dados disponíveis, optou-se por destacar algumas influências litológicas.

A bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos possui três tipos de formações geológicas, sendo as Formações Irati, Teresina e Tatuí (Figura 8). Vale lembrar algumas dissonâncias de nomenclatura quanto às formações e grupos geológicos para essa porção do estado de São Paulo, uma vez que a Formação Teresina recebe o nome de Formação Corumbataí na porção paulista à norte do Rio Tietê, delimitado por publicação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1981), e até mesmo compor, como membro, a Formação Estrada Nova em algumas classificações geológicas como Perrota *et al.* (2005).

No caso da Formação Tatuí, a mesma é identificada como Formação Palermo nos estados do sul do país, como mencionado por (MILANI *et al.*, 2007). Essas diferenças de nomenclatura possuem relação com a própria evolução dos estudos geológicos e diferentes propostas de classificação ou novas técnicas utilizadas em suas descrições.

Figura 8 – Mapa Geológico da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Elaborado pela autora.

Dessas formações, destaca-se a Formação Tatuí, que segundo o mapa geológico compreende a maior parte da área da bacia. Pertencente ao Grupo Guatá, essa formação é composta por rochas sedimentares, incluindo arenitos, argilitos e siltitos, que foram depositados durante o Período Cretáceo, ocasionais fragmentos e níveis de carvão, nódulos de pirita, laminação irregular ou maciço (ABOARRAGE; LOPES, 1986). Presente na região sul da bacia, suas maiores ocupações por sub-bacia ocorrem na sub-bacia do Ribeirão dos Cavalos e sub-bacia do Ribeirão do Chá. Por ser a unidade estratigráfica mais antiga das três formações e em virtude da sua composição, é a formação geológica que apresenta menor fragilidade.

O afloramento da Formação Tatuí está diretamente relacionado ao processo de sua exumação nessa porção da Bacia Sedimentar do Paraná, e influenciada regionalmente pela dissecação do Rio Itapetininga, do qual o Ribeirão dos Cavalos é afluente.

Outra ocorrência litológica constitui a Formação Irati, que se apresenta na porção central da bacia compondo o grupo Passa Dois. Segundo Machado (2005), as rochas do Irati ocupam a unidade inferior do grupo Passa Dois, sendo subdividida entre os membros Taquaral e Assistência, sendo a transição gradual. A unidade consiste em folhelhos e argilitos cinza escuros, folhelhos betuminosos e calcários associados. Na base, predominam os folhelhos, argilitos e siltitos cinza escuros, não betuminosos, maciços ou com laminação plano-paralela, formando camadas tabulares (Membro Taquaral). Na parte superior ocorre uma característica associação de folhelhos, folhelhos betuminosos e calcários (Membro Assistência). Nos calcários podem ocorrer estratificações cruzadas hummocky, marcas onduladas simétricas e assimétricas e laminações cruzadas cavalgantes. Assim em virtude da sua composição, como a presença do calcário, que sofre a ação química de solubilidade em água, tornando-a suscetível aos processos de erosão e sedimentação, a Formação Irati apresenta a maior fragilidade das três formações presentes na bacia.

E a terceira ocorrência litológica da bacia é a Formação Teresina, essa formação pertence ao Subgrupo Estrada Nova – Grupo Passa Dois. A principal fácies da Formação Teresina consiste em uma repetição alternada de folhelhos e siltitos com tonalidades claras a escuras, acompanhados por arenitos extremamente finos com cor branca esbranquiçada (ROCHA, 2020). Localizada na região norte da bacia, a Formação Teresina ocupa a região das cabeceiras das sub-bacias do Ribeirão da

Quaresma, Ponte Alta e Chá, por coincidência, é a segunda formação na escala de menor fragilidade.

Além do contexto geológico, também os aspectos estruturais influenciam o relevo e a hidrografia da área. Ribeiro e Arruda (2017), em estudo realizado na região de Itapetininga, indicam que apesar de a área apresentar certa homogeneidade litológica, associada ao Sub-Grupo Itararé, a mesma sofre influências de trends de lineamentos secundários, estruturas relacionadas a movimentação transcorrente do Alinhamento Alto-Estrutural do Paranapanema. Para Fúlfaro (1974), o alinhamento estrutural orientado de ESW para WNW influenciou de forma significativa a evolução do relevo regional da Bacia Sedimentar do Paraná, desde o Carbonífero ao fim do período Mesozoico.

Comparando o mapa hipsométrico (FIGURA 10) com o mapa geológico (FIGURA 8), verifica-se relação direta das litologias sobre as altitudes, onde de modo geral a centro-leste da bacia apresenta topografia mais baixa em comparação com a margem direita. Isso ocorre tanto em função da ausência dos folhelhos e argilitos das Formações Irati e Santa Teresina, bem como da influência da inflexão do Rio Itapetininga, o qual, influenciados por falhas, atuou mais fortemente na dissecação dessa margem, sendo que a planície desse rio se aproxima da linha de cumeada de sua margem direita. Para se ter um comparativo, a bacia do Ribeirão dos Cavalos é a maior bacia do Itapetininga, em função da assimetria deste na margem.

Ribeiro e Arruda (2021), analisando a unidade das planícies fluviais do rio Itapetininga, destacam que na área próximo ao setor leste da bacia do Ponte Alta, a inflexão do canal em forma de cotovelo pode se relacionar ao próprio controle lito-estrutural do embasamento geológico da área como indicar também algum processo de cunho tectônico, como um rebaixamento ou soerguimento de bloco, porém tais elementos só podem ser justificados mediante uma análise mais detalhada do próprio modelado do relevo.

Deste modo, principalmente a evolução geomorfológica da margem direita do rio Itapetininga, tem influenciado a configuração do relevo na bacia do Ribeirão Ponte Alta e conseqüentemente de sua distribuição altimétrica, componente essencial para o processo de ocupação antrópica. A hipsometria influencia diretamente nos padrões de drenagem, sendo um dos atributos do relevo essenciais ao planejamento urbano, principalmente no que diz respeito a desastres naturais como inundações e deslizamentos (CARULLI *et al.*, 2021).

Ademais, a direção da rede de drenagem e suas planícies são influenciadas pelas configurações de relevo resultantes litoestruturais e climáticos, sendo este segundo item merecedor de trabalhos futuros. Por meio dessas informações, analisando a paisagem presente na área de estudo, é possível identificar que as regiões das baixas sub-bacias do Ribeirão Ponte Alta e Taboãozinho apresentam as planícies mais amplas e formas dos interflúvios mais suavizadas (Figura 9).

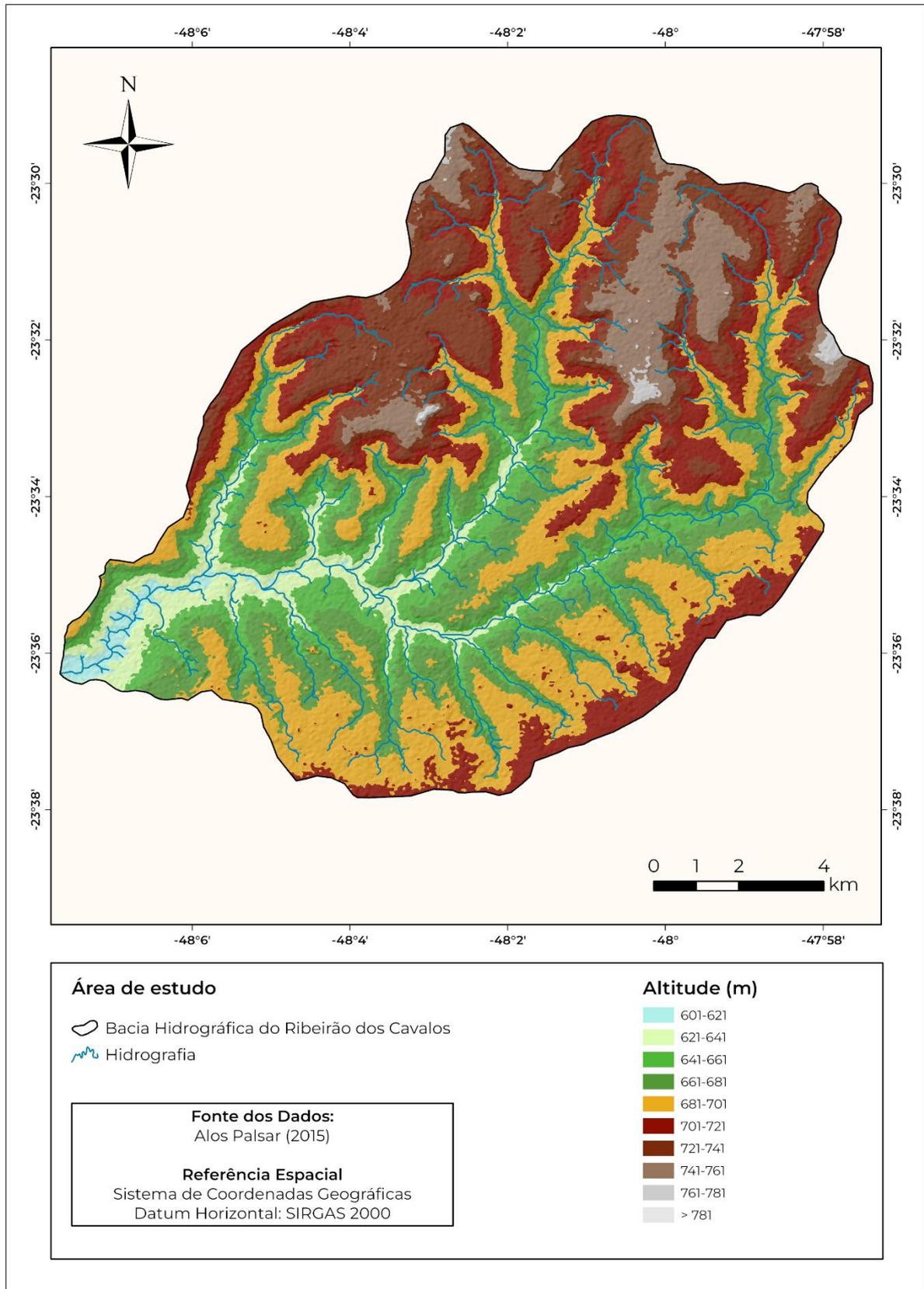
Figura 9 – Encosta da Sub-bacia Ribeirão Ponte Alta



Fonte: Elaborado pela autora.

A bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos apresenta uma altitude média 697m, sendo os maiores valores localizados nas regiões norte, nordeste e noroeste da bacia (bairros Jardim das Flores, Vila Belo Horizonte e Mato Seco), que correspondem às sub-bacias do Ribeirão da Quaresma, Ponte alta e Chá, em função dos elementos litroestruturais já mencionados, e os valores de menor altitude nas regiões sul e sudoeste (bairros Vila Mazzei, Vila Rio Branco, Centro e Vila Barth), correspondendo à área próximo à confluência com o nível de base regional, o rio Itapetininga (Figura 10).

Figura 10 – Mapa Hipsométrico da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Elaborado pela autora.

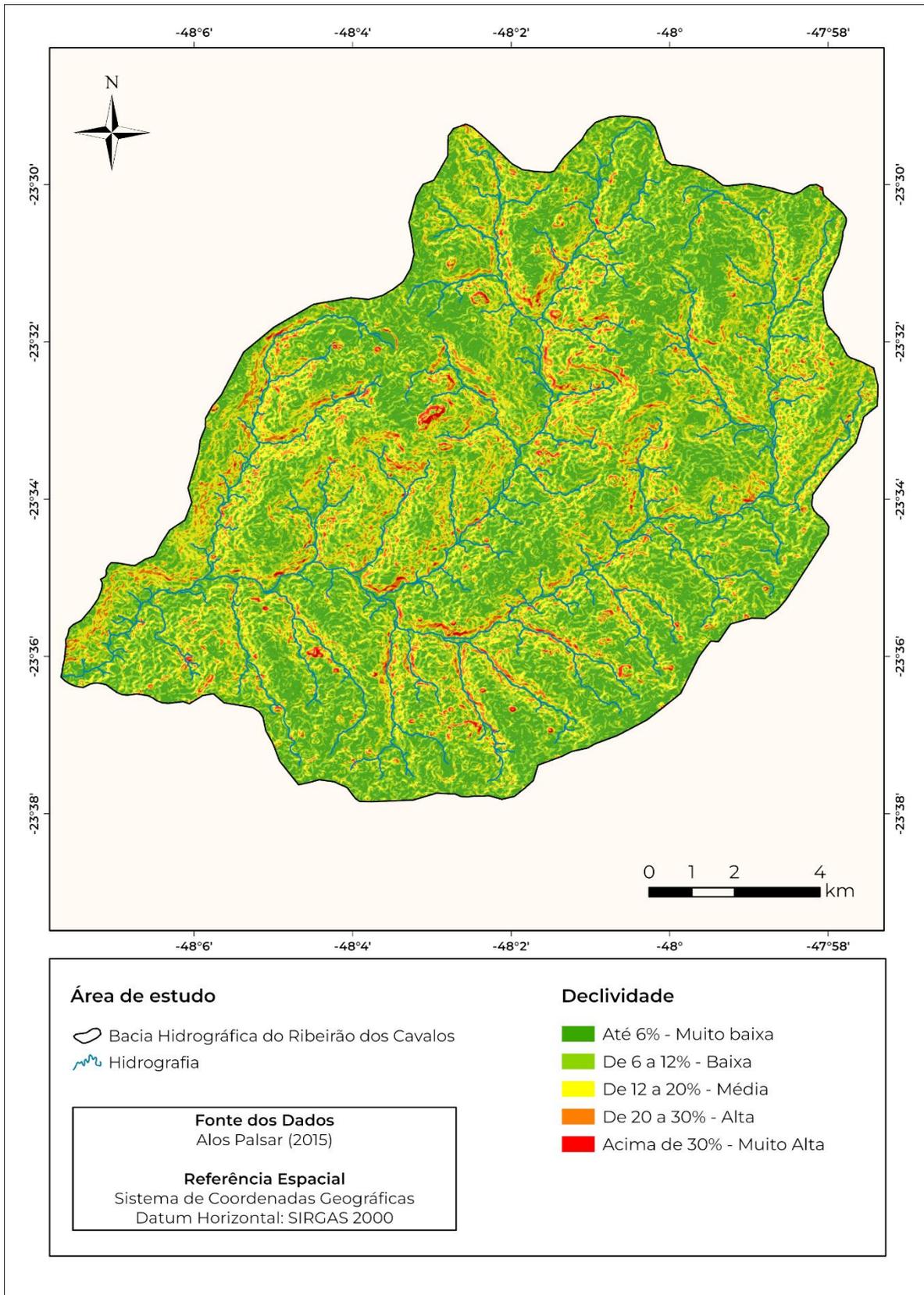
O padrão da rede de drenagem, tendo em vista a proposta de Howard (1967), é o subdendrítico, comum aos terrenos sedimentares, e a direção predominante dos cursos fluviais é NE-SW com relação aos canais principais, com exceção do Ribeirão da Aguada (N-S), e o trecho do Ribeirão dos Cavalos (E-W). Já os afluentes de 2ª ordem apresentam em grande parte a direção (SE-NW).

Com o propósito de compreender as características gerais do relevo da área de estudos, outro importante aspecto analisado foi a declividade em função desse parâmetro influenciar o escoamento superficial e subsuperficial, orientar o uso do solo, constar em diferentes legislações ambientais e ser incorporada na metodologia para a análise de fragilidade ambiental.

A declividade, ou inclinação do terreno, afeta significativamente na concentração, dispersão e velocidade da enxurrada e resulta no maior ou menor arrastamento superficial das partículas de solo. Em terrenos planos, ou apenas levemente inclinados, a água percola em menor velocidade, possuindo menos energia; em terrenos muito inclinados, o atrito ao escoamento das águas é menor e, por essa razão, elas atingem maiores velocidades (LEPSCH, 2010).

Assim, a declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos é apresentada através da Figura 11.

Figura 11 - Mapa da Declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Elaborado pela autora.

Explorando a declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos tem-se, em ordem decrescente, que 39,72% da bacia encontra-se em declividade baixa, 34,6% em declividade muito baixa, 20,37% em declividade média, 4,59% em declividade alta e, apenas, 0,72% encontram-se em declividade muito alta (Tabela 10).

Tabela 10 – Classes de declividade

Classes de declividade	Área (km²)	Área (%)
Até 6% - Muito baixa	59,04	34,25
De 6 a 12% - Baixa	63,92	37,08
De 12 a 20% - Média	38,89	22,56
De 20 a 30% - Alta	9,21	5,34
Acima de 30% - Muito Alta	1,31	0,76

Fonte: Elaborado pela autora.

A declividade de uma bacia hidrográfica pode influenciar na formação urbana e rural da região. Em áreas com declividade mais elevada, há uma maior probabilidade de ocorrência de erosão e deslizamentos de terra, o que pode afetar negativamente as atividades humanas na região. Já em áreas com declividade mais suave, há uma maior facilidade para a construção de infraestrutura urbana e rural, além de favorecer a agricultura e a pecuária.

De acordo com um estudo realizado por Barbosa *et al.* (2015) sobre a bacia hidrográfica do rio Gameleira, no estado de Minas Gerais, a declividade foi um dos fatores que influenciaram a distribuição das atividades humanas na região. Segundo os autores, as áreas com declividade mais suave foram ocupadas por atividades agrícolas e pecuárias, enquanto as áreas com declividade mais acentuada foram deixadas para a conservação ambiental.

A região central da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, onde fluem os corpos-hídricos que correspondem a trechos das sub-bacias Ribeirão Ponte Alta e Ribeirão do Chá, apresentam declividades acentuadas, com vertentes mais íngremes e aumentando a dissecação do relevo, tornando a cobertura superficial mais suscetível aos processos erosivos (Figura 12).

Figura 12 – Trecho fluvial da Sub-bacia do Ribeirão do Chá



Fonte: Elaborado pela autora.

Sendo assim, é possível observar que em sua maioria, a bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos caracteriza-se por ser uma região relativamente plana, possuindo 71% de toda a área com uma declividade que varia entre 0 e 12%, favorecendo práticas de uso do solo que necessitem de áreas regulares, como o desenvolvimento de práticas agrícolas (Figura 13).

Figura 13 – Cultivo de lavoura temporária – Sub-bacia Ribeirão Ponte Alta



Fonte: Elaborado pela autora.

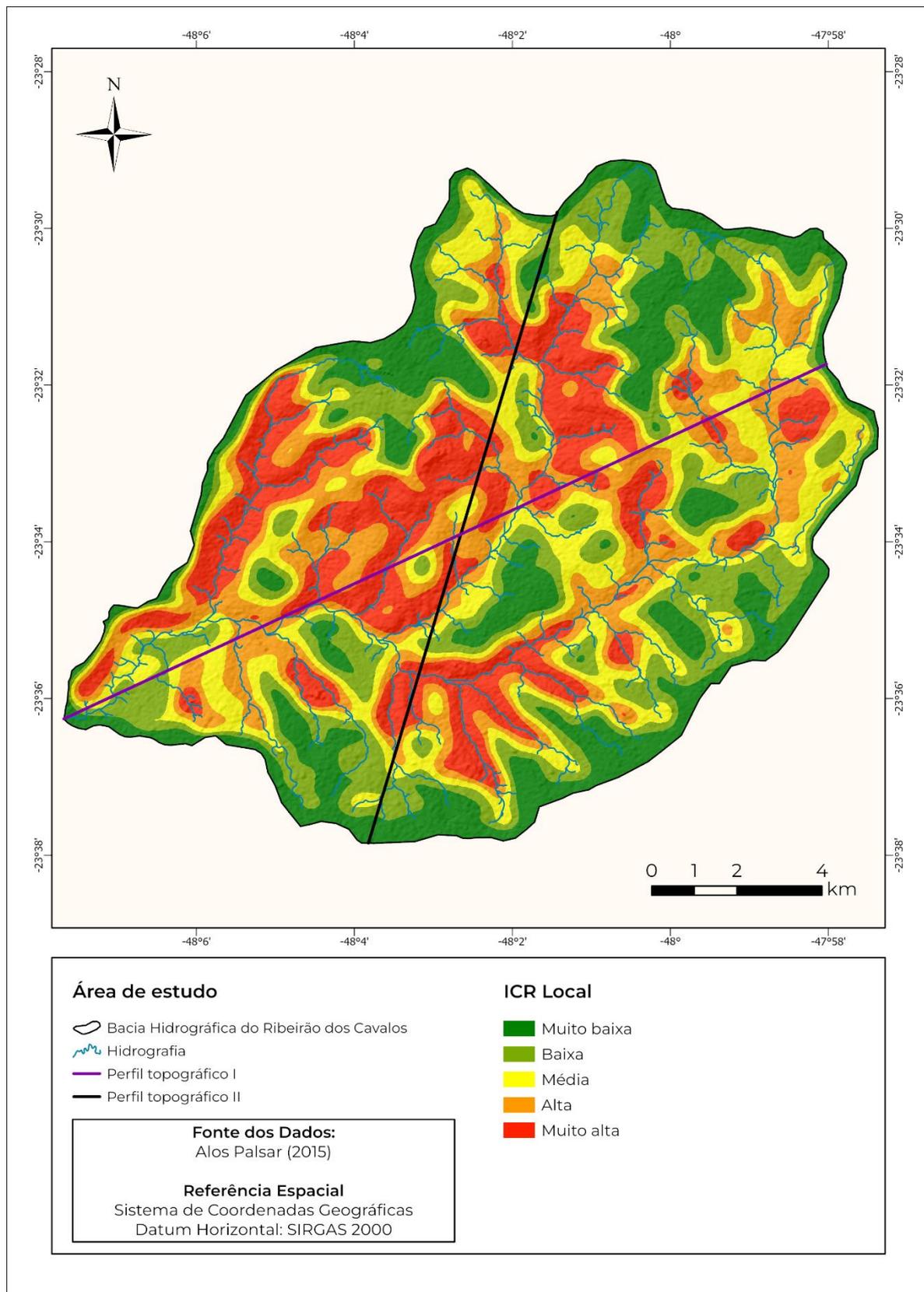
Nesse sentido, nota-se que as áreas que correspondem as classes média, alta e muito alta, são encontradas principalmente em encostas junto aos vales fluviais, independente das litologias locais, em função da ação de entalhamento dos rios que drenam a bacia. Como o mapa de declividade apresenta seus valores representados cartograficamente por setores mais restritos, optou-se por técnica que pudesse distribuir esses valores de declividade por tendência regionais de rugosidade, possibilitando assim compreender aspectos do relevo da área.

Observando os padrões de distribuição espacial da declividade da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos por meio do Índice de Concentração de Rugosidade, e estabelecendo uma adaptação das classes propostas por Sampaio e Augustin (2013), e a realidade da área, averiguada nos demais mapas temáticos bem como em trabalhos de campo, considerou-se coerente atribuir a classe IRC muito alta para relevo fortemente ondulado; classe alta para relevo ondulado; classe média para relevo suavemente ondulado; e classes baixa e muito baixa para relevos planos. Nesse sentido, em relação aos interflúvios, predominam as formas convexizadas, com alguns setores de vertentes retilíneas.

Nota-se uma distribuição homogênea por toda a área de estudo, apresentando vertentes retilíneas, concavas e convexas, bem como padrões em morros.

O mapa de ICR da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos é apresentado na Figura 14, possuindo as classes de concentração que variam de muito baixo a Muito alto.

Figura 14 - Mapa do Índice de concentração de rugosidade local e Perfis Topográficos I e II da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Elaborado pela autora.

Ao analisar os índices de rugosidade, é possível notar diferentes unidades, mesmo se tratando de uma área com pouca variação litológica e poucos setores de alta declividade. Conforme análise da Tabela 11, tem-se que as duas maiores classes de concentração (20,36% - Muito alta e 19,54% - Muito baixa, indicando um aspecto plano da área de estudo.

Tabela 11 – Índices de concentração de rugosidade local

Classes de concentração	Área (km²)	Área (%)
Muito baixa	33,82	19,54
Baixa	34,96	20,21
Média	34,83	20,13
Alta	34,19	19,76
Muito Alta	35,23	20,36

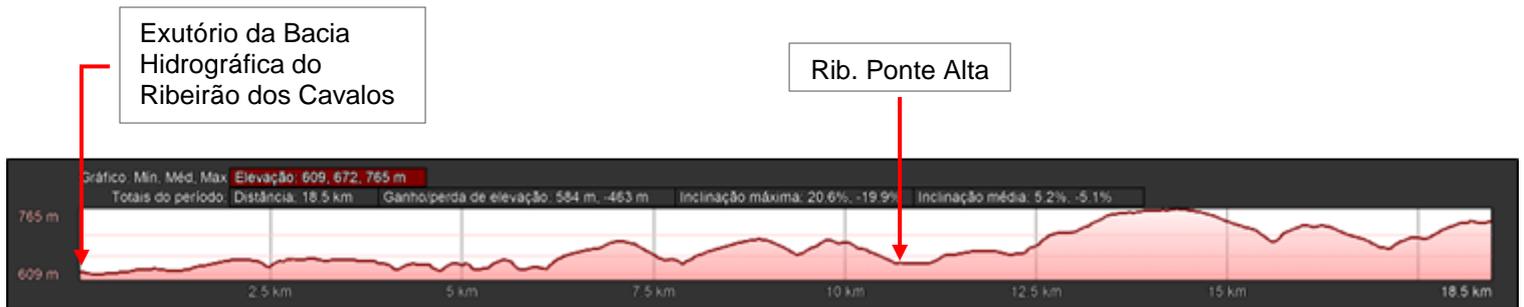
Fonte: Elaborado pela autora.

A bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos apresenta médias altimétricas que variam entre 601 e 781m. Para auxiliar na interpretação das formas de relevo, foram traçados dois transectos, Perfil Topográfico I e Perfil Topográfico II.

Um transecto em um perfil topográfico é uma linha que é desenhada perpendicularmente à direção do perfil, e que corta através das curvas de nível do mapa topográfico. O transecto pode ser usado para identificar as características do terreno, como os tipos de solo e vegetação presentes na área, a inclinação do terreno e outros elementos topográficos (BONHAM, 2013).

Ao observar as formas de relevo presentes no transecto do Perfil Topográfico I da área de estudo (Figura 15), transecto traçado no sentido NE-SW, constata-se que a bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos possui um padrão de relevo formado por morros, colinas e planície. Os morros e colinas ocupam as sub-bacias do Ribeirão do Chá e Ponte Alta, predominando os topos convexizados. Na região central da bacia (área urbana), o relevo apresenta vales bem encaixados, com vertentes com alto grau de inclinação. Na porção sudoeste, o relevo apresenta planícies mais desenvolvidas junto ao vale do Ribeirão dos Cavalos.

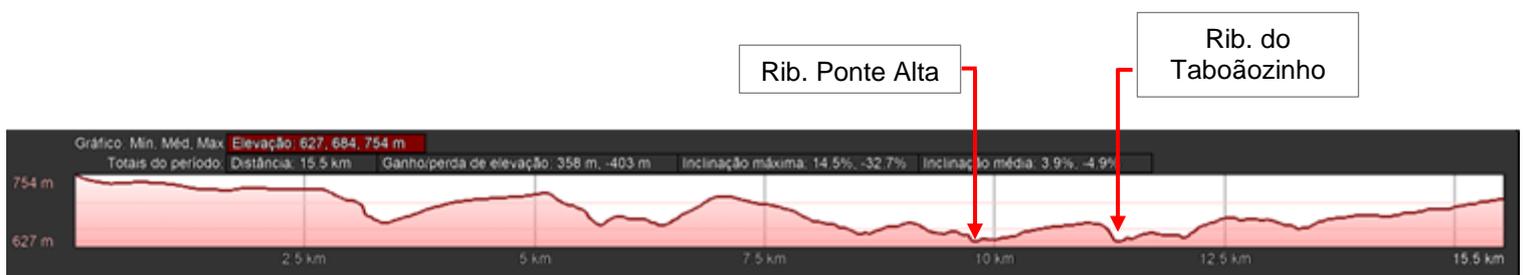
Figura 15 – Perfil Topográfico I da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Google Earth.

No Perfil Topográfico II (Figura 16), transecto traçado na direção NE para SW, verificam-se as feições dos principais interflúvios da bacia hidrográfica, apresentando interflúvios de topos mais extensos e suaves nas bordas da bacia hidrográfica e morros e colinas na região central da bacia, trechos da sub-bacia do Ribeirão Ponte Alta e Ribeirão do Chá, com relevo ondulado e fortemente ondulado.

Figura 16 – Perfil Topográfico II da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Google Earth.

Uma vez destacadas algumas características do relevo da bacia, é necessária a análise de como essa superfície é ocupada, para assim compreender a fragilidade ambiental à qual a área está sujeita.

5.2 Análise ambiental e uso e ocupação da terra da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos

Uma vez destacadas algumas características do relevo da bacia, é necessária a análise de como essa superfície é ocupada, para assim compreender a fragilidade ambiental à qual a área está sujeita.

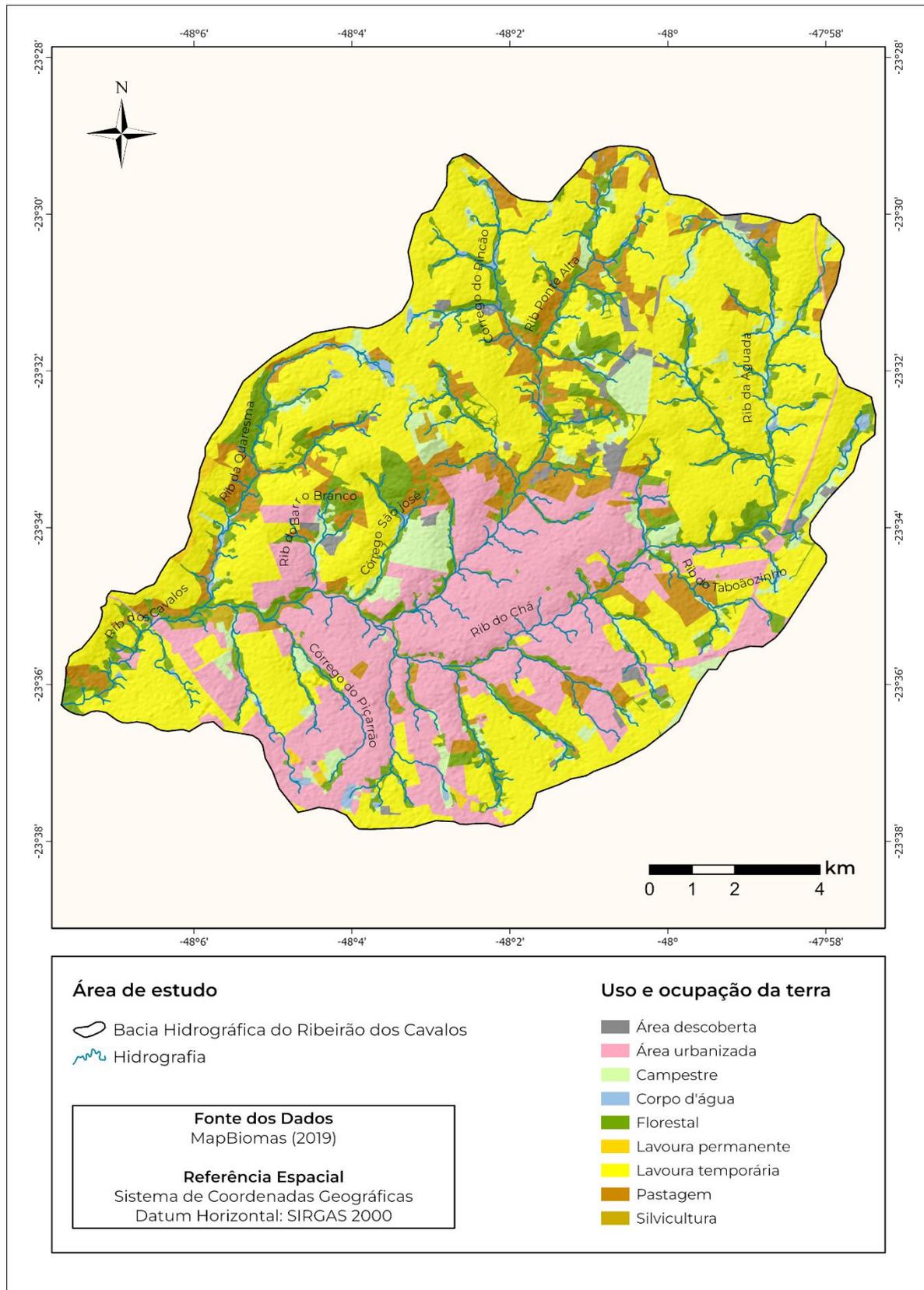
A análise do uso e ocupação da terra de uma bacia hidrográfica envolve a identificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal e do solo presentes na região, bem como a identificação das áreas degradadas ou ameaçadas. Além disso, é importante avaliar a localização das atividades humanas, como as áreas urbanas e industriais, para compreender como essas atividades podem afetar a qualidade da água e do ar.

A forma em que é realizado o uso e ocupação da terra ocasiona diversas consequências na qualidade dos corpos hídricos, refletindo nas condições ambientais da bacia (SOUZA; GASTALDINI, 2014; SIMONETTI; SILVA; ROSA, 2022). Deste modo, o uso e ocupação da terra e as atividades humanas relacionadas podem ocasionar alterações na qualidade e disponibilidade hídrica (POLETO, 2014), bem como agravar a fragilidade do meio.

A análise do uso e ocupação da terra de uma bacia hidrográfica envolve a identificação dos diferentes tipos de cobertura vegetal e do solo presentes na região, bem como a identificação das áreas degradadas ou ameaçadas. Segundo Carneiro *et al.* (2018), a identificação dessas áreas é importante para a elaboração de estratégias de gestão ambiental mais eficientes. A partir dessa análise, é possível identificar áreas prioritárias para a conservação e recuperação ambiental, além de propor medidas para a gestão sustentável da bacia hidrográfica.

A cidade de Itapetininga é conhecida por sua extensão territorial, apresentando o 12º maior PIB (Produto Interno Bruto) do agronegócio paulista (PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAPETININGA, 2023). Em virtude da sua baixa declividade, a bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos possui uma forte propensão agrícola. A pedologia local, como descrito anteriormente, contribui para o seu uso como forma de desenvolvimento de diversas culturas, seja temporária, como milho, soja, feijão ou permanente como o cultivo citrus (Figura 17).

Figura 17 – Mapa de Uso e Ocupação da Terra da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Elaborado pela autora.

Observando o uso e ocupação da terra como um todo, tem-se em ordem decrescente os seguintes tipos de uso: lavoura temporária (milho, soja e feijão) com 47,13%, área urbanizada (imóveis residenciais, comerciais, indústria, chácaras e rodovias) com 23,18%, formação florestal com 11,86%, pastagem com 8,33%, formação campestre com 6,01, área descoberta (solo descoberto) com 1,54%, corpo d'água com 1,18%, lavoura perene com 0,40% e silvicultura com 0,39% (Tabela 12).

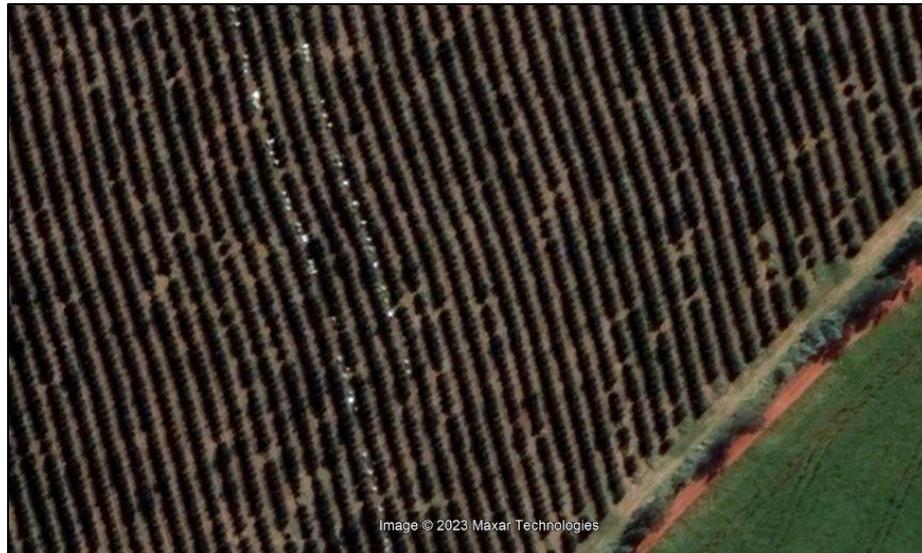
Tabela 12 - Área ocupada pelos tipos de uso e ocupação da terra

Tipo de uso	Área (km²)	Área (%)
Área descoberta	2,66	1,54
Área urbanizada	40,19	23,18
Campestre	10,43	6,01
Corpo d'água	2,04	1,18
Florestal	20,56	11,86
Lavoura permanente	0,70	0,40
Lavoura temporária	81,72	47,13
Pastagem	14,44	8,33
Silvicultura	0,67	0,39

Fonte: Elaborado pela autora.

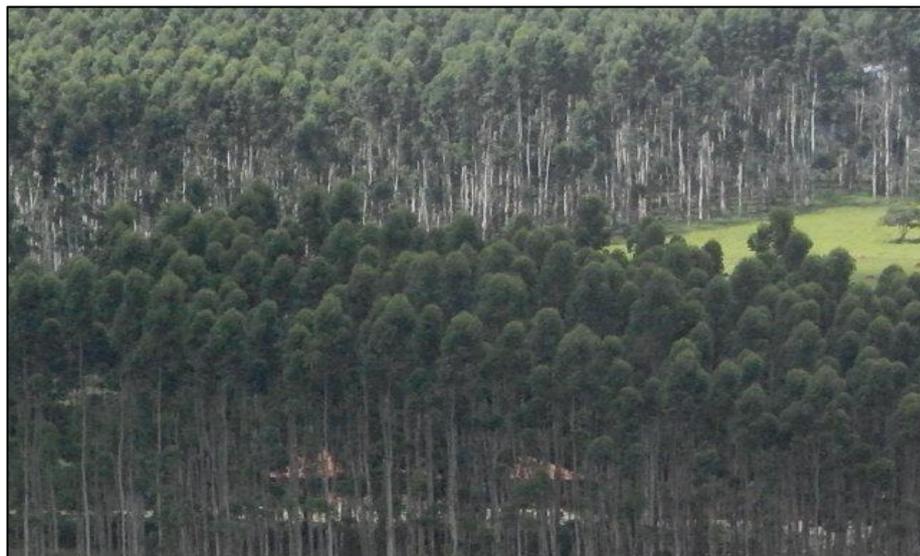
Ainda sobre seu potencial agrícola, a bacia apresenta diversos fragmentos de cultivos como a plantação de citrus (Figura 18) e a silvicultura de eucalipto (Figura 19).

Figura 18 – Imagem de satélite do fragmento de cultivo de citrus – Sub-bacia do Ribeirão da Quaresma



Fonte: Google Earth, Maxar, 2023.

Figura 19 – Silvicultura de eucalipto – Sub-bacia do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Elaborado pela autora.

Em seu estudo, Moledo *et al.* (2016) aborda os impactos ambientais relacionados a silvicultura de eucalipto, onde foram apontados sobre o manejo do eucalipto as principais alterações como disponibilidade hídrica e alterações do solo.

Desde modo, tal prática desenvolvida na bacia, assim como as demais culturas desenvolvidas presentes na área de estudo necessitam de um plano de manejo adequado com o objetivo de preservação local.

Por ser uma cidade com grande potencial agrícola, Itapetininga, ao longo dos anos, substituiu a lavoura familiar pela mecanização da agricultura, ocasionando o êxodo rural, bem como a intensificação do processo de industrialização da cidade, favorecendo o aumento populacional (CAMARGO, 2014).

Segundo dados da Prefeitura Municipal de Itapetininga (2023), a economia da cidade ocupa a 26ª posição entre as 475 cidades brasileiras de médio porte, possuindo 12 mil empresas em atividade as quais destacam-se as grandes indústrias nas áreas de alimentos, têxtil, química, moveleira, autopeças e recursos energéticos, incluindo gás natural.

Assim, a segunda maior ocupação da bacia é composta pela área urbana, sendo a maior concentração dessa classe de uso localizada na região centro-sul da bacia, ocupando trechos das sub-bacias do Ribeirão do Chá, Ponte Alta e Ribeirão dos Cavalos. A Figura 20 apresenta uma imagem de satélite do fragmento urbano da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.

Figura 20 – Imagem de satélite do fragmento urbano da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Google Earth, Airbus, 2023.

Um dos passivos ambientais do avanço populacional refere-se à necessidade de o meio ambiente adequar-se à nova condição, uma vez que é necessária sua reorganização para acomodar-se às intervenções humanas. Trechos da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, em especial os trechos que cortam a área urbana e apresentam elevado grau de antropização no seu entorno, apresentam recorrentes alagamentos e inundações. Em 2016, uma forte chuva causou o alagamento de ruas da Vila Máximo localizadas às margens do Ribeirão dos Cavalos, conforme apresentado na Figura 21.

Figura 21 – Transbordo do Ribeirão dos Cavalos no ano de 2016 atingindo a Vila Máximo.



Fonte: TV Tem, 2017.

Nessa região, nota-se a alteração do percurso natural dos rios e a ocupação de áreas de preservação permanente (APP), a qual deveria servir de suporte a preservação ambiental. Segundo o Código Florestal, Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012), rios que possuam largura inferior a 10 metros, devem contar com áreas de preservação permanente de 30 metros. Observando trechos da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, em especial os trechos que cortam a área urbana, também nota-se pontos onde moradias e ruas invadem as áreas de preservação permanente (APPs), contribuindo para a impermeabilização do solo (Figura 22).

Figura 22 – Ausência de APP – Sub-bacia do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Google Earth, Airbus, 2023.

Na mesma região, no ano de 2020, em apenas uma hora, 47 milímetros de chuvas provocou o alagamento de um trecho da Marginal dos Cavalos, resultando na interdição de uma rua de acesso à Vila Deyse. (Figura 23). Esses eventos demonstram que o crescimento demográfico da população urbana e a ocupação do solo de forma desordenada indicam a necessidade de aplicação de políticas públicas para mitigar o impacto negativo desse crescimento (MEDEIROS *et al.*, 2023).

Figura 23 – Alagamento do bairro localizado próximo à Sub-bacia do Ribeirão dos Cavalos.



Fonte: TV Tem, 2020.

A região da sub-bacia do Ribeirão do Chá também apresentou recorrentes problemas de alagamento. No ano de 2020, a chuva causou o alagamento do bairro Vila Barth localizado às margens do Ribeirão do chá, conforme apresentado na Figura 24.

Figura 24 – Alagamento no ano de 2020 da sub-bacia do Ribeirão do Chá, região da Vila Barth.



Fonte: TV Tem, 2020.

Assim como trechos da Marginal dos Cavalos, a Marginal do Chá, área da Sub-bacia do Ribeirão do chá, também apresenta pontos de ausência de área de preservação permanente (Figura 25).

Figura 25 – Ausência de APP – Sub-bacia do Ribeirão do Chá



Fonte: Elaborado pela autora.

Mesmo com o passar dos anos e algumas ações desenvolvidas pelo município nota-se que as alterações causadas pelo crescimento desordenado e não planejado ainda não foi reordenado pelo meio, além das ações não contemplarem recuperação de APPs e fiscalização para liquidar as intervenções humanas.

Outro passivo ambiental que acomete a cidade de Itapetininga é o gerenciamento dos resíduos, em especial os resíduos de construção civil e de podas de vegetação. A falta de conscientização da população gera o descarte de resíduos em locais indevidos.

O município conta com apenas um ponto de coleta pública (Ecoponto), porém em alguns momentos o mesmo não se encontra em funcionamento (como em situações em que o maquinário de compactação está em manutenção) ou a quantidade que o ponto de coleta é autorizado a receber ultrapasse a quantidade que o munícipe deseja destinar, essas situações acabam gerando o descarte incorreto em diversos pontos da cidade, conforme apresentado nas Figuras 26 e 27.

Figura 26 – Descarte incorreto de resíduos - Sub-bacia do Ribeirão do Chá



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 27 – Descarte incorreto de resíduos - Sub-bacia do Ribeirão dos Cavalos

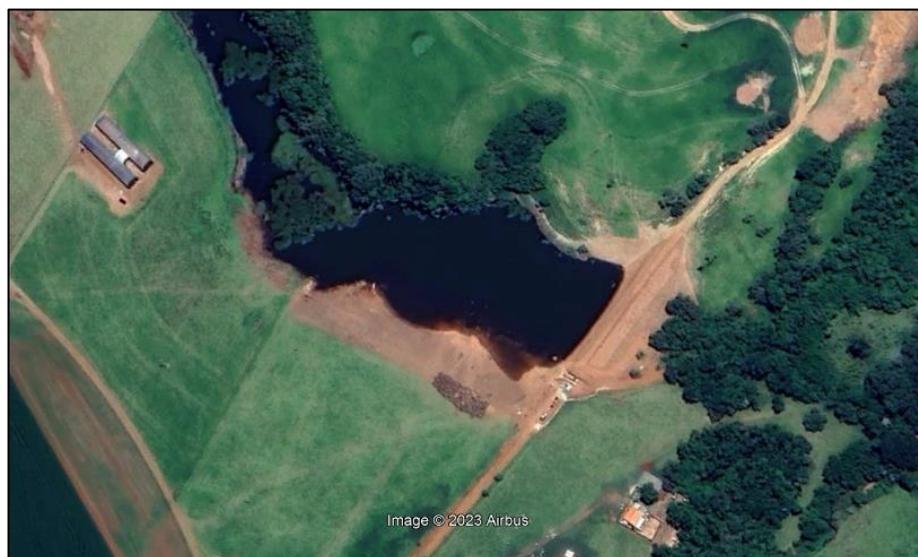


Fonte: Elaborado pela autora.

Em algumas áreas da bacia, nota-se alterações nos percursos naturais dos recursos hídricos, sugerindo represamento para distintas finalidades, tais como irrigação das lavouras, recreação e criações de peixes, como apresentado na Figura 28. Nesse cenário, Castro e Oliveira (2012) salientam que os casos de represamentos geram impactos no ecossistema, causando alterações físico-químicas da água, que contribuem para a eutrofização e alteração tanto da vazão quanto da estrutura do

canal, especialmente no segmento a jusante da barragem, alterando a dinâmica do corpo hídrico.

Figura 28 – Represamento – Sub-bacia do Ribeirão Ponte Alta



Fonte: Google Earth, Airbus, 2023.

Tendo em vista que a ocupação humana e suas atividades refletem significativamente na qualidade do ambiente, principalmente no tocante à qualidade e quantidade de água (MELO *et al.*, 2019; SIMONETTI *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2020; MEDEIROS *et al.*, 2023;), esta pesquisa contemplou a análise de importantes parâmetros de qualidade da água, apresentados na Tabela 13, que serviram de suporte para um diagnóstico inicial da qualidade da água da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.

Tabela 13 - Resultados dos parâmetros amostrais de coleta de água: Temperatura da amostra de água (Temp), Oxigênio Dissolvido (OD), condutividade elétrica (Cond. elétrica), sólidos totais dissolvidos (STD), potencial hidrogeniônico (pH) e potencial redox (Pot. Redox), para os nove pontos de coleta da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos.

Pontos coletados	Período	Ponto 1 classe 2	Ponto 2 classe 3	Ponto 3 classe 3	Ponto 4 classe 4	Ponto 5 classe 4	Ponto 6 classe 4	Ponto 7 classe 4	Ponto 8 classe 2	Ponto 9 classe 4	Resolução CONAMA 357/2005 (classe 2)	Resolução CONAMA 357/2005 (classe 3)	Resolução CONAMA 357/2005 (classe 4)
Sub-bacia		Afluente Rib. da Aguada	Rib. do Tabãozinho	Rib. do Chá	Rib. dos Cavalos	Rib. dos Cavalos	Rib. Ponte Alta	Rib. Ponte Alta	Rib. da Quaresma	Rib. dos Cavalos	Não estabelecido	Não estabelecido	Não estabelecido
Temp. amostra (°C)	Seco	16	17,6	17,5	17,8	17,8	18,5	17,2	16,7	18	Não estabelecido	Não estabelecido	Não estabelecido
	Chuvoso	22,6	23,5	23,3	23,7	23,3	23,9	24,6	24	23,6			
OD (mg/L)	Seco	5,1	4,1	3,9	5,4	5,3	4,7	5,1	9	3,9	≥ 5 mg/L	≥ 4 mg/L	≥ 2 mg/L
	Chuvoso	7,9	8	6,9	7,1	7,3	6,9	7,7	5,6	3,2			
Cond. elétrica (µS/cm3)	Seco	25,2	65	128,4	150,7	156,5	154,9	71,8	59,3	147,8	Não estabelecido	Não estabelecido	Não estabelecido
	Chuvoso	22,9	61,4	88,6	110,5	108,9	121,8	66	69,7	112,2			
STD (mg/L)	Seco	12,6	32,3	64,5	75,7	78,6	77,7	35,9	29,7	73,9	≤ 500 mg/ L	≤ 500 mg/ L	≤ 500 mg/ L
	Chuvoso	11,5	30,7	44,4	55,3	54,5	61	33,1	34,8	56,2			
pH	Seco	6,7	6,25	5,95	6,2	6,05	6,2	6,25	5,9	6,05	6 a 9	6 a 9	6 a 9
	Chuvoso	8,72	8,1	8,05	7,83	7,3	7,76	7,25	7,52	7,07			
Pot. Redox (mV)	Seco	25,1	53,2	61	42	49	46,5	46	74	65	Não estabelecido	Não estabelecido	Não estabelecido
	Chuvoso	-11,6	3,6	4,1	-25,5	-28,6	-26,6	-18,4	-24,5	-12,4			

Fonte: Elaborado pela autora

A temperatura gera influência em vários parâmetros físico-químicos da água, sendo responsável pela medição da intensidade de calor, refletindo o grau de aquecimento das águas e da radiação solar. Os corpos hídricos tendem a apresentar variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano (ANA, 2022). As amostras coletadas ao longo da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos apresentaram variação de 16 a 24,6°C, sendo o ponto 7 (zona rural), o ponto que apresentou maior temperatura.

O oxigênio dissolvido (OD) é essencial para a conservação da vida aquática, já que vários organismos necessitam de oxigênio para respirar. Águas poluídas por efluentes tendem a apresentar baixa concentração de OD, visto que o mesmo é utilizado no processo de decomposição da matéria orgânica (ANA, 2022). A temperatura alta da água também acarreta na redução de OD. Os valores coletados apresentam variação de 3,9 e 8,0, sendo o ponto 3, o único ponto que apresentou valor abaixo do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005, vale destacar que tal valor foi coletado em período seco e que o ponto 3 é localizado em zona urbana e sofre com ações antrópicas, como lançamento de efluentes e resíduos sólidos, o que pode gerar o baixo teor de OD.

Condutividade elétrica pode ser definida como a capacidade da água de conduzir uma corrente elétrica e está sujeita a concentração dos íons presentes na solução: cátions e ânions. Mudanças significativas neste parâmetro podem indicar processos de contaminação, como a descarga de material na água (EMBRAPA, 2022). Analisando os dados coletados, os valores de condutividade variaram entre 25,2 e 156,5, sendo os pontos 3, 4, 5, 6 e 9, os pontos que apresentaram os maiores valores, valores que se justificam devido ao fato de estarem inseridos em zona urbana, com exceção ao ponto 9 que se encontra em zona rural, porém é o ponto de confluência de toda a bacia.

Sólidos totais dissolvidos (STD) é a soma de todos os constituintes químicos dissolvidos na água. O menor valor coletado de TDS foi de 11,5, enquanto o maior valor corresponde a 78,6. De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o valor máximo para esse parâmetro é de 500 mg/L, para os corpos de água doce Classes II, III e IV, seguindo esses critérios, todas as amostras encontram-se dentro da tolerância.

O pH indica a acidez ou alcalinidade das soluções, podendo afetar diretamente no metabolismo de espécies aquáticas. A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece

que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9. O pH das amostras coletadas variou entre 5,9 e 8,72, caracterizando as amostras como ácidas, sendo as amostras dos Pontos 3 e 8, ambas coletadas em período seco, as únicas que se mantiveram fora do range estabelecido pela Resolução CONAMA.

Sobre o potencial redox, todos os valores encontrados foram menores em nos pontos analisados no período chuvoso comparados ao período seco, sendo que os pontos 1, 4, 5, 6, 7, 8 e 9 apresentaram valores negativos, mas somente os pontos 8 e 9 obtiveram uma relação direta com a baixa disponibilidade de OD. Segundo Rocha, Cabral e Marcuzzo (2020), a relação entre o baixo teor de oxigênio dissolvido e potencial redox com valores negativos indicam a prevalência de processos redutores em razão do excesso de substâncias oxidadas, influenciando, assim, na capacidade de autodepuração da água.

Os resultados obtidos revelaram que a sub-bacia do Ribeirão do Chá, à medida que recebe a confluência dos tributários do Ribeirão da Aguada e Ribeirão do Taboãozinho, cuja atividade do entorno é predominantemente composta por cultivos agrícolas, tem sua classe alterada (classe 2 para classe 3 - Resolução CONAMA 357/2005), sendo este um indicativo de que as atividades agrícolas influenciam negativamente na qualidade da água, uma vez que pode ocorrer o carreamento de partículas de solo contendo elementos orgânicos e inorgânicos. Estudos realizados por Silva *et al.* (2020) avaliaram a análise espacial do custo de reposição de nutrientes do solo em uma bacia hidrográfica de elevada aptidão agrícola localizada na APA Itupararanga (SP), identificando grandes perdas de nutrientes, tais como potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Portanto, as práticas agrícolas necessitam de um manejo adequado para que não comprometam a qualidade da água.

Ainda no percurso do Ribeirão do Chá, ao adentrar áreas mais urbanizadas do município de Itapetininga, este continua sofrendo aporte de substâncias oriundas da cidade até confluir com o Ribeirão dos Cavalos (classe 4 - de acordo com o enquadramento proposto pela Resolução CONAMA 357/2005). Cabe destacar que os usos da terra presentes em ambas as sub-bacias são bastante similares, com classes de usos predominantes relacionados ao cultivo de lavouras temporárias e áreas urbanizadas. Tal fato infere que os usos da terra existentes na bacia estão contribuindo com a degradação dos recursos hídricos do município.

Já o Ribeirão da Quaresma possui a menor extensão fluvial, sendo a menor sub-bacia da área de estudo, pertencendo à classe 2 (CONAMA 357/2005). Os principais usos da sub-bacia são agrícolas e áreas de pastagens.

O Ribeirão dos Cavalos recebe a confluência dos demais ribeirões supracitados, sendo enquadrado na classe 4 (CONAMA 357/2005). Por receber a carga de todo material aportado ao longo da bacia, foi possível observar os possíveis efeitos deletérios na qualidade da água advindos dos usos da terra, uma vez que foram obtidos os maiores valores de condutividade elétrica e STD para ambos os períodos analisados (seco e chuvoso), bem como os menores valores de OD, além de valores de Pot. Redox, todos estes sugestivos de elevado aporte de material orgânico e sedimentos que podem adentrar os cursos de água.

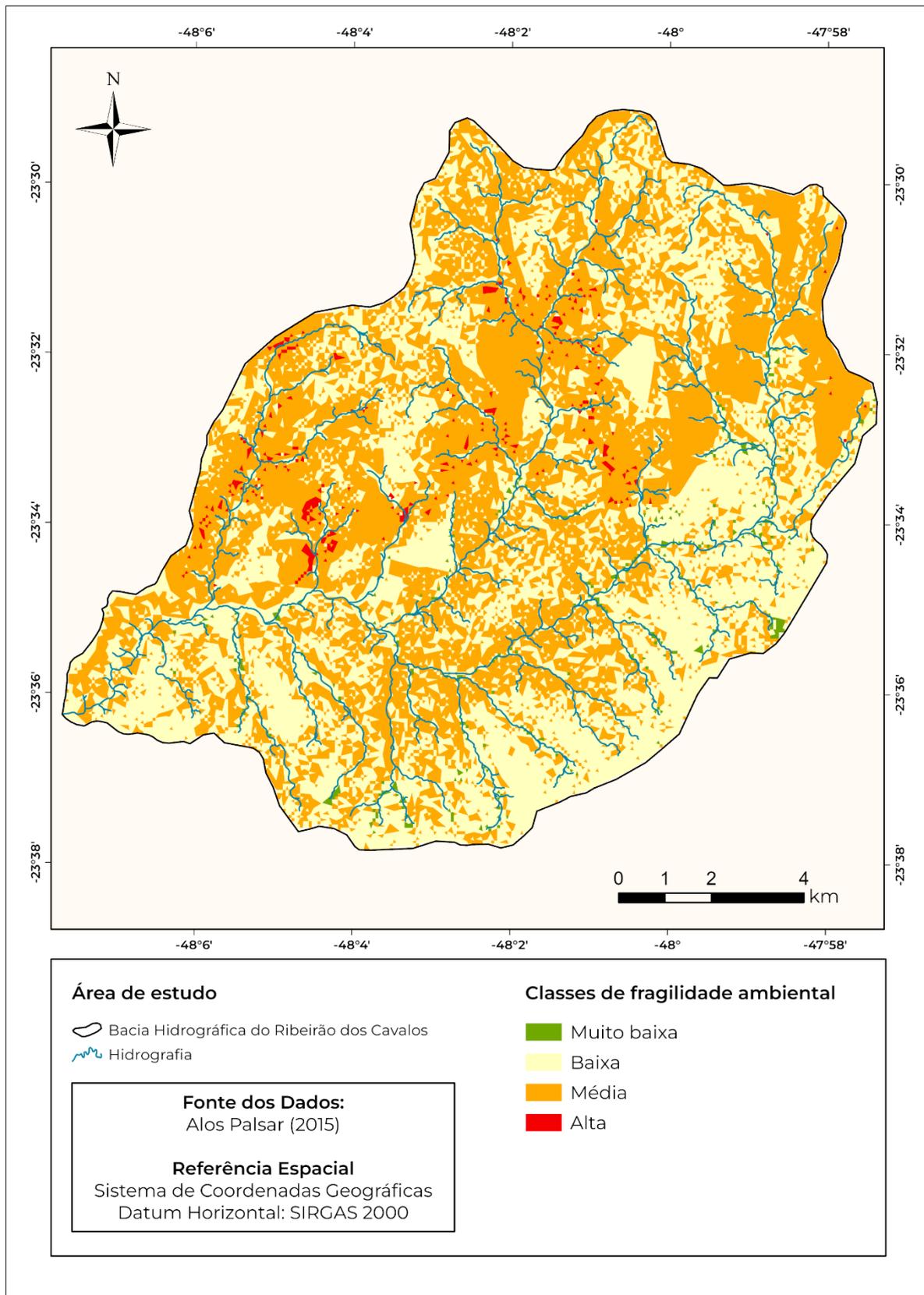
A partir dos resultados encontrados acerca dos parâmetros de água analisados na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, fica evidente a necessidade de ações que minimizem os impactos antrópicos na bacia, bem como o aumento na fiscalização das atividades realizadas e que contribuem com a degradação ambiental. Nesse sentido, o correto manejo do solo das práticas agrícolas e investimento em saneamento são essenciais para a sustentabilidade dos recursos hídricos.

5.3 Aplicação do indicador de fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos

A fragilidade de um ambiente envolve a avaliação de diferentes propriedades, possibilitando a interpretação da sua estrutura, dinâmica e funcionamento. Assim, auxiliando na identificação dos pontos fortes e fracos do ambiente, bem como ameaças e oportunidades que podem afetar sua estabilidade e conservação.

A fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos foi elaborada a partir das bases dos elementos naturais (pedologia, geologia e declividade) e humano (uso do solo). A partir dessa caracterização é possível identificar as áreas de maior vulnerabilidade conforme a susceptibilidade do relevo, bem como a forma de utilização do solo pela ação antrópica (Figura 29).

Figura 29 – Mapa da classificação da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Elaborado pela autora.

Deste modo, tem-se que 98,32% da área da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos encontra-se entre as classes baixa e média, correspondendo por 168,84 km². Sendo entre essas duas classes, a classe média a mais representativa, presente em 51,68% da área total da bacia, correspondendo a 88,75 km², conforme apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Classes de fragilidade ambiental

Classes	Área (km²)	Área (%)
Muito baixa	1,54	0,90
Baixa	80,09	46,64
Média	88,75	51,68
Alta	1,35	0,79

Fonte: Elaborado pela autora.

Conforme dados apresentados acima, a fragilidade média é a classe que constitui a maior área da bacia. Ao observar o mapa de fragilidade, nota-se que as áreas relativas a essa classe apresentam atributos que colaboram para a vulnerabilidade local, como a declividade acentuada junto aos vales fluviais, a geologia, ocupada em maior parte pela Formação Irati, com rápida fragmentação de seus folhelhos quanto expostos aos condicionantes atmosféricos, a pedologia, possuindo parcelas de Argissolos e Latossolos e o uso e ocupação da terra, ocupando as áreas urbana, sendo essa uma região de adensamento urbano, contribuindo para impermeabilidade do solo, e de uso para cultivo de lavouras temporárias como soja e milho. Essas áreas citadas ocupam principalmente a Sub-bacia do Ribeirão Ponte Alta.

Duas áreas nos chamam a atenção, a primeira é a área ocupada pela sub-bacia do Ribeirão da Quaresma, por ser a menor das quatro sub-bacias presentes na área de estudo, essa sub-bacia apresenta áreas de fragilidade alta. Apresentando um grau de declividade de média, predominando Argissolos e pelo grande uso para o cultivo de lavouras temporárias (Figura 30).

Figura 30 – Cultivo de lavouras temporárias – Cabeceira da Sub-bacia do Ribeirão da Quaresma



Fonte: Google Earth, Airbus, 2023.

A segunda área é a cabeceira do Ribeirão do Barro Branco, que faz parte da sub-bacia do Ribeirão dos Cavalos. Essa área apresenta zonas de fragilidade alta, em especial pelo uso do solo para a área urbana e pontos de áreas descobertas, além dos demais atributos como declividade, geologia e pedologia, que acabam intensificando a fragilidade. Ao percorrer a área, foi possível observar pontos de erosão (Figura 31).

Figura 31 – Pontos de erosão - Sub-bacia do Ribeirão da Quaresma



Fonte: Elaborado pela autora.

A sub-bacia que apresenta a menor fragilidade é a do Ribeirão do Chá, que possui como afluentes os Ribeirões da Aguada e Taboãozinho, sendo classificada na maior parte pela fragilidade baixa, essa sub-bacia é composta por Latossolos e sua declividade predominando apresenta-se entre muito baixa e baixa. Ao observarmos essa sub-bacia, é possível identificar áreas urbanas com predomínio de chácaras nas extremidades. Suas áreas de maior fragilidade encontram-se em torno dos corpos hídricos, como as zonas da alta bacia e região sul (presença de área urbana).

Dos principais problemas ambientais que acometem a bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, destacam-se os pontos erodíveis, a presença de resíduos sólidos, alagamentos, ausência de áreas de preservação permanente e a urbanização.

Algumas ações realizadas pela prefeitura e órgão ambientais como remoção de resíduos sólidos, desassoreamento e alargamento de alguns ribeirões ocorrem na cidade (Figura 32)

Figura 32 – Desassoreamento e Alargamento do Ribeirão dos Cavalos



Fonte: Prefeitura Municipal de Itapetininga, 2017.

A partir dos dados obtidos de uso e ocupação do solo é possível observar reflexos na qualidade da água, somados à fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos. Evidenciou-se que a bacia apresenta erosão, ausência de APP, crescimento desordenado comprometendo a qualidade da água, reflexo do uso antrópico, fatores que potencializam a necessidade de ações de gestão.

Nesse contexto, nota-se a necessidade de ações do poder público para conservação da bacia. Como alternativas, tem-se a possibilidade de aumentar e distribuir os pontos de coleta de resíduos (ecopontos) por zonas do município, a criação de programas de educação ambiental voltado para todas as faixas etárias visando a conscientização ambiental, a criação de instrumentos públicos de cunho fiscalizatórios para ações antrópicas que possam acarretar a impactos negativos no meio (como exemplo o corte e poda irregulares, uso e ocupação irregulares e descarte de resíduos em locais não licenciados), criação de projetos de reflorestamento ao longo dos corpos hídricos, especialmente nos pontos onde são constatados a ausência de APPs e a proposição de leis ambientais que visem o adequado monitoramento do uso dos solos.

Diante disse, apresenta-se um quadro síntese (Quadro 2) a fim de facilitar a integração dos conceitos abordados, bem como os problemas ambientais encontrados, contendo possíveis ações mitigadoras.

Quadro 2 – Quadro Síntese da análise da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos

Sub-bacia	Contexto Geomorfológico	Uso e ocupação da terra	Qualidade da água	Fragilidade Ambiental	Problemas Ambientais	Medidas mitigadoras
Ribeirão da Quaresma	Predomínio da Formação Teresina; possui padrões em morros; declividade baixa e média; topos convexos; relevo fortemente ondulado	Plantio de soja e milho e pastagem	Melhores resultados dos parâmetros de qualidade da água	Média e alta fragilidade	Presença de resíduos sólidos e pontos erodíveis	Monitoramento pelo poder público, ampliação dos pontos de coleta de resíduos sólidos
Ribeirão do Taboãozinho	Composta pela Formação Tatuí, possui padrões em colinas; declividade baixa; relevo suavemente ondulado	Área urbanizada e pastagem	Em virtude desta nascente aflorar em área urbana, sua qualidade é afetada	Baixa fragilidade	Urbanização	Monitoramento pelo poder público
Rib. do Chá	Composta pela Formação Tatuí, possui padrões em Morros e colinas; declividade acentuada; relevo suavemente ondulado	Área urbanizada e plantio de soja e milho	As atividades antrópicas ao longo da sub-bacia estão rebaixando a sua classe de qualidade (CONAMA 357/2005)	Baixa e média fragilidade	Urbanização, ausência de APP presença de resíduos sólidos	Monitoramento pelo poder público, ampliação dos pontos de coleta de resíduos sólidos, Reflorestamento das APPs
Rib. da Aguada	Predomínio da Formação Tatuí, possui padrões em Morros e colinas; declividade baixa e média; relevo suavemente ondulado	Plantio de soja e milho, área florestal e pastagens	Melhores valores de qualidade da água na cabeceira do conjunto da sub-bacia do Rib do Chá	Baixa e média fragilidade	Uso intenso para o cultivo de lavoura temporária	Monitoramento pelo poder público
Ribeirão Ponte Alta	Predomínio da Formação Teresina; possui padrões em morros e colinas; declividade acentuada; relevo ondulado e suavemente ondulado	Área urbanizada, plantio de soja e milho, área descoberta e pastagem	Melhores valores de qualidade da água na cabeceira da sub-bacia, e decréscimo da qualidade ao adentrar as áreas urbanizadas	Baixa, média e alta fragilidade	Urbanização e possível represamento	Monitoramento pelo poder público, Reflorestamento das APPs
Ribeirão dos Cavalos	Predomínio da Formação Tatuí; possui padrões em morros e planícies; declividade baixa a média; topos convexos; relevo ondulado e suavemente ondulado	Área urbanizada, área descoberta e plantio de soja e milho	Aporte de toda a carga orgânica/inorgânica oriundas dos usos da terra e atividades antrópicas	Baixa, média e alta fragilidade	Presença de resíduos sólidos, pontos erodíveis ausência de APP e urbanização	Monitoramento pelo poder público, ampliação dos pontos de coleta de resíduos sólidos, Reflorestamento das APPs
Interpretação do conjunto da bacia	Padrões em morros, baixa e média declividades ao longo da bacia, relevo suavemente ondulado; na zona urbana há ocorrência de vertentes íngremes com vales encaixados	Cultivo de lavouras temporárias (milho e soja) e áreas urbanizadas	Fortes indicativos de que as atividades antrópicas estão influenciando negativamente a qualidade da água a partir do aporte de elementos orgânicos e inorgânicos nos cursos se água.	Predominância de média fragilidade	Uso irregular das APPs, urbanização agravando a impermeabilidade do solo, uso irregular do solo	Ações de conservação e recuperação das APPs, desenvolvimento de novos pontos de coletas de resíduos sólidos e monitoramento e fiscalização do uso e ocupação do solo

Fonte: Elaborado pela autora.

6 CONCLUSÃO

O uso de ferramentas de geotecnologia auxilia na elaboração e manipulação de dados que possibilitam identificar o relevo local, bem como possíveis alterações de uso e ocupação do solo.

Nesse sentido, o software de geoprocessamento permitiu elaborar e caracterizar os elementos que compõe o relevo da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos, possibilitando a avaliação quantitativa e qualitativa dos dados.

Sobre os produtos elaborados, notou-se que a área de estudo possui perfil relativamente plano, favorecendo o uso agrícola, em destaque o uso para cultivo de lavouras temporárias como soja e milho.

Analisando a área por suas sub-bacias, percebeu-se diferentes usos do solo. As sub-bacias Ribeirão Ponte Alta, Ribeirão da Quaresma e Ribeirão dos Cavalos, afloram em áreas de cultivo agrícola, enquanto o Ribeirão do Chá, no trecho onde aflora seu principal afluente, o Ribeirão do Taboãozinho nasce em área urbanizada, sofrendo interferências por conta desta pressão antrópica. Há poucos fragmentos florestais ao longo dos corpos hídricos, indicando regiões com ausência de áreas de preservação permanente.

Referente à conservação da bacia, foi evidenciada boa conservação em áreas rurais. No entanto, nos corpos hídricos em zona urbana, grandes quantidades de resíduos urbanos ao longo do leito foram observadas, tal como a ocupação urbana em áreas de APPs.

Nesse sentido, são necessárias ações conjuntas entre sociedade e poder público para que sejam monitorados os usos e ocupações existentes, a fim de recuperar (principalmente áreas de zonas urbanas em APP) e conservar a bacia hidrográfica em regiões onde as suas características estão preservadas.

Quanto a análise dos corpos hídricos que compõe a bacia, notou-se que os maiores desvios nas amostras coletadas correspondem à zona urbana, visto que áreas urbanizadas tendem a sofrer maior pressão ambiental, em virtude do despejo de efluente, aumento de temperatura e alteração do fluxo natural.

As metodologias empregadas na elaboração da documentação cartográfica, análise geomorfológica e uso e ocupação do solo, mostraram-se adequadas. No que se refere ao mapa de fragilidade ambiental da bacia, a mesma teve por objetivo proporcionar maior agilidade no processo de tomada de decisões.

No entanto, fica claro que esta pesquisa não deve ser vista como o único ponto de referência para as ações de controle ambiental que são necessárias para garantir um manejo ambiental adequado. Nesse sentido, é necessário o desenvolvimento de novos estudos enfatizando, por exemplo, a tradagem do solo presente na bacia, visto que o recorte pedológico efetuado nessa pesquisa utilizou dados elaborados em larga escala estadual. É importante ressaltar que novas pesquisas devem abranger outros aspectos da linha ambiental, como o uso e ocupação do solo pela área agrícola, realizando análise de água laboratoriais para identificar possíveis alterações por uso de defensivos agrícolas bem como avaliar o grau tecnológico das ações empregadas no cultivo dessas culturas.

Sendo assim, nota-se que o gerenciamento ambiental é um processo complexo e elaborado, requerendo a integração de metodologias e ações tanto em escala social, quanto tecnológica. No entanto, os resultados oriundos dessa relação, possibilitam obter resultados consistentes e perenes garantindo a manutenção da qualidade do solo e da água.

Isto posto, a presente pesquisa atingiu os objetivos propostos, possibilitando a caracterização e fornecendo dados relativos à bacia hidrográfica do Ribeirão dos Cavalos para que possam ser utilizados para o planejamento territorial em âmbito urbano, bem como avaliar a qualidade da água em pontos chaves da bacia.

REFERÊNCIAS

- AB SABER, A. N. **Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário**. Geomorfologia, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.
- ABOARRAGE, A. M.; LOPES, R. D. C. **Projeto A Borda Leste da bacia do Paraná**. 1986.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: < http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn3>. Acesso em: 19 jul. 2022.
- ALVES, P. L.; FORMIGA, K. T. M. Efeitos da arborização urbana na redução do escoamento pluvial superficial e no atraso do pico de vazão. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509825820>
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION *et al.* **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American public health association, 1989.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA). **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** (23rd ed.). APHA, 2017.
- AMORIM, R. R; OLIVEIRA, R. C. As unidades de paisagem como uma categoria de análise geográfica: o exemplo do município de São Vicente-SP. **Sociedade & natureza**, v. 20, p. 177-198, 2008.
- ARAI, M.; MIYAHARA, O.; HIROOKA, K.; BEZERRA, F.H.R. The Permian Tatuí Formation, Paraná Basin, Brazil: petrography, **geochemistry and paleoenvironments**. **International Journal of Coal Geology**, vol. 52, p. 215-236, 2002.
- ARAÚJO, L. E.; DOS SANTOS, M. J.; DUARTE, S. M.; OLIVEIRA, E. M. Impactos ambientais em bacias hidrográficas–Caso da Bacia do Rio Paraíba. **Tecno-lógica**, v. 13, n. 2, p. 109-115, 2009.
- ASF DAAC 2015, ALOS PALSAR_Radiometric_Terrain_Corrected_low_res; Includes Material © JAXA/METI 2007. Accessed through ASF DAAC 11 November 2015. DOI: <https://doi.org/10.5067/JBYK3J6HFSVF>
- AZEVEDO, A. O planalto brasileiro e o problema da classificação de suas formas de relevo. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 2, p. 43-53, 1949.
- BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; LUCHIARI, A.; QUÉNOL, H. Sensoriamento remoto e sig aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Mercator (Fortaleza)**, v.14, n. 2, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4215/RM2015.1402.0008>
- BARBOSA, J. A.;; SILVA, A. S. A.; FERNANDES, L. A. F.; BRAGA, M. Análise da relação entre o uso e ocupação do solo e os recursos hídricos em uma bacia hidrográfica de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 8(4), 958-971, 2015
- BARRELLA, W.; PETRERE JR, M.; SMITH, W. S.; MONTAG, L. D. A. As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes. **Matas ciliares: conservação e recuperação**, 2, 187-207, 2000.

BATHRELLOS, G. An Overview in Urban Geology and Urban Geomorphology. **Bulletin of Geological Society of Greece**, v. 40, p. 1354-1364, 2007. DOI: <http://dx.doi.org/10.12681/bgsg.16888>.

BAWA, R.; DWIVEDI, P.; HOGHOOGHI, N.; KALIN, L.; HUANG, Y. Designing Watersheds for Integrated Development (DWID): Combining hydrological and economic modeling for optimizing land use change to meet water quality regulations. **Water Resources and Economics**, v. 41, p. 100209, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wre.2022.100209>.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 8, 2004.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física global: um esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**. São Paulo. IG USP. n.13. 27p. 1972.

BEVILACQUA, A. F. A bacia hidrográfica como unidade territorial de Planejamento e desenvolvimento sustentável. In: **VI Encontro Nacional da ANPPAS. Anais...** Belém, 2012.

BINDA, A. L. Geomorfologia urbano-ambiental. **Geografia e Pesquisa**, v. 2, n. 1, 2008.

BOJÓRQUEZ-TAPIA, L.A.; CRUZ-BELLO, G. M., LUNA-GONZÁLEZ, L. Connotative land degradation mapping: A knowledge-based approach to land degradation assessment. **Environmental Modelling & Software**, v. 40, p. 51-64, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.07.009>

BONHAM, C. D. **Measurements for terrestrial vegetation**. John Wiley & Sons, 2013.

BOTELHO E SILVA. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. In: VITTE & GUERRA. **Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil**. Editora Bertrand Brasil, São Paulo, 2004, 280 p.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1977. Institui a política nacional de recursos hídricos, cria o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jan. 11 abr. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 15 jul. 2020.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 jul. 2001, seção I, p. 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm>. Acesso em: 15 jul. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357**, de 15 de junho de 2005.

BRASIL. CONAMA. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da avaliação de impacto ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 1 de janeiro de 1986. **Diário Oficial**, Brasília, 12 fev. 1986.

BRASIL, M. C. O.; DE MAGALHAES FILHO, R.; DO ESPÍRITO-SANTO, M. M.; LEITE, M. E.; VELOSO, M. D. D. M.; FALCAO, L. A. D. Land-cover changes and drivers of palm swamp degradation in southeastern Brazil from 1984 to 2018. **Applied Geography**, v. 137, p. 102604, 2021.

CARMO, J. P. A; SOUZA, G. F; POLIDERO, M; LOLLO, J. A. Análise da Fragilidade Ambiental em Áreas Urbanas. O caso do município de Londrina - PR. Anais XV **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. INPE. Curitiba, 2011. p.0855.

CARNEIRO, F. F.; LIMA, L. M.; FIGUEIREDO, L. B.; LOPES, W. L. Análise do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Verde, Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 11(2), 470-478, 2018.

CARULLI, E. E.; FERRARA, L. N.; MACHADO, É. C. M.; GRACIOSA, M. C. P. **A dimensão ambiental na urbanização de favelas: visão crítica sobre drenagem nos estudos de caso das Bacias do Ponte Baixa e Sapé, São Paulo**. Encontro nacional pelos direitos humanos à água e ao Saneamento, 2021.

CASTRO, R. A.; OLIVEIRA, K. L. Análises preliminares sobre os represamentos na bacia do córrego Água Branca em Açailândia – MA. In: **VII CONNEPI-Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**. 2012.

CHORLEY, R. J. The standing committee on the role of models and quantitative techniques in geographical teaching. **Geography**, v. 54, n. 1, p. 1-4, 1969.

COLAVITE, A. P.; Passos, M. M. Integração de mapas de declividade e modelos digitais tridimensionais do relevo na análise da paisagem. **Revista Geonorte**. v. 2, n. 4, p. 1547-1559, 2012

CHRISTOFOLETTI, A. **A análise de bacias hidrográficas**. Geomorfologia, v. 2, p. 102–121, 1980.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P. H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. Sensoriamento remoto e Geoprocessamento aplicados ao zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)**, São José dos Campos, SP, 2001.

CRUZ, L. M; JÚNIOR, J. F. P; RODRIGUES, S. C. Abordagem Cartográfica da Fragilidade Ambiental na Bacia Hidrográfica do Glória – MG. **Revista Brasileira de Cartografia** nº 62/03, (ISSN 0560 - 4613), 2010.

DATAGEO. **Base Cartográfica**. Disponível em: <<https://datageo.ambiente.sp.gov.br/app/?ctx=DATAGEO>> Acesso em: 14 ago. 2022.

DAVIDSON, N. C. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. **Marine and Freshwater Research**, v. 65, n. 10, p. 934-941, 2014.

EMBRAPA. **Condutividade**. Disponível em: <<https://www.cnpma.embrapa.br/projetos/ecoagua/eco/condu.html>> Acesso em: 19 jul. 2022.

EMBRAPA. **Bioma Cerrado**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrados>> Acesso em: 11 jan. 2023.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Rio de Janeiro**, v. 3, 2013.

EMERICH, D. M. B. A distribuição da água doce no Brasil: aspectos quantitativos e qualitativos. *Revista de Gestão de Água da América Latina (Water Resources Management in Latin America)*, 2(1), 47-61, 2005.

ENCINA, C. C. C.; MARQUES, M. R.; DIODATO, M. A.; PEREIRA, L. E.; ALBREZ, E. D. A.; OLIVEIRA, A. P. G.; MIOTO, C. L.; MIRANDA, V. R. D.; MIRANDA, L. M.; COELHO, L. S.; DALMAS, F.B.; FILHO, A. C. P. Geotecnologias aplicadas à análise ambiental da bacia hidrográfica do Rio Olho D'Água, Município de Jardim, Mato Grosso do Sul – Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 41, p. 577-584, 2018. DOI: https://doi.org/10.11137/2018_2_577_584

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de textos, 2008.

FRANCO, G. B.; BETIM, L. S.; MARQUES, E. A. G.; GOMES, R. L.; CHAGAS, C. S. Relação qualidade da água e fragilidade ambiental da Bacia do Rio Almada, Bahia. **Revista Brasileira de Geociências**, 42(Supl 1): 114-127, 2012.

FÚLFARO, J. V. Tectônica do alinhamento estrutural do Paranapanema. *Boletim IG, USP*, V. 5: 129-138, 1974.

FONSECA, D. D. S. R.; NASCIMENTO, C. R.; DE ALMEIDA MIRANDA, W.; DE FIGUEIREDO, F. P. Diagnóstico do uso do solo e degradação ambiental na bacia hidrográfica do Pandeiros-MG como subsídio para estudos de impacto ambiental. **Revista Georaguaia**, v. 1, n. 1, p. 1-20, 2011.

FURTADO, I. O. **A importância da análise da paisagem para o ensino de geografia: os smartphones como uma ferramenta no processo de ensino-aprendizagem**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

GAIN, A. K.; GIUPPONI, C.; WADA, Y. Measuring global water security towards sustainable development goals. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 12, p. 124015, 2016.

GAJBHIYE, S.; MISHRA, S. K.; PANDEY, A. Prioritizing erosion-prone area through morphometric analysis: an RS and GIS perspective. **Applied Water Science**, v. 4, p. 51-61, 2014.

GALVAN, K. A.; MEDEIROS, R. C.; MARTINS NETO, R. P.; LIBERALESSO, T.; GOLOMBIESKI, J. I.; ZANELLA, R. Análise ambiental macroscópica e a qualidade da água de nascentes na bacia do Rio São Domingos/SC, Brasil. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 1, p. 165-176, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.001.0016>

GARCIA, P. M. B; AUGUSTIN, C. H. R. R.; CASAGRANDE, P. B. índice geomorfológico como subsídio ao planejamento urbano. **Mercator (Fortaleza)**, v. 19, 2020. DOI: <https://doi.org/10.4215/rm2020.e19003>

GODIF, G.; MANJUNATHA, B. R. Prioritizing sub-watersheds for soil and water conservation via morphometric analysis and the weighted sum approach: A case study of the Geba river basin in Tigray, Ethiopia. **Heliyon**, v. 8, n. 12, p. e12261, 2022.

GOMES, A. D. S.; SCIVITTARO, W. B.; PETRINI, J. A.; FERREIRA, L. H. G. A água: distribuição, regulamentação e uso na agricultura, com ênfase ao arroz irrigado. **Embrapa Clima Temperado-Documentos (INFOTECA-E)**, 2008.

GONÇALVES, F. S. A expansão urbana sobre o relevo do município de Sapucaia do Sul-RS. [s.l.], UFRGS, 2013.

GONÇALVES, R. Topografia. 2. ed. **São Paulo**: Érica, 2015.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Bertrand Brasil, 2010

GUERRA, A. J. T.; MARÇAL, M. S. **Geomorfologia ambiental Geomorfologia ambiental Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2006.

GUNDA, T.; BENNEYWORTH, L.; BURCHFIELD, E. Exploring water indices and associated parameters: a case study approach. **Water Policy**, v. 17, n. 1, p. 98-111, 2015.

HOLANDA, M. A. C. R.; SOARES, W. D. A. Analysis of the effect of impermeability of urban soils on the infiltration of rainwater in the city of Recife, PE. **Ambiente & Água**, v. 14, n. 4, p. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2386>

HOLZ, M.; FRANÇA, A. B.; SOUZA, P. A.; IANNUZZI, R.; ROHN, R. A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil, South America. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 29, n. 2, p. 381-399, 2010.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **Bulletin of the Geological Society of America** 56, 2 75-370, 1945.

HOWARD, A. D., Drainage analysis in geologic interpretation: a summation. **The American Association of Petroleum Geologists Bulletin**, Califórnia, v. 51, n. 11, p. 2246-2259, nov. 1967.

IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2007.

IBGE. **Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html?=&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em: 09 Fev. 2022.

IBGE. **População estimada 2021**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/itapetininga/panorama>>. Acesso em: 20 Set. 2021.

ISO, NBR. **IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2005.

JACOBI, P. R.; ROMEIRO, A. R.; SINISGALLI, P. A. D. A.; MEDEIROS, Y. Governança da água no Brasil: dinâmica da política nacional e desafios para o futuro. **Governança da água e políticas públicas na América Latina e Europa**, 2009.

JAIN, S. K; GOEL, M.K. Assessing the vulnerability to soil erosion of the Ukai Dam catchments using remote sensing and GIS. **Hydrological Sciences Journal**. 47(1): 31-40, 2002. <http://dx.doi.org/10.1080/02626660209492905>

JARDIM, W. F. Medição e interpretação de valores do potencial redox (Eh) em matrizes ambientais. **Química Nova**, v. 37, p. 1233-1235, 2014.

JOIA, P. R.; ANUNCIÇÃO, V. S. D.; PAIXÃO, A. A. 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, n.2, p. 343-358, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v19i2.1404>

JOURAVLEV, A. Los municipios y la gestión de los recursos hídricos. **Santiago: CEPAL**, 2003. 72p. (Recursos Naturales e Infraestructura, v. 66).

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. **Wall-map 150cmx200cm**, p. 91-102, 1928.

LARSEN, T. **Environmental health: Ecological perspectives**. Jones & Bartlett Learning, p. 47, 2019.

LEPSCH, I. F.; ESPINDOLA, C. R.; FILHO VISCHI, O. J.; HERNANI, L. C.; SIQUEIRA, D. S. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: 4ª aproximação, 1991, 175p.

LEPSCH, I. F. Solos do Mundo. _____. *Formação e Conservação dos Solos*. São Paulo: Oficina de Textos, p. 87-91, 2002.

LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. Classificação brasileira de solos. In: LIMA, V.C.; LIMA, M.R.; MELO, V.F. (Eds.). **O solo no meio ambiente: abordagem para professores do ensino fundamental e médio e alunos do ensino médio**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Departamento de Solos e Engenharia Agrícola, 2007.

LIMA, W.P.; ZAKIA M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES; R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.

LIU, B. W.; WANG, M. H.; CHEN, T. L.; TSENG, P. C.; SUN, Y.; CHIANG, A.; CHIANG, P. C. Establishment and implementation of green infrastructure practice for healthy watershed management: Challenges and perspectives. **Water-Energy Nexus**, 3, 186-197, 2020.

LIU, S.; RYU, D.; WEBB, J. A.; LINTERN, A.; GUO, D.; WATERS, D.; WESTERN, A. W. A multi-model approach to assessing the impacts of catchment characteristics on spatial water quality in the Great Barrier Reef catchments. **Environmental Pollution**, 288, 117337, 2021.

MACHADO, F.B. **Geologia e aspectos petrológicos das rochas intrusivas e efusivas mesozóicas de parte da borda leste da Bacia do Paraná no estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Geociências, UNESP – Rio Claro, Ano 2005.

MAPBIOMAS. Disponível em: <https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/Metodologia/ATBD_Collection_6_v1_January_2022.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2021.

MARIANO, E. O ensino de Geologia para as Ciências Biológicas. **Conjecturas**, v. 21, n. 3, p. 486-492, 2021.

MARTÍN-DUQUE, J. F; GARCÍA, JC; URQUÍ, LC. Geoheritage information for ecoconservation and geotourism through the categorization of landforms in a Karstic Landscape: a case study from Covalagua and Las Tuerces (Palencia, Spain). **Geoheritage**; 4(1-2): 93-108, 2012. <http://dx.doi.org/10.1007/s12371-012-0056-2>

MEDEIROS, R. B.; DA SILVA, C. A.; CHÁVEZ, E. S.; BEREZUK, A. G. Landscapes of the Formoso river watershed, Mato Grosso do Sul-Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 121, p. 104121, 2023.

MELO, D. S.; GONTIJO, E. S.; FRASCARELI, D.; SIMONETTI, V. C.; MACHADO, L. S.; BARTH, J. A.C.; MOSCHINI-CARLOS, V.; POMPÊO, M. L.; ROSA, A. H.; FRIESE, K. Self-organizing maps for evaluation of biogeochemical processes and temporal variations in water quality of subtropical reservoirs. **Water Resources Research**, v. 55, n. 12, p. 10268-10281, 2019.

MESQUITA, L. F. G. Os comitês de bacias hidrográficas e o gerenciamento integrado na Política Nacional de Recursos Hídricos. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, 45, 2018. DOI: 10.5380/dma.v45i0.47280. e-ISSN 2176-9109

MEYBECK, M. Global analysis of river systems: from Earth system controls to Anthropocene syndromes. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences**, v. 358, n. 1440, p. 1935-1955, 2003.

MILANI, E. J.; MELO, J. H. G.; SOUZA, P. A.; FERNANDES; L. A.; FRANÇA, A. B. Bacia do Paraná In: **Cartas Estratigráficas – Boletim de geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287, mai/nov. 2007.

MILANI, E. J; FRANÇA, A. B.; MEDEIROS, R. A. Rochas geradoras e rochas reservatório da Bacia do Paraná, faixa oriental de afloramentos, Estado do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 135-162, 2006.

MILANI, E.J.; FULFARO, V.J. Bacia do Paraná: Geologia e recursos naturais. **São Paulo: Associação Brasileira de Geólogos de Petróleo**, 2005. 431 p.

MOLEDO, J. C.; SAAD, A. R.; DALMAS, F. B.; ARRUDA, R. D. O. M.; CASADO, F. Impactos ambientais relativos à silvicultura de eucalipto: uma análise comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal. **Geosciences= Geociências**, v. 35, n. 4, p. 512-530, 2016.

MORAES, A. C. R. **Pequena História Crítica**. São Paulo: HUCITEC, 1983.

NASCIMENTO, M. D. Fragilidade ambiental e expansão urbana da região administrativa nordeste da sede do município de Santa Maria – RS. **Ciência e Natura**, 32 (2): 163 – 181, 2010.

NETO, F. F.; SOUZA, M. O. D. Leitura integrada da gestão dos recursos hídricos com o uso do solo em Caraguatatuba (SP). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 5, p. 853-86, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522017154955>

NETO, N. C. P.; FERNANDES, E. Fragilidade ambiental da Bacia Hidrográfica Do Rio Seridó (RN/PB – Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 16, nº 3, 2015.

OLIVEIRA, M. R. P.; GALVANI, E. Avaliação do efeito orográfico na variação das precipitações no perfil longitudinal Paraty (RJ) e Campos do Jordão (SP). **Revista Entre-Lugar**, v. 6, n. 11, p. 133-151, 2015.

OLIVEIRA ANDRADE, M. C. **Caminhos e descaminhos da geografia**. Papirus, 1989.

PADILHA, D. G. **Geoprocessamento aplicado na caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Grande, RS**. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, Departamento de Matemática, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

PANDE, C. B. Land use/land cover and change detection mapping in Rahuri watershed area (MS), India using the google earth engine and machine learning approach. **Geocarto International**, p. 1-21, 2022.

PARRON, L. M.; MUNIZ, H.D. F.; PEREIRA, C. M. Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água. 2011.

PEIXOTO, F.S., SILVEIRA, R.N.C.M. Bacia hidrográfica: tendências e perspectivas da aplicabilidade no meio urbano. **Revista Brasileira de Geografia de Geografia Física**, 10, 840-853, 2017.

PEIXOTO, F. S.; SOARES, J. A.; RIBEIRO, V. S. Conflitos pela água no Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 34, 2022.

PEREIRA, B. W. D. F.; MACIEL, M. D. N. M.; OLIVEIRA, F. D. A.; ALVES, M. A. M. D. S.; RIBEIRO, A. M.; FERREIRA, B. M.; RIBEIRO, E. G. P. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Ambiente & Água**, v. 11, n. 2, p. 472-485, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1802>

PERROTA, M.M.; SALVADOR, E.D.; LOPES, R.C.; D'AGOSTINO, L.Z.; PERUFFO, N.; GOMES, S.D.; SACHS, L.L.B.; MEIRA, V.T.; GARCIA, M.G.M.; LACERDA, J.V.F. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:750.000. **Programa Geologia do Brasil**, CPRM, São Paulo, 2005.

PETRI, S.; FÚLFARO, V. J. Geologia do Brasil. TAQ-EDUSP. 631 pag. 1983.

PINTO, E. Geopolítica da água. **Revista de Geopolítica**, 8(1), 19-32, 2017.

PIRES, C. A.; CALIJURI, M. L.; SOUSA JÚNIOR, W. G. Indicadores de qualidade da água. In M. L. Calijuri & C. A. Pires (Eds.), **Água: qualidade e gestão**, Editora UFLA, p. 71-96, 2017.

POLETO, C. **Bacias hidrográficas e recursos hídricos**. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

PORTO, M.F.A., PORTO, R.L.L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados [online]** 22, 43-60, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>.

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. M. Modeling pollution potential input from the drainage basin into Barra Bonita reservoir, São Paulo – Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n. 2. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.12013>

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAPETININGA. **Aspectos Geográficos**. Disponível em: < <https://www.itapetininga.sp.gov.br/cidade/aspecto-geografico/>>. Acesso em: 04 jul. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAPETININGA. **Cidade**. 2023. Disponível em: < <https://www.itapetininga.sp.gov.br/cidade>>. Acesso em: 10 Fev. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAPETININGA. **Notícias**. 2016. Disponível em: < <https://www.itapetininga.sp.gov.br/cidade>>. Acesso em: 11 Fev. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAPETININGA. **Notícias**. 2017. Disponível em: < <https://www.itapetininga.sp.gov.br/noticia/1476/8-mil-toneladas-de-residuos-foram-retiradas-do-ribeirao-dos-cavalos-e-os-trabalhos-de-desassoreamento-e-alargamento-continuam-no-local/> >. Acesso em: 15 Fev. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAPETININGA. **Plano Diretor**. 2015. Disponível em: < <https://www.itapetininga.sp.gov.br/noticia/783/orgaos-orientam-e-auxiliam-populacao-afetada/> >. Acesso em: 10 Fev. 2023.

RATCLIFFE, D.A. Criteria for the selection of nature reserves. **Advancement of Sciences**, 27: 294-296, 1971.

RIBEIRO, R. V. S. Dinâmica geomorfológica, condicionantes Morfoestruturais e terraços fluviais na Bacia hidrográfica do Rio Itapetininga-SP. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba. 2021.

RIBEIRO, R. V. S.; ARRUDA, E. M. A influência do alinhamento do Paranapanema na configuração do relevo e rede de drenagem na bacia do Ribeirão Faxinal, Itapetininga-SP. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 6550-6555, 2017.

RIBEIRO, W.C.; SANTOS, C.L.S.; SILVA, L.P.B. Conflito pela água, entre a escassez e a abundância: marcos teóricos. **Ambientes: Revista de Geografia e Ecologia Política** 1(2), 11 – 37, 2019.

ROCHA, V. S. **Análise paleoambiental da Formação Teresina, Permiano da Bacia do Paraná (Brasil), e suas implicações paleoclimáticas**. 88 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

RODRIGUES, C.; MOROZ-CACCIA GOOUVEIA, I. C. Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio tropical úmido. Exemplos na Grande São Paulo. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org.). **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de textos, 2013

ROSS, J. L. S. Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 4, p. 25-39, 1985.

ROSS, JLS. Geomorfologia: ambiente e planejamento. São Paulo Contexto, 2006. **Ecogeografia do Brasil**, 1990.

ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados**. Revista do Departamento de Geografia (São Paulo), n. 8, p. 51-62, 1994.

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

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

ROSS, J. L.S.; MOROZ, I. C. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Laboratório de Geomorfologia. São Paulo: Departamento de Geografia–FFLCH–USP/Laboratório de Cartografia Geotécnica–Geologia Aplicada–IPT/FAPESP (Fundação do Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo), 1997.

ROSSI, M. 2017. **Mapa pedológico do estado de São Paulo: revisado e ampliado.** São Paulo: Instituto Florestal, 2017. V.1. 118p.

SAMPAIO, T. V. M. Parâmetros morfométricos para melhoria da acurácia do mapeamento da rede de drenagem–uma proposta baseada na análise da Bacia Hidrográfica do Rio Benevente–ES. **Curso de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências,** 2008.

SAMPAIO, T. V. M.; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, [S. I.], v. 15, n. 1, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v15i1.376

SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; FILHO, M. N. M. B. Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 5, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522016146661>

SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado: fundamentos teóricos e metodológicos da geografia.** Edusp, 2007.

SANTOS, R. F. Planejamento ambiental: teoria e prática. **São Paulo: Oficina de Textos,** 2004.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG.** Brasília, 2006.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. **Padrões de Drenagem.** Brasília, 2023.

SIGRH. **Divisão Hidrográfica.** 2022. Disponível em: <<https://sigrh.sp.gov.br/divisaohidrografica>>. Acesso em: 08 jul. 2022.

SILVA, D. M.; LEITE, E. F. Abordagem sistêmica e os estudos da paisagem. **Revista pantaneira**, v. 18, p. 14-29, 2020.

SILVA, M. P.; SANTOS, F. M. D.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego da olga, ugrhi pontal do Paranapanema – São Paulo. **Sociedade & Natureza**, v. 28, n. 3, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-451320160307>

SIMONETTI, V. C.; DA CUNHA, D. C.; ROSA, A. H. Proposta metodológica para identificação de riscos associados ao relevo e antropização em áreas marginais aos recursos hídricos. **Scientia Plena**, v. 15, n. 2, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.025301>

SIMONETTI, V. C.; FRASCARELI, D.; GONTIJO, E. S. J.; MELO, D. S.; FRIESE, K. SILVA, D. C. C.; ROSA, A. H. Water quality indices as a tool for evaluating water quality and effects of land use in a tropical catchment. *International Journal of River Basin Management*, p. 1-34, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1080/15715124.2019.1672706>

SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C.; ROSA, A. H. Proposta metodológica para identificação de riscos associados ao relevo e antropização em áreas marginais aos recursos hídricos. *Scientia Plena*, v. 15, n. 2, 2019.

SIMONETTI, V. C.; SILVA, D. C.; ROSA, A. H. Reflexos ambientais da perda de nutrientes do solo por erosão hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Pirajibu-Mirim (SP). *Caminhos da Geografia* (UFU. Online), v. 23, p. 84-102, 2022.

DE SOUZA¹, DENISE SILVA LEÃO ET AL. Análise e Mapeamento da Fragilidade Ambiental no Município de Inconfidentes–MG. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 13, n. 05, p. 2269-2292, 2020.

SOUZA, D. S. L., DELLARGINE, F. L., MIRA, Í. R. C., SILVA, G. T. G., SILVA, M. L. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, p. 263-274, 2014.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari-Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata.** 159 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SPÖRL, C. **Metodologia para elaboração de modelos de fragilidade ambiental utilizando redes neurais.** 113f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. *GEOUSP: Espaço e Tempo*, São Paulo, n. 15, p. 39 - 49, 2004.

THORNBUSH, M. Geography, urban geomorphology and sustainability. *Area*, vol. 47, n. 4, p. 350-353, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/area.12218>

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro, IBGE; SUPREN, p. 91, 1977. Disponível em: < <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2022.

TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **Rbrh: Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** Porto Alegre, RS. vol. 2, n. 2, p. 5-12, 1997.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da drenagem urbana. **Rbrh: Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** Porto Alegre, RS. Vol. 7, n. 1 (2002 jan./mar.), p. 5-27, 2002.

TV TEM. **Em cinco dias chove o equivalente a um mês em Itapetininga, diz prefeitura.** Reportagem 2017. Disponível em: < <https://g1.globo.com/sao-paulo/itapetininga-regiao/noticia/2017/01/em-cinco-dias-chove-o-equivalente-um-mes-em-itapetininga-diz-prefeitura.html> >. Acesso em: 14 fev. 2023.

TV TEM. **Temporal provoca alagamento e água invade casas em Itapetininga.** Reportagem 2020. Disponível em: < <https://g1.globo.com/sp/itapetininga->

regiao/noticia/2020/01/08/temporal-provoca-alagamento-e-agua-invade-casas-em-itapetininga.ghhtml >. Acesso em: 14 fev. 2023.

UFV (2011), Qualidade da Água. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/lqa/qualidade.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2023.

UNITED NATIONS. Report of the world commission on environment development: **Our Common Future**. 1987. 247 f.

VALERIANO, M. M. **TOPODATA: Guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. São José dos Campos: Inpe, 2008. 75 p.

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M.R; PINHEIRO, H.S.K. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**. 23(2): 295- 308, ISSN 2179-8087 (online), 2016.<http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.107714>.

VENDRUSCOLO, J.; ARAUJO, M. G. S.; FERREIRA, L. R.; ROSA, D. M.; HARA, F. A. S. O uso de geotecnologias na caracterização geométrica, topográfica e hidrográfica da microbacia do rio Tamarupá, Amazônia Ocidental, Brasil. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 1, p. 4245-4264, 2021.

VITTE, A. C. O desenvolvimento do conceito de paisagem e a sua inserção na geografia física. **Mercator-Revista de Geografia da UFC**, v. 6, n. 11, p. 71-78, 2007.

ZALÁN, P. V.; WOLFF, S.; ASTOLFI, M. A. M.; VIEIRA, I. S.; CONCELCAO, J. C. J.; APPI, V. T.; NETO, E. V. S.; CERQUEIRA, J. R.; MARQUES, A. Bacia do Paraná, Brasil: Capítulo 33: Parte II. Bacias Cratônicas Interiores Analógicas Seleccionadas: Bacias Analógicas, 1990.