

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA – CCN
CAMPUS LAGOA DO SINO
ENGENHARIA AMBIENTAL**

JÚLIA RINALDI DE MACEDO CORTEZ

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA RIBEIRÃO
PONTE ALTA, BOFETE - SP.**

**BURI – SP
2023**

JÚLIA RINALDI DE MACEDO CORTEZ

**CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA RIBEIRÃO
PONTE ALTA, BOFETE - SP.**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Centro de Ciências da
Natureza (CCN) da Universidade Federal de
São Carlos, para obtenção do título de
bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Jorge Luis Rodrigues
Pantoja Filho

Buri – SP
2023

CORTEZ, Júlia Rinaldi de Macedo. **CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA DA BACIA RIBEIRÃO PONTE ALTA, BOFETE - SP.** 2023. 47p. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia Ambiental, Centro de Ciências da Natureza - Universidade Federal de São Carlos, UFSCar, Buri – SP, 2023.

Cortez, Júlia Rinaldi de Macedo

Caracterização Morfométrica da Bacia Ribeirão Ponte Alta, Bofete-SP. / Júlia Rinaldi de Macedo Cortez -- 2024. 47f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Lagoa do Sino, Buri

Orientador (a): Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho
Banca Examinadora: Cássia Maria Bonifácio, André Marcondes Andrade Toledo

Bibliografia

1. Hidrologia. 2. Recursos hídricos. 3. Caracterização morfométrica. I. Cortez, Júlia Rinaldi de Macedo. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR


Bibliotecário responsável: Lissandra Pinhatelli de Britto - CRB/8 7539

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS


Centro de Ciências da Natureza – CCN

Folha de aprovação.


Assinatura dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Trabalho de Conclusão de Curso do(a) candidato(a) **Júlia Rinaldi de Macedo Cortez**, realizada em 19/01/2024:

Documento assinado digitalmente
 **JORGE LUIS RODRIGUES PANTOJA FILHO**
Data: 22/01/2024 21:34:35-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho – Orientador
Centro de Ciências da Natureza – UFSCar – Campus Lagoa do Sino

Documento assinado digitalmente
 **CASSIA MARIA BONIFACIO VICENTINI**
Data: 22/01/2024 21:20:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. Cássia Maria Bonifácio
Universidade Estadual Paulista - UNESP

Documento assinado digitalmente
 **ANDRE MARCONDES ANDRADE TOLEDO**
Data: 22/01/2024 19:02:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. André Marcondes Andrade Toledo
Centro de Ciências da Natureza – UFSCar – Campus Lagoa do Sino

DEDICATÓRIA

Ao Senhor dos Senhores, *Jehovah*, por ser essencial em minha vida, ao seu filho *Yeshua*, meu guia, socorro presente na hora da angústia; a minha mãe, pelo auxílio, força e conselhos; meu marido, melhor amigo, parceiro e presente de Deus na minha vida, Thiago Calsolari, e meu mestre *Yoda*, por acreditar em mim e me apoiar desde criança, meu muito obrigada, Antônio Rinaldi de Macedo, avô e pai, *in memoriam*.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me conceder essa oportunidade de chegar até aqui, por proporcionar pessoas e familiares: Minha mãe, meu marido, avós e avôs (*in memorian - grandpa*) que me apoiaram durante meus estudos no ensino médio, no cursinho a noite, enquanto trabalhava para pagar a mensalidade como jovem aprendiz.

Ao longo da graduação, com percalços, vontade de desistir e voltar para a cidade natal, mas que também teve seus momentos de alegria com colegas da minha turma Engenharia Ambiental 2016 e alguns que se tornaram amigos até o presente momento e só tenho a agradecer: Camila Gallassi, Fernanda Marques, Gabriel Siqueira, Rebeca Gilvânia, Karol Giorgette e Marcos Vaurof; aos técnicos de laboratório Thiago de Oliveira Calsolari, Sinara Oliveira Dal Farra, Caetano Troiani, Leonardo Paes Niero, André Pereira; professores e servidores do Campus UFSCar Lagoa do Sino que sempre torceram pela minha trajetória acadêmica apesar das dificuldades e que destaco sem precedentes: Jorge Luis Rodrigues Pantoja Filho, Cássia Maria Bonifácio Vicentini, Jonathan Gazzola, Daniel Campos, André Marcondes Andrade Toledo, Andreia Pereira Matos, Fernando Campanhã Vicentini, André Varela, Anne Neves, Edison Tutomu Kato Júnior, Aldenor Ferreira e Roberta Lovaglio, meu muito obrigada por todas as atividades de campo e laboratório, relatórios, excursões e trabalhos que exerceram a minha postura, conduta, discernimento através de seus conhecimentos, conselhos, sugestões e que se tornaram essenciais para a minha formação.

“Do Senhor é a terra e tudo que nela existe, o mundo e os que nele vivem, pois foi Ele quem a estabeleceu sobre os mares e a firmou sobre as águas.”

Salmos 24: 1-2

“O ser humano vive da natureza significa que a natureza é seu corpo, com o qual ele precisa estar em processo contínuo para não morrer. Que a vida física e espiritual do ser humano está associada à natureza não tem outro sentido do que afirmar que a natureza está associada a si mesma, pois o ser humano é parte da natureza.”

Karl Marx, (1968: 516) 2.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar as características fisiográficas da Bacia Ribeirão Ponte Alta, destacando sua importância a partir dos estudos morfométricos da bacia, que trazem a dinâmica da bacia hidrográfica em seu estado natural, com análise da influência morfoestrutural na rede de drenagem e identificar possíveis condicionamentos estruturais no relevo. Os parâmetros aplicados abordam o fator de forma (Kf); coeficiente de compacidade (Kc); índice de circularidade (Ic); frequência da rede de drenagem (Dr); sinuosidade do rio principal (Sin); densidade de drenagem (Dd); razão de textura (T); declividade média da bacia (H); relação do relevo (Rr); razão de alongação (Re), Extensão média do escoamento superficial (l) e por fim, o índice de rugosidade (Ir), fornecendo uma visão geral dos principais parâmetros geométricos e de drenagem utilizados nesse processo. Por fim, serão discutidos os possíveis desafios e oportunidades relacionados à gestão sustentável da Bacia Ribeirão Ponte Alta.

Palavras-chave: Ribeirão-Ponte-Alta; Bofete; morfometria; bacias hidrográficas; hidrologia; erosão; hipsometria.

RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA

This work aims to analyze the physiographic characteristics of the Ribeirão Ponte Alta Basin, highlighting its importance based on morphometric studies of the basin, which bring the dynamics of the river basin in its natural state, with analysis of the morphostructural influence on the drainage network and identify possible structural constraints on the relief. The applied parameters address the shape factor (Kf); compactness coefficient (Kc); circularity index (Ic); drainage network frequency (Dr); sinuosity of the main river (Sin); drainage density (Dd); texture ratio (T); average slope of the basin (H); relief ratio (Rr); elongation ratio (Re), average surface runoff extension (l) and finally, the roughness index (Ir), providing an overview of the main geometric and drainage parameters used in this process. Finally, possible challenges and opportunities related to the sustainable management of the Ribeirão Ponte Alta Basin will be discussed.

Keyword: Ribeirão-Ponte-Alta; Bofete; morphometry; watersheds; hydrology; erosion; hypsometry.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo hidrológico sem ações ou interferências humanas	02
Figura 2 - Classificação dos rios segundo Strahler (1954)	22
Figura 3 - Imagem de satélite com fração da malha urbana municipal de Bofete e principais canais hídricos do território em formato 3D	25
Figura 4 - Área de drenagem da BHRPA	26
Figura 5 - Processamento dos dados no software QGIS 3.28.4	27
Figura 6 - A influência geomorfológica na rede de drenagem Ribeirão Ponte Alta	32
Figura 7 - Mapa de classificação de declividade conforme Embrapa (1979)	33
Figura 8 - Mapa hipsométrico Ribeirão Ponte Alta	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do índice de compacidade (Kc)	16
Tabela 2 - Classificação do fator de forma (Ff)	17
Tabela 3 - Classificação do índice de Circularidade (Ic)	18
Tabela 4 - Classificação da densidade hidrográfica (Dh)	19
Tabela 5 - Classificação da densidade de drenagem (Dd)	20
Tabela 6 - Classificação do Índice de textura	21
Tabela 7 - Dados da área de estudo	24
Tabela 8 - Metodologia utilizada em cada indicador morfométrico	26
Tabela 9 - Parâmetros morfométricos analisados na BHRPA	29

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional das Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
BH	Bacia hidrográfica
BHRPA	Bacia Hidrográfica do Ribeirão Ponte Alta
CBH	Comitê de Bacias Hidrográficas
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
QGIS	Quantum GIS
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
RPA	Ribeirão Ponte Alta
SIG('s)	Sistema(s) de Informação(ões) Geográfica(s)
SIGHI	Sistema de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
UGRHI	Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	01
1.1	OBJETIVO	04
1.1.1	Geral	15
1.1.2	Específico	15
1.2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	04
1.2.1	A bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão de recursos hídricos	04
1.1.2	A Importância De Índices Morfométricos Para Estudos Ambientais	07
1.1.3	A Influência Do Uso Do Solo Em Bacias Hidrográficas	09
1.1.3.1	Erosão Hídrica	11
1.1.4	Unidade De Gerenciamento De Recursos Hídricos (UGRHI)	13
2.	MATERIAL E MÉTODOS	15
2.1	PROPRIEDADES GEOMÉTRICAS	16
2.1.1	Coefficiente De Capacidade De Gravelius (Kc)	16
2.1.2	Fator De Forma (Ff)	16
2.1.3	Índice De Circularidade (Ic)	17
2.1.4	Número Dos Canais (Nu)	18
2.1.5	Densidade Hidrográfica (Dh)	18
2.1.6	Sinuosidade Do Curso D'água Principal – IS	19
2.1.7	Densidade De Drenagem	19
2.1.8	Índice De Rugosidade	20
2.1.9	Declividade Do Rio Principal (Ieq)	20
2.1.10	Extensão Média Do Escoamento Superficial (I)	21
2.1.11	Razão De Textura	21
2.1.12	Razão De Relevô	21
2.2	Ordem dos rios	22
2.3	ÁREA DE ESTUDO	22
2.4	RIBEIRÃO PONTE ALTA (RPA)	25
2.5	DELINEAMENTO MATEMÁTICO	26
2.6	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	26
3.4.1	Geoprocessamento	26
3.4.2	Declividade Do Terreno	28

3.	RESULTADOS	29
3.1	MORFOMETRIA DA BH PONTE ALTA	28
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
	REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

A riqueza da água, sem sabor, cheiro ou cor, esconde sua importância vital para os seres vivos. Ela é a substância mais comum, representando cerca de 70% do corpo humano e de inúmeros outros organismos em todo o nosso planeta, onde a água é abundante. Sua importância se manifesta na maneira como molda as biomoléculas, permitindo que elas desempenhem suas funções biológicas. A água é o ambiente principal para a maioria das reações nos seres vivos, sendo responsável pela absorção e eliminação de muitas substâncias, além de participar ativamente de várias reações biológicas (Nelson et al., 2014).

A existência da vida, tal como a conhecemos, teve sua origem na água e está completamente interligada a ela. O desenvolvimento da vida na Terra foi amplamente influenciado pelas características do ambiente aquoso no qual ela se manifestou. Todas as formas de vida requerem água, desde aquelas que vivem inteiramente em ambientes aquáticos até os organismos terrestres, que possuem fluidos internos (Nelson et al., 2014). As propriedades da água possuem uma importância primordial para todos os seres vivos, pois todos os aspectos relacionados à estrutura e funcionalidade das células, e conseqüentemente da vida, estão adaptados às características físicas e químicas desse elemento.

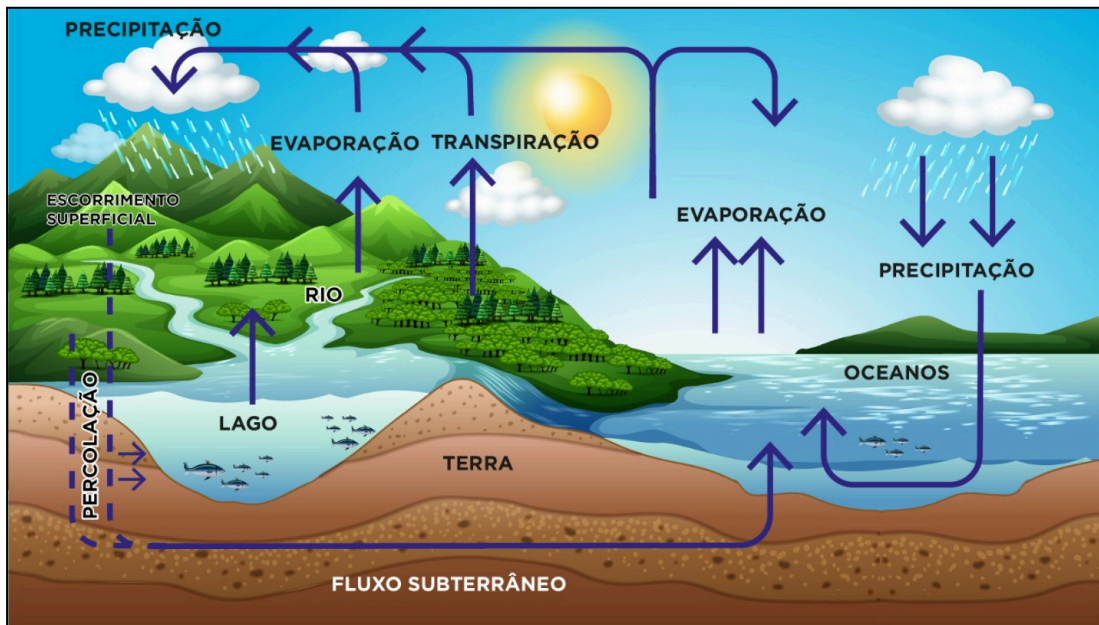
A hidrologia é a ciência que trata da água na Terra, sua ocorrência, circulação, distribuição, suas propriedades físicas e químicas, sua relação com o meio ambiente e também com os seres vivos. Com o avanço do conhecimento científico, os processos hidrológicos puderam ser reconhecidos como uma ciência que pudesse ser avaliada e modelada com teorias que associam os fatos observados e representados matematicamente, a partir das equações de transporte e conservação de massa, energia e quantidade de movimento. Dessa forma, a hidrologia moderna como ciência pode ser classificada como uma geociência, que reside na química, na física e na biologia, denominado como ciclo hidrológico (Collischonn et al., 2021; Tucci, 2020).

De forma sucinta, podemos dizer que o ciclo hidrológico é nada mais que um fenômeno natural onde as moléculas de água se movimentam de forma cíclica com a atmosfera, o meio terrestre e aquático, sem ganhos ou perdas nesse sistema, o que o torna em equilíbrio (Tucci, 2020; Campos, 2014). Para tanto, existem processos que podem ser divididos retratando a evaporação, a transpiração, a precipitação, o escoamento superficial, a infiltração e o escoamento subterrâneo (Campos, 2014).

Este evento natural ocorre em todo o globo terrestre, onde a água se apresenta em seus três estados físicos (sólido, líquido e gasoso) participando de um movimento contínuo em

todo o planeta Terra entre os continentes, a atmosfera e o oceano, que como consequência se torna o princípio da conservação da água (Tucci, 2020).

Figura 1: Ciclo hidrológico sem ações ou interferências humanas.



Fonte: Maykell Guimarães, 2020.

As bacias hidrográficas (BH's) são áreas que se delimitam por meio do relevo, com a presença de fluxos de água formados pela precipitação e transformados em escoamento para as redes de drenagem para um ponto de saída único, denominado exutório, ou seja, uma junção de formações vertentes da superfície do solo com um corpo hídrico principal. A sua formação está atrelada a topografia e geomorfologia da região, que auxiliam nas inúmeras ações do ciclo hidrológico como o escoamento superficial e direção. Essas mesmas bacias podem ser formadas por nascentes, olhos d'água, rios e corpos hídricos (Collischonn et al., 2021).

O fluxo das águas superficiais é direcionado para as áreas mais baixas do terreno, resultando na formação de riachos e rios. Os riachos que se originam em terrenos íngremes de serras e montanhas são responsáveis pela formação das cabeceiras, e à medida que fluem, se unem a outros riachos, aumentando o volume de água e dando origem aos primeiros rios. Esses rios menores continuam a receber água de afluentes, formando rios maiores que desaguam no oceano (Oliveira et al., 2019).

As características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica exercem papéis fundamentais no ciclo hidrológico, influenciando processos como a infiltração do solo, a quantidade de água que se converte em escoamento superficial, a evapotranspiração e o volume total de água produzido como deflúvio (Tonello et al., 2006). Essas propriedades da

bacia hidrográfica podem ser compreendidas como um sistema complexo que envolve interações entre atividades humanas e os recursos naturais, demandando práticas sustentáveis de manejo do solo (Trindade e Rodrigues, 2016).

Diante disso, é essencial realizar a caracterização das bacias hidrográficas por meio da análise morfométrica. Esta abordagem permite expor os parâmetros morfológicos da bacia e seus processos, visando identificar alterações decorrentes de influências naturais ou intervenções humanas. Tais informações são relevantes como suporte para a compreensão de fenômenos geológicos sujeitos a mudanças ambientais significativas, contribuindo assim para a análise das modificações antrópicas no ambiente (De Carvalho et al., Tucci, 2020).

No tempo presente, a caracterização morfométrica das bacias hidrográficas é realizada por meio da integração de dados topográficos e de relevo em um ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) (Cardoso et al., 2006). Esse procedimento engloba análises do terreno que são de extrema relevância para identificar as capacidades e restrições associadas ao uso do solo, sendo essencial na elaboração e planejamento das atividades relacionadas à gestão ambiental e territorial.

Segundo Xaud e Epiphanyo (2015), o Sensoriamento Remoto aliado às técnicas de análise de dados, particularmente aquelas voltadas à detecção de mudanças, apresenta um alto potencial na avaliação quantitativa e qualitativa do uso do solo, da cobertura vegetal e dos processos de transformação e modificação dessas áreas. Dentro desse contexto, um produto notável do Sensoriamento Remoto é a imagem SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). A combinação dessa imagem com ferramentas de geoprocessamento viabiliza a obtenção de parâmetros morfométricos baseados em equações propostas por renomados estudiosos como Horton (1945), Strahler (1952), Schumm (1956), Melton (1957), Schumm (1963), Villela e Mattos (1975), essenciais para a análise morfométrica de uma bacia hidrográfica (Anastácio, 2021; Christofolletti, 1981).

A extração dessas propriedades morfométricas por meio de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem ganhado proeminência e reconhecimento devido à sua eficiência comparativa em relação aos métodos convencionais e à avaliação manual de mapas topográficos. Tal abordagem proporciona uma redução significativa no tempo necessário para a geração de conjuntos de dados essenciais para modelos hidrológicos, sendo uma escolha cada vez mais favorável na análise de bacias hidrográficas.

Em suma, este estudo tem como objetivo analisar a caracterização morfométrica do Ribeirão Ponte Alta, sub-bacia do Rio do Peixe, localizado no Centro Sul Paulista, território municipal de Bofete-SP. Estabelecer relações com possíveis eventos de enchentes levantando

diversos parâmetros físicos, tais como área da bacia, perímetro, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, altitude, declividade da bacia e do curso d'água. Essa abordagem visa compreender a dinâmica e as principais características dessa bacia, especialmente no que diz respeito às suas possíveis correlações com ocorrências de cheias.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Geral

O presente trabalho envolve adotar os conceitos de análise em parâmetros naturais e morfométricos do Ribeirão Ponte Alta, maior afluente territorial da Bacia do Rio do Peixe, localizado no município de Bofete - SP.

1.1.2 Específico

A partir das análises morfométricas, será necessário descrever as características geométricas e hidrográficas do Ribeirão Ponte Alta, seus eventos naturais e as possíveis mudanças com a ocupação urbana possivelmente sem um planejamento adequado, agravando a ocorrência de enchentes no perímetro urbano de Bofete - SP.

Com estes resultados propostos, estimular essas análises e estudos aos órgãos competentes, contribuindo para a mitigação dos impactos hidrológicos da mudança de uso do solo sobre a bacia hidrográfica.

1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.2.1 A bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão dos recursos hídricos

Atualmente, o crescimento populacional global aumenta a necessidade de recursos naturais, destacando-se a demanda por água para atividades humanas, como abastecimento, geração de energia, agricultura e outras. Apesar da abundância hídrica conhecida no país, sua distribuição não é uniforme em todo o território brasileiro. Essa disparidade, combinada com práticas inadequadas de uso, poluição de rios e degradação de nascentes, agrava a escassez de água de qualidade (Agência Nacional das Águas - ANA, 2002). A crise de demanda por água na década de 70 impulsionou a reflexão sobre a gestão dos recursos hídricos no país, levando ao surgimento de políticas públicas voltadas para o manejo de bacias, alertando toda a sociedade para a sua relevância (Campos, 2022; ANA, 2011).

No Brasil, esse enfoque territorial foi estabelecido pela Política Nacional de Recursos Hídricos, a partir da promulgação da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Carvalho, 2020). Posteriormente, essa abordagem foi adotada em outras legislações, como a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007; a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012 e, também, em regulamentações

derivadas da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Segundo Carvalho (2020), essas medidas e normativas estabelecem a estrutura ideal para a gestão integrada dos recursos hídricos, utilizando as bacias hidrográficas como ponto fundamental e assim conduzir estratégias de planejamento e gerenciamento ambiental (Gomes, 2016; IPT, 2008).

Conforme WMO (1992) e Carvalho (2020) a unidade territorial sobre os recursos hídricos ganhou relevância no contexto das políticas hídricas no Brasil, principalmente a partir do início dos anos 90. Isso ocorreu após a definição dos Princípios na Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente de 1992, que foram reconhecidos numa reunião preparatória para a Rio-92, servindo como orientação para uma nova abordagem na gestão hídrica. Com a promulgação da Política Nacional de Recursos Hídricos pela Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, a bacia hidrográfica passou a ser reconhecida como a unidade principal para o planejamento e gestão dos recursos hídricos, considerando a integração e a influência dos diferentes elementos que compõem as bacias hidrográficas (Silva, 2016; Carvalho, 2020).

É crucial enfatizar que a gestão efetiva dos recursos hídricos precisam de uma abordagem integrada, levando em consideração todos os aspectos físicos, sociais e econômicos presentes na bacia hidrográfica. No entanto, mesmo com essa visão abrangente, os recursos hídricos, fundamentais no ambiente, são suscetíveis a diversos fatores, tanto em termos de qualidade quanto de quantidade, o qual Carvalho (2020) retrata que devido a mudanças nos cursos de água ou redução dos canais de drenagem como resultado de interferências não naturais ao longo dos anos, pode contribuir em um preocupante cenário atual de degradação e negligência da unidade territorial.

Os efeitos secundários resultantes da atividade humana, como a urbanização, provoca alterações na capacidade dos canais e nos processos dos rios trazendo desgaste, deslocamento e deposição de sedimentos, o que por sua vez, eleva a quantidade de água escoada rapidamente (pico de descarga) e no acúmulo de sedimentos (assoreamento). Essas mudanças não ocorrem apenas devido ao aumento do material sedimentar, mas também devido à introdução de resíduos urbanos, contribuindo para a suscetibilidade à ocorrência de enchentes (Carvalho, 2020).

É mencionado por Carvalho (2018) que as bacias hidrográficas são áreas de diferentes tamanhos, onde os recursos hídricos de superfície se organizam de acordo com a interação entre a estrutura geológica, o relevo e as condições climáticas. Os cursos de água nessas regiões são sistemas ambientais complexos que desempenham um papel crucial na configuração e na modificação da paisagem geográfica, além de serem uma importante fonte

de recursos naturais.

Em um contexto fundamentado por autores anteriormente citados e também de clássicos como Tucci (2020), Collischonn (2020) e Christofolletti (1974), têm-se que as concepções sobre a bacia hidrográfica possuem seus conceitos semelhantes e sua importância como gestora fundamental do território. Preza-se por momento, entender como estes sistemas abertos também possuem eventos naturais ou de fácil suscetibilidade a qualquer alteração direta ou indireta.

A bacia hidrográfica é geralmente vista como a unidade básica mais prática para planejar o uso dos recursos hídricos. Isso se deve ao fato de ela ser um sistema aberto de fluxo de água que se estende desde a parte mais alta, onde a vazão do rio principal é medida. Dessa forma, é possível analisar o comportamento da água na bacia hidrográfica com base nas características naturais da área e por meio dos registros de fluxo nos rios (Gomes, 2016, Souza et al, 2017; Campos, 2014).

Segundo Campos (2014) e Collischonn et al. (2021), a bacia hidrográfica, também conhecida como bacia de drenagem, compreende todas as áreas que, por meio de canais e afluentes, escoam água da chuva, sedimentos e substâncias dissolvidas para um canal principal.

A rede de drenagem que compõe uma bacia reflete as características geológicas e a formação morfológica da área. Cada bacia ou sub-bacia tem um papel relevante na organização territorial dentro da sua área de abrangência, já que essas configurações determinam diferentes padrões de escoamento, podendo criar territórios que facilitam as atividades locais ou, pelo contrário, influenciar ações que comprometem certos tipos de ocupação (Rocha, 1997; Nardini, 2013; Rodrigues, 2004).

Conforme Tucci (2020), as principais características de uma bacia hidrográfica se resumem em quatro elementos-chave: a área total de drenagem, a extensão do curso do rio principal, a inclinação do leito do rio e a declividade da bacia.

Devido à interligação proporcionada pelo relevo, uma bacia hidrográfica está sempre conectada a várias outras, em uma hierarquia superior, formando assim sub-bacias. A terminologia de bacias e sub-bacias hidrográficas é, portanto, relativa e interdependente, como aponta Christofolletti (1981). Ele destaca que a caracterização dos aspectos físico-ambientais de cada bacia é visualizada de maneira integrada, considerando componentes como geologia, geomorfologia, clima, hidrologia, solos e vegetação.

Essa abordagem destaca a dinâmica constante de interações nos ecossistemas, incluindo tanto influências naturais quanto antrópicas. Essas características físicas e bióticas

exercem um papel fundamental nos processos do ciclo hidrológico, influenciando a infiltração, a precipitação, a evapotranspiração e o fluxo de água superficial e subterrânea em uma área delimitada ou de estudo.

Rocha (1997) enfatiza a característica dos cursos d' água como territórios que compartilham uma rede de drenagem delimitada por divisores de águas superficiais e subterrâneas. Isso destaca a relevância da rede de drenagem como um indicador significativo das modificações que afetam a composição paisagística dessas áreas. Essas mudanças podem se manifestar na reorganização, na estrutura e na própria configuração dos canais, resultando no aumento dos processos erosivos, o qual nos trazem informações sobre potenciais ocorrências de enchentes, inundações e suscetibilidade à erosão.

Ao conduzir os estudos destes espaços de forma restrita, a partir de seus divisores de águas, pode-se dar ênfase sobre os principais aspectos ambientais, sociais e econômicos de maneira sistemática. Essa análise considera tanto as demandas e recursos internos dessa área como também os fatores externos que trazem possíveis alterações. Conforme estudos de Carvalho (2020), o mesmo explana que esse tipo de delimitação espacial tem sido adotado na gestão dos recursos hídricos como "unidades físicas de identificação, descrição e avaliação, no intuito de compreensão sobre o manejo dos recursos hídricos."

1.2.2 A importância de índices morfométricos para estudos ambientais

Tucci (2020) cita que o estudo a partir da bacia hidrográfica permite observar em detalhes a variação dos diferentes processos que ocorrem nela, e que, com base no registro das variáveis hidrológicas envolvidas, é possível entender melhor os fenômenos e procurar representá-los matematicamente, permitindo a integração multidisciplinar entre diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental.

Como retratado no tópico anterior, para compreender as formas de relevo moldadas pela ação das águas fluviais, é crucial compreender a complexa rede de componentes dos sistemas fluviais que se adaptam a entradas e saídas variadas de matéria (água e sedimentos) e energia no sistema geomorfológico. Alguns sistemas fluviais podem se ajustar rapidamente a alterações na energia recebida, enquanto outros exibem resistência e respostas mais lentas. Essas variações na resposta estão intimamente ligadas às características físicas e ambientais de cada ambiente fluvial (Nardini, 2013; Tucci, 2020).

Diferentes estudos mostraram que bacias com diferentes formas e inclinações têm padrões de fluxo de água diferentes, mas sem quantificar essa relação. Kirpich (1940) desenvolveu um método para calcular o tempo necessário para a água fluir na bacia, usando o comprimento e a inclinação do canal. Outros pesquisadores, como Potter (1953), Morisawa

(1962), Jarboe & Haan (1974), Wandle Junior (1983), Costa (1987) e Harlin (1984), também usaram características da bacia, como tamanho, inclinação do canal e altitude média, para prever o comportamento do fluxo de água em diferentes situações. Um estudo detalhado sobre como a forma da bacia influencia o escoamento da água pode ser encontrado em Beven et al. (1988).

As modificações nos canais fluviais e na própria bacia de drenagem ocorrem gradualmente em diferentes escalas de tempo, desde pequenas variações sazonais até transformações profundas em uma escala geológica maior (Christofolletti, 1981). Ambientes fluviais são sistemas morfológicos dinâmicos em que a forma e os processos estão constantemente se ajustando devido a interferências externas e internas. A diversidade nas respostas desses sistemas às entradas de energia é descrita na literatura geomorfológica como diferentes formas de retroalimentação (feedback) às variações de energia, contribuindo para a contínua modificação das características morfológicas em uma bacia de drenagem (Christofolletti, 1981).

As propriedades do terreno, como a infiltração e o fluxo de água das chuvas, são refletidas nas características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo. Essas características estão intimamente correlacionadas com a litologia, estrutura geológica e formação superficial dos elementos que compõem a superfície da Terra (Christofolletti, 1981, Collischonn, 2020).

A morfometria para Santos et al. (2019) pode ser conduzida como uma ferramenta de gerenciamento socioambiental, fornecendo informações essenciais para a reorganização regional, com o objetivo de apoiar a tomada de decisões em projetos que lidam com os recursos naturais da área. Paralelamente, a resposta hidrológica de uma microbacia hidrográfica é influenciada pelos variados tipos de uso do solo, o que constitui uma maneira de avaliar os impactos ambientais. Isso permite direcionar as estratégias de gestão de forma mais precisa a estes eventos.

Para Rodrigues (2004), a morfometria é uma ferramenta utilizada para avaliar as características fisiográficas naturais. Parâmetros como fator de forma, densidade de drenagem e declividade do terreno são analisados para identificar a suscetibilidade à degradação ambiental. Essas informações são essenciais para o planejamento, manejo e implementação de medidas de conservação e uso sustentável dos recursos naturais.

A abordagem analítica dos recursos hídricos com algumas ferramentas como o geoprocessamento e o sensoriamento remoto podem auxiliar nos estudos das bacias hidrográficas e são essenciais para compreender a dinâmica hidrológica e avaliar a

suscetibilidade do terreno à degradação ambiental, fornecendo informações cruciais para o planejamento e gestão sustentável dos recursos naturais (Nardini, 2013).

A obtenção das principais características físicas de bacias hidrográficas é realizada utilizando um software de Sistema de Informações Geográficas (SIG). Essas características incluem informações como área, perímetro, comprimento axial da bacia, comprimento do rio principal, extensão total da rede de drenagem, altitudes máximas e mínimas, contagem de rios que contribuem na carga hidráulica do canal principal, amplitude altimétrica, além da distribuição das curvas de nível presentes dentro da área da bacia (Campos, 2022; Rizzi, 2004).

A partir desses índices fisiográficos das bacias, se consegue a coleta de dados morfométricos como: fator de forma (Kf); coeficiente de compactidade (Kc); índice de circularidade (Ic); frequência da rede de drenagem (Dr); sinuosidade do rio principal (Sin); densidade de drenagem (Dd); razão de textura (T); declividade média da bacia (H); relação do relevo (Rr); razão de alongação (Re), Extensão média do escoamento superficial (I) e por fim, o índice de rugosidade (Ir) (Christofoletti, 1981; Campos et al., 2022).

Compreender as características morfológicas permite identificar a similaridade geométrica entre as sub-bacias, conforme descrito por Strahler (1952) retratado por Christofoletti (1981). Esse método também possibilita a comparação das semelhanças entre as sub-bacias, considerando médias ponderadas de seus parâmetros dimensionais. Os atributos utilizados nesse método incluem o comprimento axial (La) e a maior largura das bacias (L), o comprimento do rio principal (Lp), a extensão total da rede (Lr), o perímetro (P) e a área (A) das bacias. Os numeradores das relações lineares referem-se aos atributos de uma bacia, enquanto os denominadores se relacionam a uma segunda bacia, permitindo uma análise comparativa entre elas (Campos et al., 2022).

A inclusão de informações topográficas em sistemas de informações geográficas (SIG) possibilita a compreensão das características presentes em diversas bacias hidrográficas. O conhecimento morfométrico é obtido por meio de metodologias estabelecidas (Strahler, 1957; Horton, 1945) e, atualmente, tem-se utilizado extensivamente os dados provenientes da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM). De acordo com Rodriguez et al. (2006), os dados SRTM são geralmente de boa qualidade; entretanto, um estudo conduzido por Garbrecht, (1999) evidenciou que a precisão pode diminuir, especialmente em áreas montanhosas ou com topografia íngreme, apresentando uma redução significativa da qualidade nesses tipos de terreno.

1.2.3 A influência dos processos erosivos em bacias hidrográficas

Segundo Bordas & Semmelmann colaboradores na literatura de Tucci (2020), paralelo ao ciclo hidrológico há um outro ciclo aberto que está totalmente dependente mas envolve o transporte, o depósito de partículas sólidas e o deslocamento na superfície de bacias hidrográficas caracterizado como ciclo hidrossedimentológico, com processos que envolvem a sedimentação, depósito, consolidação separação transporte e erosão de sedimentos.

As partículas sólidas que se desprendem ou se soltam por meio de fatores naturais, reações químicas, efeitos de temperatura ou ações mecânicas conduzem o desprendimento dessas partículas sólidas. No entanto, a influência de sua ocupação antrópica contribuem para eventos de precipitação serem mais impactantes nos leitos dos rios e maior volume dessas partículas, devido ao aumento da velocidade de escoamento superficial provinda das águas da chuva (Tucci, 2020).

Esses fenômenos podem, portanto, intensificar o volume desse material sólido pela ação cinética da vazão hídrica ou também por outros fatores que envolvam o seu deslocamento (Tucci, 2020). Esses materiais sólidos possuem características próprias, diversas dimensões e formatos podendo ser diferenciados a partir dos grupos principais envolvidos sendo:

- Argila, que varia d menor que 0,002 mm;
- Silte, $0,002 < d < 2$ mm;
- Areia $0,060 < d < 2$ mm;
- Cascalho, $2 \text{ mm} < d < 60$ mm;
- Seixo, $60 \text{ mm} < d < 200$ mm e
- Pedras/pedregulho/matacão, $d > 200$ mm;

Levando em conta a importância da erosão do solo nas bacias hidrográficas, é fundamental destacar que a erosão é um fenômeno natural necessário para moldar a paisagem e renovar o solo. No entanto, torna-se um problema quando ocorre de forma acelerada, frequentemente associada à intervenção humana na superfície do solo (Salomão, 2007; Bertoni, 2013).

As demandas que afligem a degradação do solo estão intrinsecamente ligadas ao crescimento populacional disperso e sem planejamento territorial, gerando impactos nas esferas ambiental, social e econômica. A erosão acelerada surge como resultado de maquinários e atividades de produção em massa, técnicas agrícolas inadequadas, práticas de monocultura, queima de resíduos agrícolas, desmatamento, sobrepastoreio e uso conflitante com o potencial do solo (Salomão, 2007).

É essencial abordar os diferentes tipos e mecanismos erosivos, os elementos que

influenciam a erosão, técnicas que podem ampliar esse processo e suas repercussões, bem como estratégias de conservação do solo.

1.2.3.1 Erosão hídrica

Esse fenômeno é afetado por vários fatores, como o tipo de precipitação, a permeabilidade e resistividade do solo, suas características, a inclinação do terreno, a vegetação e a situação do solo em análise. No Brasil, com predominância de clima tropical, a chuva tem um papel importante nesse processo, pois a erosão é impactada pela quantidade de volume de chuva, sua duração e intensidade, sendo chuvas rápidas e fortes causadoras de mais processos erosivos; e a frequência das chuvas, demonstrado por Bertoni (2013); Souza (2010).

A resistência do solo à erosão é influenciada por suas características físicas, químicas e pela cobertura. A textura, estrutura, permeabilidade, densidade e conteúdo de matéria orgânica são características que promovem identificar esses processos erosivos, assim como a estrutura do solo é crucial nesse contexto. Bertoni, Pires (2013) explanam que as propriedades das argilas mantêm a estabilidade dos agregados, enquanto a quantidade de matéria orgânica melhora a capacidade de absorção de água.

A infiltração de água no solo está ligada à permeabilidade, que por sua vez está associada à porosidade. Geralmente, solos mais porosos, como os arenosos, têm maior capacidade de absorção de água, enquanto os argilosos mostram menor capacidade neste aspecto (Salomão, 2007).

Pires (2013); Schiavetti et al. (2002) também mencionam sobre influência da topografia na região, especialmente a inclinação e a extensão das áreas, desempenha um papel significativo na erosão hídrica, pois sabe-se que as superfícies mais íngremes facilitam a erosão, já que a força e a velocidade da água da chuva aumentam. Além disso, o comprimento da área em questão também é relevante, onde áreas mais extensas podem favorecer a erosão devido à maior distância percorrida pelo canal, o que aumenta a quantidade de material carregado pela vazão hídrica.

Os atributos da ocupação do solo na bacia podem acarretar repercussões na qualidade da água, como o aumento de sedimentos, concentração de insumos agrícolas e matéria orgânica nos cursos d' água, transportados durante um período chuvoso, por exemplo. A fora do transporte destes materiais, há o transporte de solo que pode conduzir ao assoreamento dos canais, aumento da vazão, volume e escoamento superficial do curso d'água (Bertoni, 2013; Schiavetti et al. 2002).

Segundo Christofolletti (1981), os elementos que afetam o acúmulo de sedimentos em

bacias hidrográficas englobam características topográficas, tipos de solo, condições climáticas e padrões de ocupação do solo. Entre esses elementos, a cobertura vegetal exerce uma influência determinante na perda de água e solo, que por sua vez, traz uma redução da energia cinética resultante do impacto das gotas de chuva na superfície, mantém os leitos dos rios de forma que, a velocidade de escoamento superficial e o transporte de sedimentos sob regimes chuvosos tenha uma diminuição na desintegração inicial das partículas do solo.

Solos sem cobertura estão mais vulneráveis à erosão, enquanto a presença de cobertura vegetal protege contra esse processo. A cobertura do solo ajuda a minimizar o impacto das gotas de chuva, retém e evapora a água, favorece a decomposição das raízes, aumenta a matéria orgânica e melhora a permeabilidade do solo. A proteção contra a erosão depende do tipo de cobertura, que pode oferecer mais ou menos defesa. Por exemplo, plantações que duram apenas um ano deixam o solo desprotegido por um tempo, enquanto culturas perenes protegem mais, pois permanecem no solo por um maior período de tempo (Christofolletti, 1981; Schiavetti et al. 2002; Bertoni, 2013).

As atividades de gestão e cuidado com as áreas também têm impacto no processo de erosão do solo: práticas como preparo intensivo do solo, escolha de culturas com pouca proteção no terreno, plantio em declives, queima de resíduos agrícolas, excesso de pastoreio e técnicas de cultivo sem conservação do solo podem facilitar a ocorrência de processos erosivos de caráter hídrico no território (Bertoni, 2013).

Pires e Souza et al. (2013) descrevem que para controlar a erosão, é essencial usar o solo conforme sua capacidade e aptidão ao sistema agrícola, o qual possui algumas maneiras de controle, como as vegetativas, edáficas e mecânicas. O controle vegetativo usa plantas para conter a erosão. Exemplos são o plantio e reflorestamento de áreas, pastagens em locais não produtivos que protegem o solo, plantas que cobrem o solo na chuva melhorando suas condições, e culturas alternadas em faixas ou rotações que protegem e nutrem o solo. Também inclui o uso de fileiras de plantas densas para diminuir a força das enxurradas, além de práticas como a cobertura de restos de culturas e faixas de borda para reduzir a erosão.

Neto et al. (2012) relata que as áreas com baixa produtividade e suscetíveis à erosão, especialmente em terrenos íngremes, degradados e com poucos recursos minerais devem ser introduzidos com plantio e reflorestamento, pois ao estabelecer florestas nessas áreas, principalmente em locais inclinados ou no topo de morros, se mantém o controle do escoamento da água, a infiltração do solo e ajuste no fluxo dos cursos d'água. Além disso, as florestas servem de habitat e fonte de alimento para diversas espécies animais e aves. Essas medidas ressaltam a importância das áreas de preservação permanente (APP 's), como as

matas ciliares e as áreas em elevações acentuadas, para manter a integridade ambiental.

As importâncias das atividades edáficas envolvem ajustes no cultivo e manejo do solo para controlar a erosão e aprimorar sua fertilidade. Entre essas práticas, há a escolha criteriosa das áreas de cultivo, evitando ações como queimadas que destroem matéria orgânica e reduzem a capacidade do solo de reter água e resistir à erosão. A adubação verde, por sua vez, protege o solo das gotas de chuva e enriquece sua matéria orgânica. No caso da adubação química e orgânica traz a correção do pH do solo, que pode ser constituído como método adicional na manutenção da fertilidade, progresso na cobertura vegetal e reduzem as perdas de solo por erosão (Bertoni, 2013; Pasquatto, 2016).

Assim, é possível retratar que a influência do uso do solo adverte na gestão territorial em conjunto bacias hidrográficas, que no caso dos processos erosivos podem ser conduzidos a partir de atividades mecânicas e que envolvem a manipulação da terra para evitar danos. Alguns exemplos são: planejamento adequado dos caminhos, preparação e plantio em curvas de nível, utilização de sulcos e elevações nas pastagens, técnicas de cobertura vertical, criação de canais de drenagem para coletar água das estradas, nivelamento de terrenos e construção de canais para escoamento de água (Pires; Souza, 2013; Pasquatto, 2016).

1.2.4 Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI)

Segundo o relatório de Florestal (2011), a unidade de gerenciamento de recursos hídricos refere-se a uma estrutura organizacional responsável pela gestão e preservação dos recursos hídricos em uma determinada região, geralmente delimitada por uma bacia hidrográfica.

Essa unidade é essencial para implementar o plano de bacias hidrográficas, um instrumento de gestão que define diretrizes para o uso sustentável da água na região e que complementam suas ações em conjunto com os comitês de bacias hidrográficas (CBH), um órgão colegiado e deliberativo composto por representantes de diversos setores da sociedade, como usuários de água, poder público e organizações civis. O sistema de gerenciamento dos recursos hídricos, sob a coordenação dessas entidades, envolve o monitoramento, a regulação e a promoção de práticas para garantir o equilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de água, visando à sustentabilidade hídrica da região (IPT, 2008; Florestal, 2011).

As bacias hidrográficas do Rio Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10) estão localizadas no centro-sudeste de São Paulo, abrangendo o rio Sorocaba e afluentes do rio Tietê, entre as barragens do Rasgão e de Barra Bonita, com exceção às bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, que pertencem à UGRHI 05 (Florestal, 2011).

As regras operacionais para o Sistema Tietê/Billings conectam a UGRHI 10 com a

Baixada Santista (UGRHI 07), embora não haja uma fronteira física entre elas. A área da Bacia Sorocaba/Médio Tietê é dividida em seis Sub-Bacias, três drenam para o rio Tietê e três para o rio Sorocaba: Médio Tietê Inferior, Médio Tietê Médio, Baixo Sorocaba, Médio Sorocaba, Médio Tietê Superior e Alto Sorocaba (Florestal, 2011).

A região da UGRHI 10 exibe uma variedade de rochas que remontam desde o Pré-Cambriano até o Cenozóico, abarcando formações como o Embasamento Cristalino, o Grupo Tubarão (constituído pelas Formações Itararé e Tatuí), o Grupo Passa Dois (englobando as Formações Irati e Corumbataí), o Grupo São Bento (incluindo as Formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral), o Grupo Bauru (representado pela Formação Marília) e Sedimentos Cenozóicos (Tomazela et al. 2016).

Os reservatórios de água subterrânea nessa área foram meticulosamente identificados e categorizados conforme sua distribuição geográfica, propriedades hidráulicas, padrões de fluxo e condições de retenção. Entre os aquíferos catalogados encontram-se o Sistema Aquífero Cristalino, Sistema Aquífero Tubarão, Sistema Aquífero Botucatu, Sistema Aquífero Basalto, Aquífero Passa Dois e Aquífero Marília (Almeida, et al, 2014; Tomazela et al. 2016).

Cada um desses sistemas apresenta particularidades no armazenamento e na circulação de água, categorizados em três grupos distintos com base nas características litológicas: meios com predominância de porosidade granular (Tubarão, Botucatu e Marília), meios com porosidade de fissuras (Cristalino e Basalto) e porosidade mista, combinando características granulares e fissuras (Passa Dois) (Florestal, 2011).

Em razão de sua composição litológica, o Grupo Passa Dois comporta-se como um aquícluído em escala regional, retendo água sem capacidade de provisão significativa. No entanto, em nível local, pode apresentar zonas aquíferas, especialmente associadas a depósitos de calcário e áreas de rochas lamíticas fissuradas, permitindo uma produção substancial de água (Florestal, 2011; Almeida, et al, 2014; Tomazela et al. 2016).

O Plano de Bacia é reconhecido como um dos principais instrumentos de gestão dos recursos hídricos, possivelmente assumindo a posição de maior relevância entre eles. Este plano é uma exigência estabelecida pela Política Estadual de Recursos Hídricos, impondo a sua implementação a todos os Comitês de Bacia Hidrográfica do Estado de São Paulo. No âmbito desse plano, são sistematizados os elementos técnicos de interesse e são estabelecidos os objetivos, diretrizes, critérios e intervenções fundamentais para a gestão dos recursos hídricos (IPT, 2008)..

Esses elementos são estruturados de acordo com uma lógica de programas, metas e

ações, delineando um plano de execução que contempla distintos horizontes temporais, abrangendo períodos de curto, médio e longo prazos. Este instrumento estratégico não apenas organiza, mas também orienta a gestão dos recursos hídricos, estabelecendo as bases técnicas e direcionando as ações necessárias para assegurar a eficácia na administração desses recursos em prazos curtos, médios e longos a partir de relatórios e estudos ambientais (IPT, 2008).

Esses dados da UGRHI 10 representam um conjunto de prognósticos de caráter auxiliar à compreensão sobre o desenvolvimento cívico e sustentável. As atividades já elaboradas sobre os recursos hídricos, de forma que, os relatórios e avaliações de estudo ambiental possam auxiliar comunidades ribeirinhas e de cavidade pública, aplicações qualitativas a partir da multidisciplinaridade estudos que envolvem a dinâmica fluvial, gestão pública, histórico e desenvolvimento socioeconômico sobre as bacias hidrográficas (Tomazela et al. 2016).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os parâmetros adotados são indicadores de propensão sobre fenômenos extremos, como inundações, processos erosivos, infertilidade do solo, aumento do escoamento superficial precedido por acréscimo de áreas impermeáveis. Além disso, traz a dinâmica hídrica e o comportamento natural das bacias hidrográficas, o que permite futuramente, trazer soluções para problemas de saneamento básico, atividades rurais próximas às áreas de preservação permanente (APP) do rio, manejo em uso e ocupação irregulares, recorrentes do mal planejamento destes ambientes no antropoceno (Oliveira et al., 2019).

O afluente Ribeirão Ponte Alta, localizado na margem esquerda da bacia principal (Rio do Peixe) é situado mais próximo a área urbana e possui tendências as cheias na região e que pode causar agravamentos nas proximidades.

A coleta desses dados e a caracterização da bacia podem ser adotados para futuros prognósticos e conhecimento acadêmico, pois a região do município de Bofete se situa abaixo do Aquífero Guarani (Nardini, 2013), trazendo assim, valoração e maior abrangência de informações após o exercício deste trabalho, para próximos exemplares e estudos hidrológicos na região .

As características geométricas são determinantes para entender o comportamento hidrológico da bacia de forma geral, influenciando o fluxo e a retenção da água. Os principais indicadores incluem: área de drenagem (A); perímetro (P); coeficiente de compactidade (Kc); fator de forma (Kf); razão de alongação (Re); índice de circularidade (Ic); índice entre

comprimento e a área da bacia (ICO).

2.1 Coeficiente de compacidade de Gravelius (Kc)

Neste fator é necessário utilizar a razão do perímetro da bacia (P) em km e a área de um círculo hipotético considerando a de drenagem da bacia (A) em km²:

$$Kc = 0,28 \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right) \quad (1)$$

Onde

P = Perímetro da bacia estudada (km);

A = Área semelhante à da bacia em formato circular ou de circunferência (km²);

Segundo Villela e Mattos (1975), o coeficiente de compacidade (Kc) estabelece uma relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo com a mesma área da bacia. Este coeficiente, adimensional, varia conforme a forma da bacia e não é influenciado pelo seu tamanho.

Bacias com contornos mais irregulares tendem a apresentar coeficientes maiores, enquanto uma bacia circular atinge o valor mínimo, equivalente a um, indicando uma maior suscetibilidade a inundações. A classificação das bacias conforme o coeficiente Kc pode ser observada no Quadro 7, conforme abordado por Christofolletti (1974).

Tabela 1: Classificação do Índice de compacidade (Kc)

Características da bacia	Coeficiente de compacidade
Bacia com alta propensão a enchentes	1,00 - 1,25
Bacia com tendência mediana a grandes enchentes	1,25 - 1,50
Bacia não sujeita a grandes enchentes	> 1,50

Fonte: Christofolletti (1974).

2.2 Fator de forma (Ff)

O fator de forma (Ff) relaciona a forma da bacia hidrográfica à de um retângulo, expressando a proporção entre sua largura média e o comprimento axial (a distância entre o ponto de saída e o ponto mais distante na bacia). Sua fórmula é obtida pela divisão da área de drenagem pelo comprimento axial da bacia (Cardoso et al., 2006). É importante destacar que, de acordo com Silva (2015), às unidades de medida devem ser compatíveis para que o fator de forma seja adimensional.

$$Ff = \frac{A}{L^2} \quad (2)$$

Em que:

A = Área da bacia estudada (km²);

L = comprimento axial (km);

Um fator de forma com valores baixos sugere menor propensão a inundações em comparação com uma bacia de mesma área, porém com um fator de forma maior. Isso ocorre devido à configuração estreita e alongada da bacia, o que dificulta a cobertura completa por chuvas intensas ao longo de toda a sua extensão (Oliveira et al., 2010). A classificação do fator de forma pode ser consultada conforme indicado no Quadro 5, segundo Silva e Mello (2008).

Tabela 2: Classificação do fator de forma (Ff)

Interpretação	Variação
Baixa propensão a enchentes	< 0,50
Bacia com média propensão	0,50 - 0,75
Propensa a enchentes	0,75 - 1,00

Fonte: Christofolletti, (1981).

2.3 Índice de circularidade (Ic)

O índice de circularidade (Ic) reflete a tendência da bacia hidrográfica em direção a um círculo, sendo próximo de 1 para bacias mais circulares e diminuindo em bacias com formatos mais alongados. Bacias circulares possuem maior propensão a receber chuvas intensas em toda a sua extensão, resultando na concentração de um grande volume de água no curso principal do rio (Cardoso et al., 2006). A equação (3) afere essa relação entre a área da bacia estudada e seu perímetro, e dessa maneira, permite identificar se o espaço de contribuição hídrica tende a agravamento de enchentes e cheias. O valor resultante sendo aproximado ou próximo de 1, a área tende-se a estimativa de cheias e contribuição em aspecto circular.

$$Ic = 12,57 \frac{A}{P^2} \quad (3)$$

Onde:

A = área da bacia (km²);

P = perímetro da bacia (km);

Conforme apontado por Silva (2015), é comum que bacias hidrográficas de ordens maiores tenham um formato mais alongado, enquanto aquelas de ordens menores apresentem uma configuração mais circular. Isso se deve ao comprimento do perímetro da bacia, o qual depende da linha de contorno, geralmente sendo mais irregular em bacias de maiores dimensões. O Quadro 6 oferece a classificação do I_c , conforme proposto por Schumm (1956).

Tabela 3: Classificação do Índice de Circularidade (I_c).

Característica	I_c
Bacia mais alongada - Favorece o escoamento superficial	< 0,45
Escoamento superficial moderado e pequena probabilidade de cheias rápidas	0,45 - 0,51
Bacia circular - Favorece os processos de inundação	> 0,51

Fonte: Schumm (1956) e Moura (2013).

2.4 Número dos canais (Nu)

É um parâmetro que traz o número de canais ao longo de toda a bacia, que é inserido cada vez que um outro canal participa da contribuição sobre o curso d'água. A ordem hierárquica das bacias hidrográficas foi estabelecida segundo Strahler (1954):

$$Nu = N_1 + N_2 + N_3 + \dots Nu \quad (4)$$

2.5 Densidade hidrográfica (Dh)

Conforme seu termo conceitual, este parâmetro tem a função de produção de volume de água a partir da quantidade de perfis hídricos (em km²) menores na bacia principal.

$$F_R = \frac{N}{A} \quad (5)$$

Sendo:

N = número de rios;

A = área da bacia estudada;

O seu valor representa a capacidade de retenção e formação de novos canais fluviais. Segundo Souza (2005), a densidade hidrográfica está diretamente ligada aos processos de escoamento superficial e ao comportamento hidrológico da bacia. Seu valor é influenciado por variáveis como a topografia, a cobertura vegetal, o volume de precipitação, as condições do terreno e a resistência à erosão.

Tabela 4: Classificação da densidade hidrográfica (Dh).

Característica	Densidade hidrográfica (rios/ km²)
Baixa	< 3
Média	3 - 7
Alta	7 - 15
Muito alta	> 15

Fonte: Adaptado de Lollo (1995).

2.6 Sinuosidade do curso d'água principal – I_s

Retrata a razão do comprimento principal da bacia e sua extensão no talvegue (em linha reta) do canal. Caso o resultado fique inferior ou próximo a 1, tende-se para uma bacia com aspecto linear, cálculos acima de 2, canais com meandros e entre 1 e 2 possuem leitos de transição ao decorrer do perfil.

$$I_s = \frac{L}{D_v} \quad (6)$$

Têm-se:

L = comprimento do perfil principal (km);

D_v = comprimento do talvegue do perfil principal (km);

2.7 Densidade de drenagem

A densidade de drenagem é obtida ao dividir o comprimento total dos canais pela área da bacia, conforme demonstrado na Equação 7.

$$D_d = \frac{L}{A} \quad (7)$$

Onde:

L = extensão total dos canais (km);

A = área da bacia principal (km²);

Conforme Oliveira et al. (2010), a densidade de drenagem (D_d) é um indicativo do nível de desenvolvimento do sistema de drenagem na bacia hidrográfica, refletindo sua eficiência. Cardoso et al. (2006) associam a densidade de drenagem com a vazão de saída da bacia hidrográfica. Essa métrica é influenciada por diferentes variáveis, como topografia, cobertura vegetal, volume de precipitação, características hidrológicas do terreno e resistência

à erosão (Souza, 2005). O Quadro 3 apresenta a classificação de Dd, conforme proposto por Christofolletti (1974).

Tabela 5: Classificação da densidade de drenagem (Dd).

Característica	Densidade de drenagem (Km/Km²)
Baixa densidade	$\leq 7,5$
Média densidade	$7,5 < Dd < 10$
Alta densidade	≥ 10

Fonte: Christofolletti (1974).

2.8 Índice de Rugosidade

O índice de rugosidade (Ir) representa o potencial erosivo de uma bacia em relação ao escoamento superficial. Em resumo, quanto menor o valor do Ir, menor é a exposição da bacia à degradação natural (Trajano, 2012). Por outro lado, quando esse índice é maior, há um aumento no risco de degradação da bacia, especialmente em vertentes longas e íngremes. O Ir é uma medida adimensional que reflete a diferença altimétrica entre a foz e o ponto de maior altitude dentro da área da bacia, indicando o desnível médio da bacia hidrográfica. (Trajano, 2012):

$$I_r = D_d \cdot H \quad (8)$$

Em que:

Dd = densidade de drenagem (km/km²);

H = amplitude altimétrica (km).

2.9 Declividade do Rio Principal (Ieq)

Representa a influência na demanda quantitativa da bacia e vazão sobre o escoamento superficial da bacia. Ieq é a declividade equivalente (m km⁻¹); H a amplitude altimétrica (Cota do exutório - Cota da nascente) do curso d'água principal (m); e L é o comprimento do curso d'água principal (km), utilizado por Bezerra et al. (2015b).

$$I_{eq} = \frac{\Delta H}{L} \quad (9)$$

2.10 Extensão média do escoamento superficial (I)

A extensão média do escoamento superficial é determinada conforme descrito por Villela e Mattos (1975). Este parâmetro representa a distância que a água da chuva percorreria

sobre os terrenos da bacia, caso fluísse diretamente desde onde foi precipitada até atingir o ponto mais próximo no leito de um curso d'água dentro da bacia.

Segundo estes autores, a extensão média do escoamento superficial pode ser significativamente diferente quando comparada aos valores obtidos por equações, principalmente devido à não consideração de fatores topográficos. Assim, esse índice fornece uma estimativa da média da distância percorrida pelo escoamento superficial. A fórmula para calcular a extensão média do escoamento superficial (l) é a seguinte:

$$l = \frac{A}{4L_t} \quad (10)$$

A = área da bacia hidrográfica (km²) e

L_t = comprimento total de todos os canais (km);

2.11 Razão de textura

A razão de textura, conforme definida por Horton, é a relação entre o número total de canais ou trechos de água e o perímetro da bacia hidrográfica. Essa métrica é influenciada principalmente pela capacidade de infiltração do solo.

$$Rt = \frac{N}{P} \quad (11)$$

Em seu trabalho, França (1990) estabelece uma comparação entre a textura de drenagem e os valores de textura topográfica, utilizando essa análise para caracterizar o solo e classificá-lo conforme o Quadro 6.

Tabela 6: Classificação do Índice de textura (Rt)

Característica	Razão de textura (rios/Km)
Maior distância entre cursos d'água	< 2,5
Distância média entre cursos d'água	2,5 - 6,2
Baixa distância entre cursos d'água	> 6,2

Fonte: Adaptado de França (1990).

2.12 Razão de relevo

A razão de relevo (Rr), introduzida por Schumm (1956), descreve a relação entre a diferença da amplitude máxima (Hm) em uma bacia e sua extensão máxima (L) ao longo da linha de drenagem principal. A equação (11)

$$Rr = \frac{Hm}{L} \quad (12)$$

Têm-se:

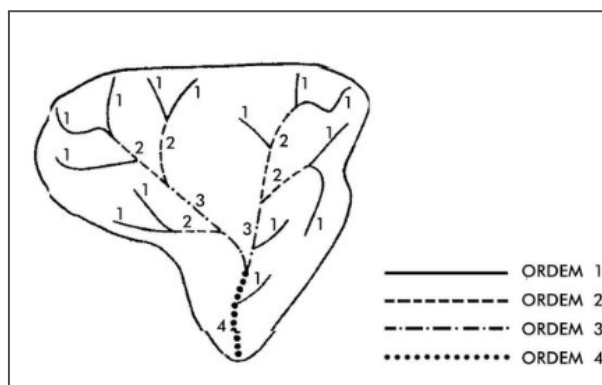
Hm: amplitude altimétrica;

L: comprimento total dos canais;

2.3 Ordem dos rios

A ordem dos rios é uma forma de classificar a ramificação de uma bacia hidrográfica, revelando o grau de divisão dos canais. Esse sistema é representado em um mapa detalhado que abrange todos os cursos d'água, inclusive aqueles perenes, intermitentes ou efêmeros. Os pequenos cursos fluviais que não se ramificam, desaguando no rio principal ou em seus afluentes diretos, são identificados como de primeira ordem. Quando dois canais de primeira ordem se unem, formam um de segunda ordem; a junção de dois rios de segunda ordem cria um de terceira ordem e assim por diante. O exemplo na figura 2 ilustra essa classificação da ordem dos rios (Christofolletti, 1974) .

Figura 2: Classificação dos rios segundo Strahler (1954)



Fonte: Almeida (2014).

2.4 Área de estudo

No ano de 1840, quando as famílias de João Antônio Gonçalves e Feliz Hilário se estabeleceram perto da Serra de Botucatu, novos pioneiros começaram a viver na área e ergueram uma capela e alguns anos depois, Vicente Ferreira doou uma área para criar um patrimônio, junto com a estátua de Nossa Senhora dos Remédios. A comunidade local era antes chamada de Samambaia, passou a se chamar Patrimônio de Nossa Senhora da Piedade e mais tarde Rio Bonito, devido à proximidade de um rio com a vila. Com esse nome, foi reconhecida como uma freguesia em 1866 (IBGE, n.d).

Inicialmente, a economia local se baseava na criação de gado, período em que o café se tornou importante e impulsionou um grande desenvolvimento, resultando na criação do município de Rio Bonito em 1880. No mesmo século, muitos viajantes se refugiavam em

uma gruta perto da montanha, onde guardavam comida e suprimentos. Isso deu origem ao nome 'Bufete ao Morro', associado à vila, indicando um local de recursos e abundância. Com o tempo, essa designação evoluiu para 'Bofete', oficializada em 1921 (n.d).

Devido a produção em grande escala sobre os latifúndios do território, a qualidade do solo local, composto em maior porcentagem por areia, diminuiu gradualmente, levando muitos habitantes a sair da região a partir de 1950. Os que permaneceram passaram a se dedicar à agricultura e ao cultivo de eucaliptos (IBGE, n.d).

Os moradores locais pronunciam o nome da cidade como "bofete", evitando qualquer ligação com a palavra que denota agressão física. A origem do nome vem do morro na região, onde, segundo relatos, tropeiros costumavam armazenar mantimentos e água para colegas de viagem. Esse costume, similar aos acordos na floresta amazônica entre seringueiros e garimpeiros, persistiu até o início do século XX, influenciando a designação "Morro do Buffet", do francês "aparador de comida". A transformação da denominação para "Bofete" prevaleceu sobre o antigo nome "Samambaia", ligado inicialmente a Botucatu e Tatuí, até a sua emancipação como vila (IBGE, n.d).

Localizado na região centro-sul do estado de São Paulo, o município de Bofete (tabela 7) destaca-se por situar-se sobre o Aquífero Guarani, o maior reservatório de água doce subterrânea do mundo. No Brasil, o aquífero Guarani abrange aproximadamente 70% de seu território, sendo um recurso de extrema relevância econômica para os municípios que se encontram dentro de sua área de influência. Isso se deve, em parte, ao fato de que cerca de 12,8% da área total do aquífero corresponde às zonas de recarga, conforme indicado por Manoel Filho (2008).

Tabela 7: Dados da área de estudo.

Estado	São Paulo (SP)
Município	Bofete
Área territorial (km²)	653,541
Altitude (m)	576
Localização em coordenadas	Latitude 23°06'08" Sul Longitude 48°15'28" Oeste
População	10.460
Bioma	Cerrado e Mata Atlântica

Fonte: IBGE (2019; 2022).

O clima predominante no município é classificado segundo a classificação de Köppen-Geiger como Cwa, caracterizado por um clima tropical de altitude. Esse tipo de clima é caracterizado por chuvas durante o verão e um período seco no inverno, com a temperatura média do mês mais quente sendo superior a 22°C (Cunha e Martins, 2009).

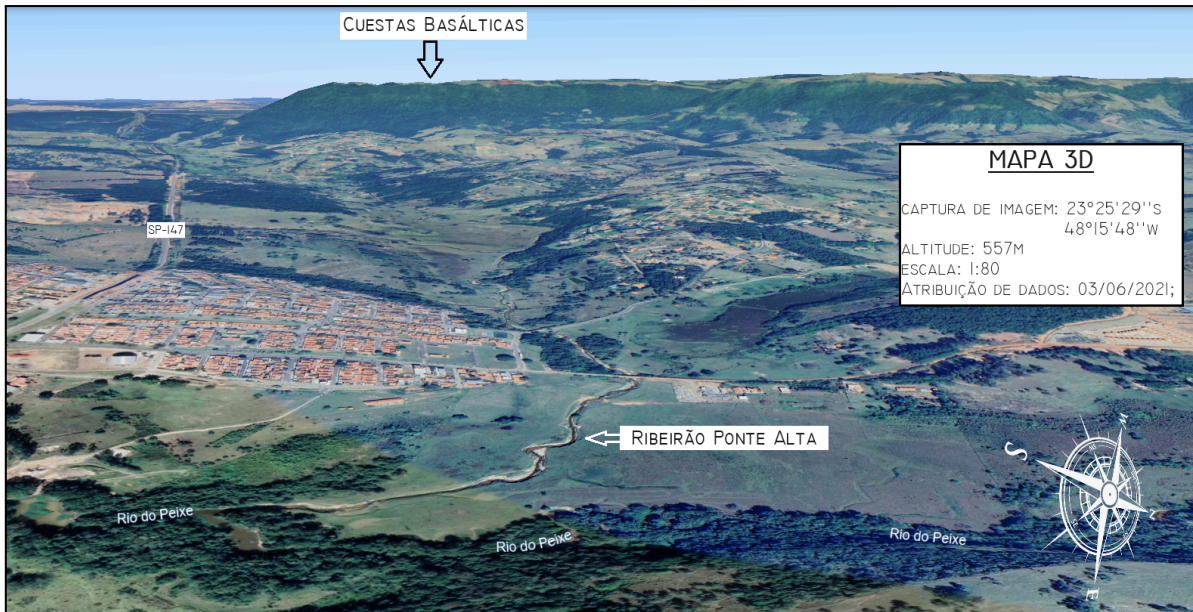
O território bofetense apresenta suaves elevações com características de Cuesta, localizado próximo ao paredão da Serra de Botucatu. Essas elevações são remanescentes do desgaste gradual das rochas de arenito ao longo de milhares de anos, resultado da ação dos ventos e das chuvas. Além disso, a área é predominada por uma vegetação típica de cerrado, que se adapta a regiões com estações climáticas bem definidas e solos arenosos considerados de baixa fertilidade (Zellu et al., 2017; IBGE, n.d).

A região foi tomada por fenômenos extremos na última década por fortes chuvas, levando muitas populações ribeirinhas e rurais a se deslocarem de suas casas e propriedades, além das perdas de pertences pessoais, houve a morte de muitos animais levados pela forte correnteza. Segundo os próprios moradores, os rios próximos que desembocam na bacia do Rio do Peixe estão assoreados e o aumento do nível d'água aumentou em menos de 1 (uma) hora após uma intensa chuva na região (UOL, 2011; G1, 2012).

A cidade é especialmente impactada por tempestades devido à sua localização abaixo da serra. Além da precipitação local, recebe o escoamento de água de áreas elevadas, como Botucatu e Pardinho, localizadas na cuesta. Esse volume adicional contribui para o transbordamento do rio, afetando os habitantes das áreas ribeirinhas (IPT, 2008; G1, 2011).

A figura 3 traz uma breve descrição remota sobre a configuração física da região, a estrada principal (SP-147) que traz o acesso ao município, ao fundo também se visualiza as cuestas basálticas que trazem a integração de propriedades rurais ao redor com atividades voltadas à agropecuária, assim como a malha urbana de Bofete a margem esquerda do rio Ribeirão Ponte Alta, que desemboca no rio do Peixe. O afluente apresenta pouca cobertura vegetal e erosão ao longo de suas vertentes.

Figura 3: Imagem de satélite com fração da malha urbana municipal de Bofete e principais canais hídricos do território em formato 3D.

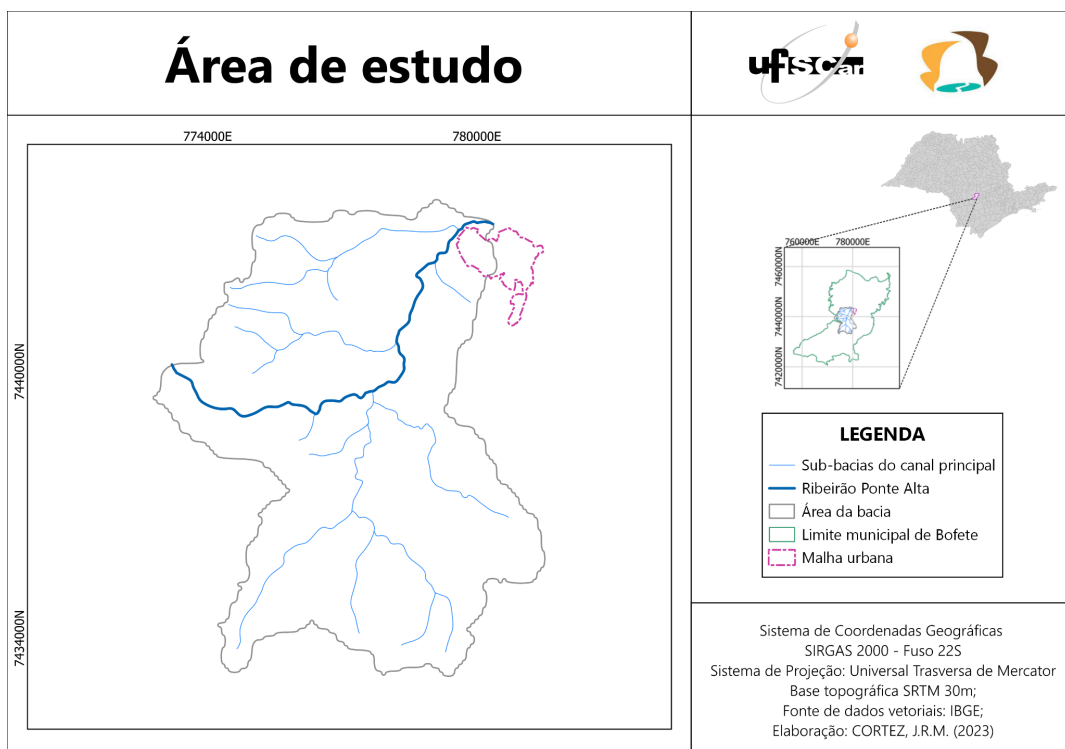


Fonte: Google Earth Pro.

2.5 Bacia hidrográfica do Ribeirão Ponte Alta (BHRPA)

A bacia hidrográfica Ribeirão Ponte Alta (Figura 4) se estende pela Bacia do Paraná, com início no território rural de Pardinho, a aproximadamente 1,66 km oeste do limite municipal de Bofete, numa altitude de 946 metros e percorre aproximadamente 11 quilômetros (km) até desaguar no rio do Peixe, município de Bofete (SP), a uma altitude de 519 metros.

Figura 4: Área de drenagem da BHRPA.



Fonte: Autorial própria.

A característica geomorfológica da bacia faz parte do Grupo São Bento, uma sucessão geológica pré-vulcânica que se destaca por uma camada de arenitos provenientes de processos fluviais e eólicos, principalmente na tonalidade avermelhada que se apresenta pelas formações Botucatu e Pirambóia, atreladas por uma série de eventos vulcânicos composta por camadas de basalto da formação Serra Geral e de diabásio por rochas intrusivas (Tomazela et al., 2015; Almeida et al., 2014).

A UGRHI de Bofete se estende na região médio tietê inferior, sendo 470,207 km² de área participante da UGRHI 10, o que corresponde a 9,83% da área total (4.141,332 km²) sobre os demais municípios, também pertencentes à região, como Anhembi, Barra Bonita, Botucatu, Conchas, Dois Córregos, Igarapu do Tietê, Laranjal Paulista, Mineiros do Tietê, Pereiras, Porangaba, Saltinho, São Manuel, Tietê e Torre de Pedra (Santos et al. 2015).

Por meio dos relatórios e informações bibliográficas foi possível abranger estudos e coleta de informações sobre o território municipal de Bofete e possíveis implicações do plano de gerenciamento da UGRHI 10 que fomentam ações de curto, médio e longo prazo na unidade.

2.6 Delineamento Matemático

A aplicação dos índices morfométricos geométricos, relevo e drenagem serão abordados a partir das equações já adotadas no capítulo II, índice 2.1 a 2.12 pela tabela 8 abaixo:

Tabela 8: Metodologia utilizada em cada indicador morfométrico.

Parâmetro	Equação	Referência
Índice de compacidade	1	Strahler (1954 <i>apud</i> Christofolletti 1981)
Índice de circularidade	2	Schumm (1956 <i>apud</i> Christofolletti, 1974)
Fator de forma	3	Horton (1945)
Número de canais	4	Strahler (1956)
Densidade hidrográfica	5	Horton (1945)
Índice de sinuosidade	6	Villela e Mattos (1975)
Densidade de drenagem	7	Christofolletti (1981)
Índice de rugosidade	8	Christofolletti (1981)
Declividade do rio principal	9	Embrapa (2013)

Extensão média ES	10	Villela e Mattos (1975)
Razão de textura	11	Christofolletti (1969)
Razão de relevo	12	Schumm (1956 <i>apud</i> Christofolletti, 1974)

Fonte: Autoria própria.

O processo de análise morfométrica de bacias hidrográficas tem início com a organização dos canais fluviais, buscando definir a hierarquia fluvial expressa numericamente por meio de sua magnitude, conforme mencionado pelo IBGE (2009, p.102). Seguindo a classificação hierárquica proposta por Strahler (1956), a bacia hidrográfica do rio Ribeirão Ponte Alta é classificada como um rio de 3ª ordem.

2.7 Delineamento experimental

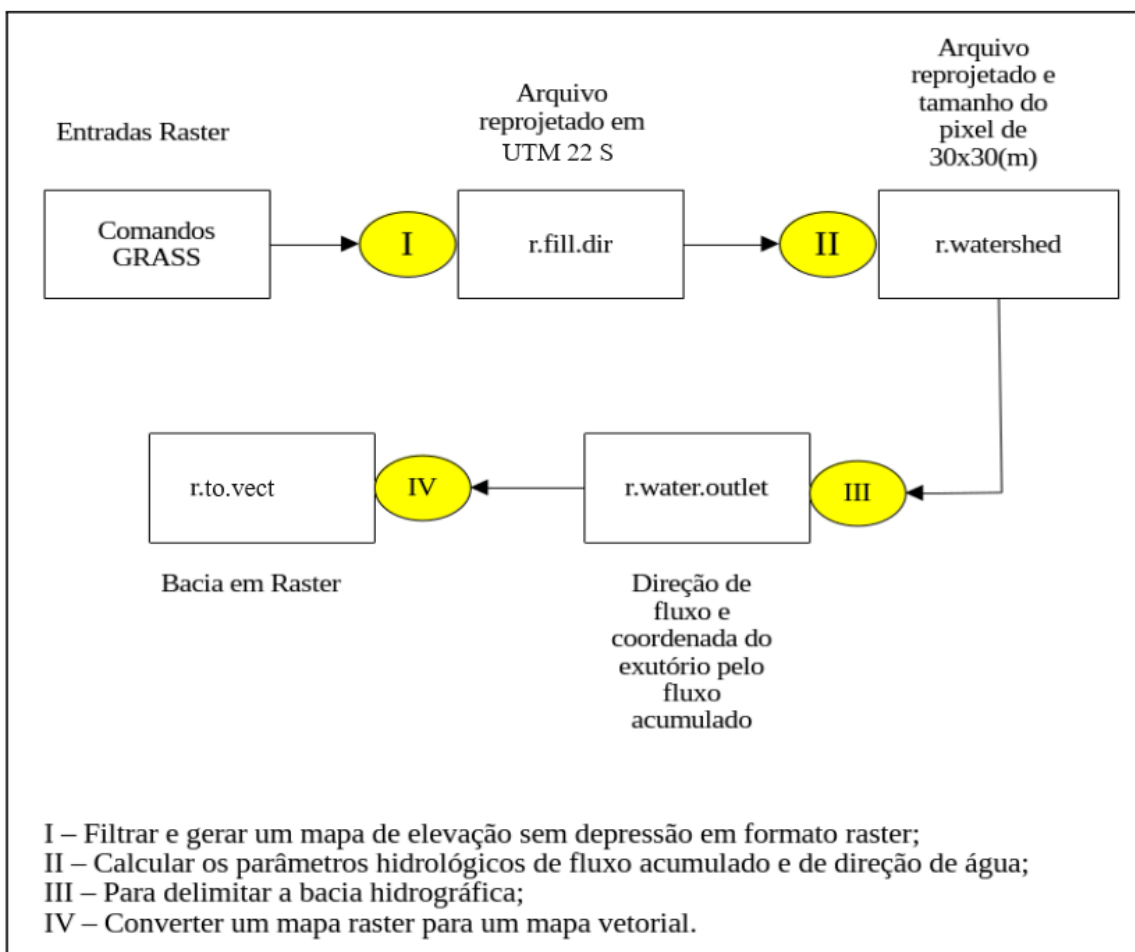
2.7.1 Geoprocessamento

A delimitação automatizada da bacia hidrográfica do Ribeirão Ponte Alta (BHRPA) foi realizada utilizando o software QGIS 3.28.4 em conjunto com o complemento de processamento Geographic Resources Analysis Support System (GRASS). Essa operação se baseou no uso do Modelo Digital de Elevação (MDE) denominado quadrícula de altitude 23S495ZN, o qual foi elaborado a partir dos dados provenientes da Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM), disponibilizados pelo United States Geological Survey (USGS) online.

O MDE utilizado possui uma resolução espacial de 30 metros e foi fornecido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), tendo sido definido no sistema de referência de coordenadas geográficas (SRC) em SIRGAS 2000 e posteriormente projetado no fuso Universal Transversa de Mercator (UTM) 22S.

Para a obtenção da delimitação da BHRPA, foram empregados determinados comandos disponíveis na caixa de ferramentas de processamento do GRASS, conforme indicado na Figura 5, utilizando como entrada arquivos gerados até a etapa de obtenção do vetor que delimita a área específica da bacia.

Figura 5: Fluxograma do processamento dos dados no software QGIS 3.28.4.



Fonte: Autoria própria.

Para o processamento e exportação de informações relacionadas à drenagem, relevo e declividade, foi imprescindível o uso de arquivos de entrada que continham correção de depressão e fluxo acumulado, ambos com Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) em UTM 22S. A metodologia adotada para a extração da drenagem seguiu o modelo proposto por Souza et al. (2021). Nesse processo, foram removidos os pixels de elevação sem valor e foi estabelecido um limiar mínimo de acúmulo de 100.

A delimitação da bacia foi realizada por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software QGIS 3.28. Esse processo envolveu a definição dos cursos d'água e sua hierarquia, conforme Strahler (1954). As bases cartográficas do IBGE de 2015, no formato Shapefile (shp) e escala 1:250.000, foram utilizadas na geração dos mapas de localização, assim como na coleta de informações geomorfológicas, geológicas e pedológicas pelo banco de dados de informações ambientais (BDiA).

2.7.2 Declividade do terreno

A inclinação topográfica afeta negativamente a velocidade do escoamento superficial, existindo uma relação inversa entre a inclinação da superfície e a taxa de infiltração.

Conforme a inclinação aumenta, a capacidade de infiltração diminui, e vice-versa. Essa dinâmica influencia a capacidade de transporte de sedimentos e desempenha um papel fundamental na definição do padrão do canal (Nardini, 2013; Anastácio, 2021).

Os mapas de declividade são ferramentas úteis na análise do relevo, pois representam diferentes níveis de inclinação. Neste estudo, foram utilizados seis níveis de inclinação, classificados de acordo com a Embrapa (1979) da seguinte maneira: Plano (0-3%), suavemente ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), fortemente ondulado (20-45%), montanhoso (45-75%) e fortemente montanhoso (>75%). Essa classificação auxilia na compreensão e interpretação das características do terreno (EMBRAPA, 1979).

3. RESULTADOS

3.1 Morfometria da BH Ribeirão Ponte Alta

As principais medidas da bacia hidrográfica do rio Ribeirão Ponte Alta compreendem a área de drenagem de 57,40 km² (5.740 ha), perímetro de 41,722 km (4.172 ha) e comprimento axial de 51,15 km (5.115 ha). A partir destes resultados geométricos da bacia, foi possível calcular e caracterizar vários parâmetros morfométricos de importância no estudo em questão. A tabela 9 ilustra os parâmetros morfométricos encontrados para a bacia do Ribeirão Ponte Alta - SP.

Tabela 9: Parâmetros morfométricos analisados na BHRPA.

Parâmetros	Valores	Unidade
Índice de compacidade (Kc)	1,542	adimensional
Índice de circularidade (Ic)	0,415	adimensional
Fator de forma (Ff)	0,552	adimensional
Número de canais (Nu)	29	unidade
Densidade hidrográfica (Dh)	0,505	km ²
Índice de sinuosidade (Is)	1,092	adimensional
Densidade de drenagem (Dd)	0,891	km/km ²
Índice de rugosidade (Ir)	0,424	adimensional
Declividade do rio principal	3,8	porcentagem
Extensão média escoamento superficial (l)	0,281	km
Razão de textura (Rt)	0,695	%
Razão de relevo (Rr)	0,043	adimensional

Amplitude altimétrica	476	metros
Altura mínima	514	metros
Altura máxima	990	metros
Elevação exutório	519	metros
Elevação nascente	914	metros

Fonte: Própria autoria.

O coeficiente de compacidade revelou um valor alto e adimensional, variando de acordo com o formato da bacia (Villela e Mattos, 1975). Esse índice aumenta à medida que a forma da bacia deixa de ser circular. Tais resultados apontam que a bacia do rio Ribeirão Ponte Alta possui formato alongado e apresenta baixa probabilidade de ocorrência de enchentes em condições normais de precipitação. Bacias com formato irregular apresentam coeficiente de compacidade maior e canais alongados têm menos chance de chuvas intensas ocorrerem ao longo de sua área simultaneamente, ou seja, em todos os canais de drenagem com o volume de água (Christofoletti, 1981).

Outro indicador relevante para a determinação da morfologia da bacia hidrográfica é o índice de circularidade (I_c), que expressa a relação entre o perímetro e a área da bacia. Esse índice varia de 0 a 1, sendo que valores próximos a 1 sugerem que a bacia se assemelha a um círculo. Conforme citado por Schumm (1956), quando o I_c se aproxima de 1, a tendência é de maior circularidade da bacia, o que pode favorecer os processos de inundação, especialmente os picos de cheias. Por outro lado, valores inferiores a 0,45 indicam uma bacia mais alongada, o que pode contribuir para o processo de escoamento das águas.

Neste caso específico, o valor obtido para o índice de circularidade foi de 0,415, mantendo-se abaixo do índice mínimo. Esse resultado sugere que a bacia em questão não possui uma forma circular e apresenta menor propensão aos processos de inundação, sendo mais direcionada para o escoamento das águas do que para a ocorrência de cheias (Vettorazzi, 1985).

O índice indicado pelo fator de forma, por se tratar de um índice probabilístico, sugere uma média tendência a enchentes na bacia (Christofoletti, 1981). Devido à sua proximidade com a variação de baixa tendência, é plausível considerar que o canal hídrico apresenta pouca probabilidade de ocorrência de cheias durante períodos de precipitação comuns no clima local.

Em seguida, se identificou 29 canais ao longo do canal até seu exutório, que a partir da área da bacia, demonstra um valor baixo ao comparar com sub-bacias de ordem 3,

abordadas por Giarola et al. (2019) e que pode ser relacionada a partir da baixa densidade hidrográfica (0,505). Essa singularidade pode ser atrelada à condicionantes da paisagem local, como características geológicas e hidrológicas, que dificultam a formação de canais (Santos et al., 2012).

Outros dados relevantes são a extensão média do escoamento superficial, que foi de 0,281 km, ou seja, a cada 281 metros uma gota de chuva percorre para chegar a um canal hídrico dentro da rede de drenagem. A declividade média da microbacia, avaliada em 3,8%, pode ser destacada com relevo de caráter suave ondulado, conforme a classificação da Embrapa (1979). O índice de rugosidade (Ir) registrou um valor de 0,42, revelando um cenário imprevisível devido à amplitude altimétrica relativamente mediana, atingindo 476 metros, o que sugere um uso do solo potencial na agricultura (Cury et al, 2019).

Os dados resultantes acima estão alinhados com a análise do relevo, indicando um desnível de apenas 0,04 metros de rios por quilômetro de relevo. Devido a esse valor muito reduzido, a velocidade de escoamento é considerada muito baixa, propiciando processos erosivos. A razão de textura (0,69) foi categorizada como "grosseira", o que implica sobre a característica e formação geomorfológica da região. Almeida et al. (2014) retrata a Bacia do Rio do Peixe observa-se a existência de diferentes irregularidades no sistema de drenagem localizado nas Depressões Periféricas I e II. Além disso, o acúmulo de sedimentos fluviais nos vales favoreceu a formação de rios com padrões sinuosos, conhecidos como rios meândricos. Esses rios têm um papel ativo na reconfiguração e remobilização desses depósitos aluviais na área. (França,1968; Trajano, 2012).

Na análise da densidade de drenagem da sub-bacia, foi constatado um total de 0,891, o qual Christofolletti (1969) sugere que valores baixos de densidade de drenagem (Dd) indicam áreas onde a infiltração de água é limitada, o que pode estar relacionado a uma baixa estruturação dos canais de escoamento na área. Em resumo, a valores pequenos de densidade de drenagem podem indicar que a água flui com menos facilidade pela superfície, sugerindo uma maior capacidade de absorção pelo solo e uma organização ineficiente dos canais de escoamento na região. O índice de rugosidade (0,48) demonstrou-se pouco representativo e indica menor risco de degradação da bacia, associado à sua pequena variação de relevo, com poucos desníveis entre a cabeceira e a seção de referência. cursos d'água por quilômetro quadrado ao considerar todos os cursos de água, o que torna a rede de drenagem bem precária para formação de novos corpos hídricos e a caracterização de rios intermitentes.

O índice de razão de relevo é um parâmetro que viabiliza a comparação da variação altimétrica de uma determinada região, proporcionando insights sobre a topografia. A bacia

trouxe um valor abaixo do mínimo indicado (0,04), o que retrata um relevo suave e plano (Nardini et al., 2015).

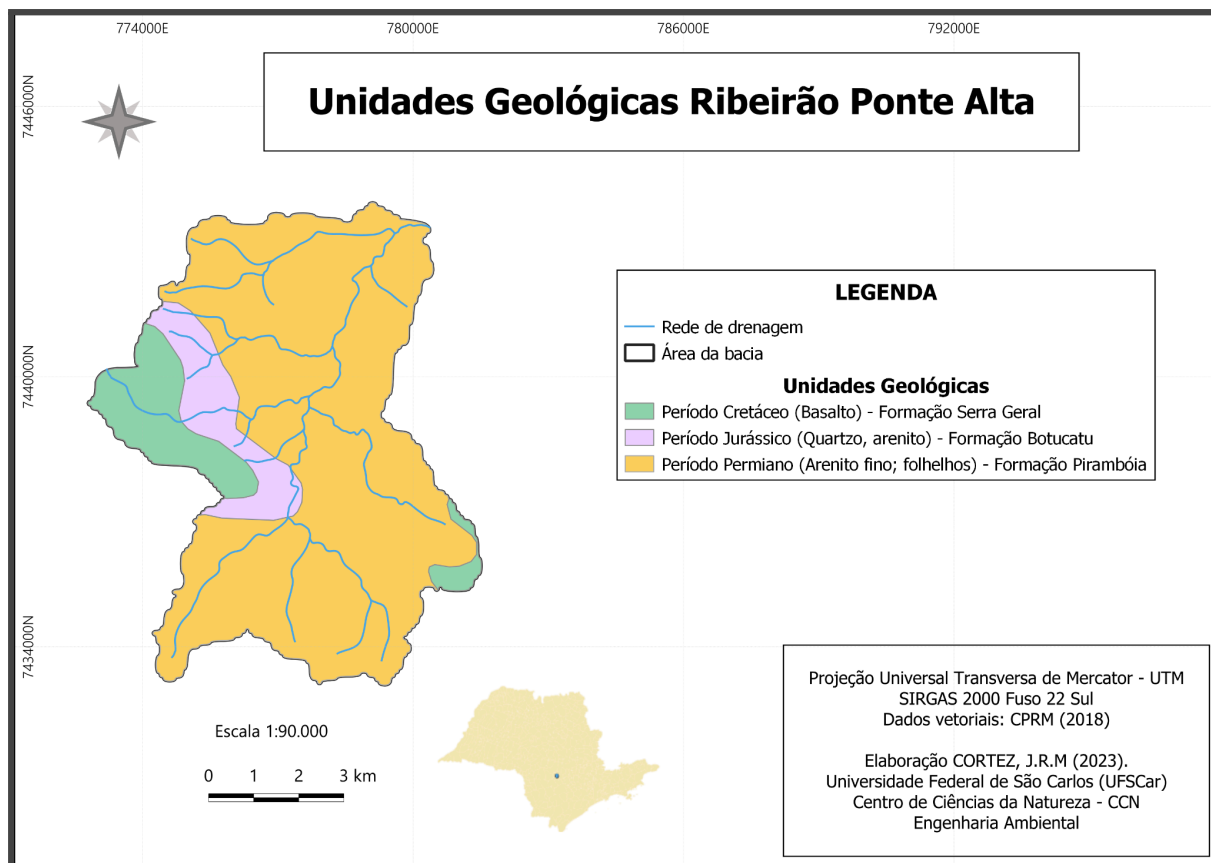
Alves & Castro (2003), ao analisarem a bacia do rio Tanque em Minas Gerais, observaram que certos indicadores como a relação de relevo, densidade da rede hidrográfica, inclinação dos canais, índice de circularidade e sinuosidade são diretamente influenciados pelas características geológicas da região. Pissarra et al. (2004), ao investigarem as características morfométricas do padrão de drenagem e do relevo em microbacias hidrográficas, concluíram que tais características influenciam o comportamento hidrológico e litológico dessas áreas. Esse estudo possibilitou a diferenciação entre os tipos de solos, destacando a densidade de drenagem e a variação altimétrica como elementos fundamentais para a discriminação das interações solo-superfície.

Santos & Sobreira (2008), ao aplicarem a metodologia em três bacias hidrográficas diferentes, constataram que parâmetros morfométricos auxiliam na compreensão da vulnerabilidade dos terrenos à erosão, fornecendo subsídios para o ordenamento territorial mais eficaz dessas bacias. Da mesma forma, Antoneli & Thomaz (2007) destacaram a contribuição das avaliações dos parâmetros morfométricos no planejamento do uso do solo, salientando a necessidade de ajustar esse uso para evitar a degradação das áreas agrícolas.

Ao analisar os parâmetros fisiográficos medidos torna-se evidente que a bacia em estudo apresenta condições naturais propícias para a conservação ambiental. Contudo, é importante ressaltar que atividades antropogênicas, especialmente aquelas relacionadas às práticas agropastoris, fortes atividades que podem propiciar problemas ambientais nessa região, pois a mesma, segundo o IPT (2008); Tomazela (2015), a região municipal de Bofete possui a economia voltada para tal atividade.

A área da bacia hidrográfica possui predominância de nitossolos (NV3 e NV5) ao longo da sua formação do período permiano, e que traz transição com argissolos vermelho-amarelo (PVA20, PVA54, PVA69) do mesmo período, e que sob a níveis de declividade maiores e próximos da nascente RPA caracterizam-se da era jurássica e cretácea (Figura 6).

Figura 6: A influência geomorfológica na rede de drenagem Ribeirão Ponte Alta.



Fonte: Autoria própria.

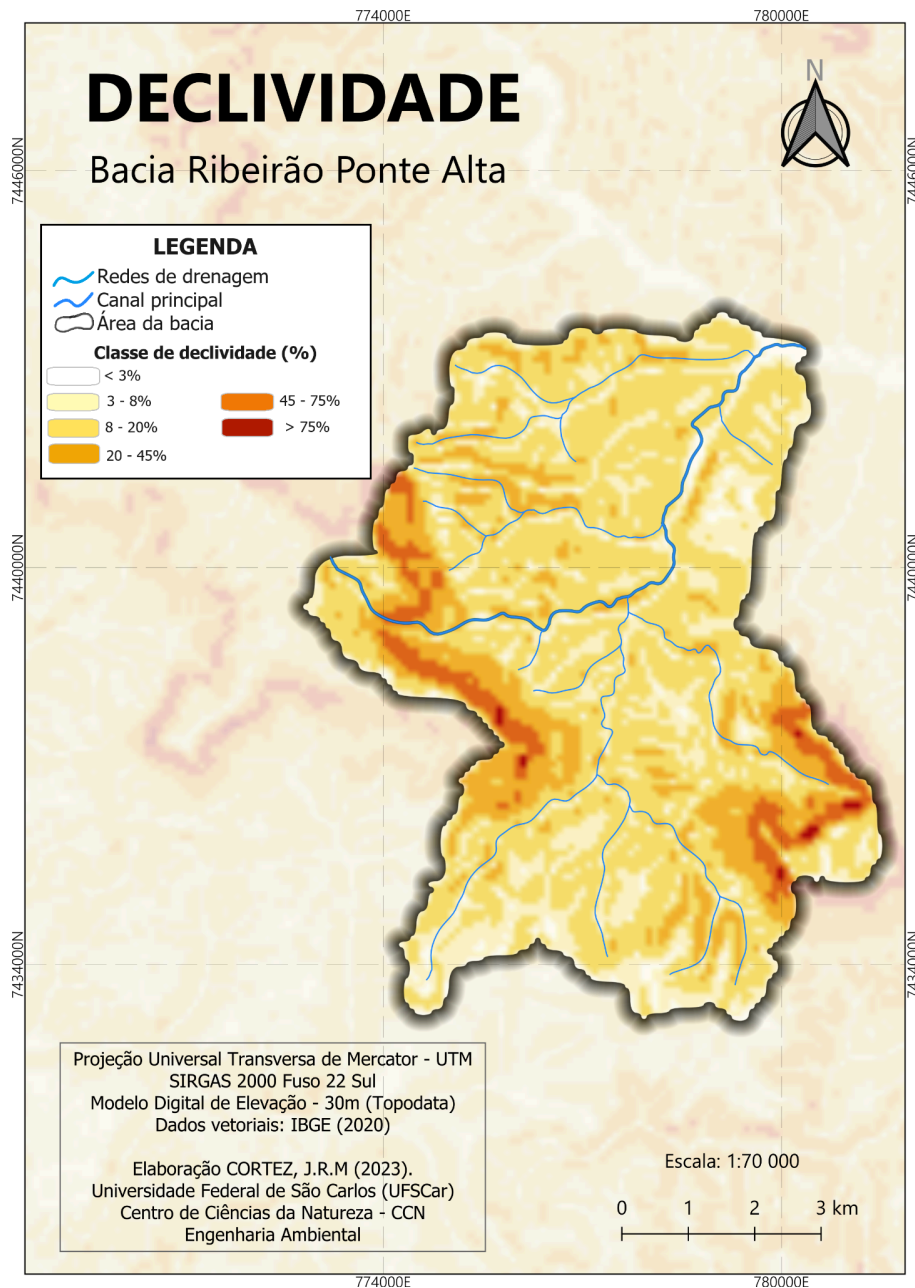
A figura 6 exibe a variação da inclinação do terreno na bacia, o que exerce influência direta na relação entre a precipitação e o fluxo de água na bacia hidrográfica. Os resultados indicam que a bacia possui um relevo com características predominantemente suaves onduladas e onduladas.

Na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) 10, foram registradas 80 erosões lineares urbanas, com 19 identificadas como ravinas e 61 como boçorocas, além de 4.228 erosões rurais, sendo 1.493 ravinas e 2.735 boçorocas. Esses eventos erosivos têm predominância em áreas classificadas como de baixa ou muito alta suscetibilidade à erosão, especificamente nas classes IV e I. Os municípios mais afetados por erosões são Conchas (418 ocorrências), Porto Feliz (280), Anhembi (251), Bofete (249), Sarapuí (219) e Tietê (217) (Tomazela et al., 2015).

De acordo com o estudo, 28 municípios da UGRHI 10 relataram eventos de inundação ou enchentes em áreas urbanas. A erosão induzida pela chuva ocorre devido ao impacto direto das gotas no solo desprotegido, causando a desagregação da camada superficial (Zoccal, 2007; Tomazela, 2015; IPT, 2008). Conforme a permeabilidade do solo alcança o grau de saturação, o fluxo de água transporta parte dessa camada. O acúmulo de água é resultado da compactação do solo sob o impacto das gotas, levando ao selamento da

camada superficial, reduzindo a taxa de infiltração e aumentando o volume de enxurrada (Almeida et al., 2014).

Figura 7: Mapa de classificação de declividade conforme Embrapa (1979).

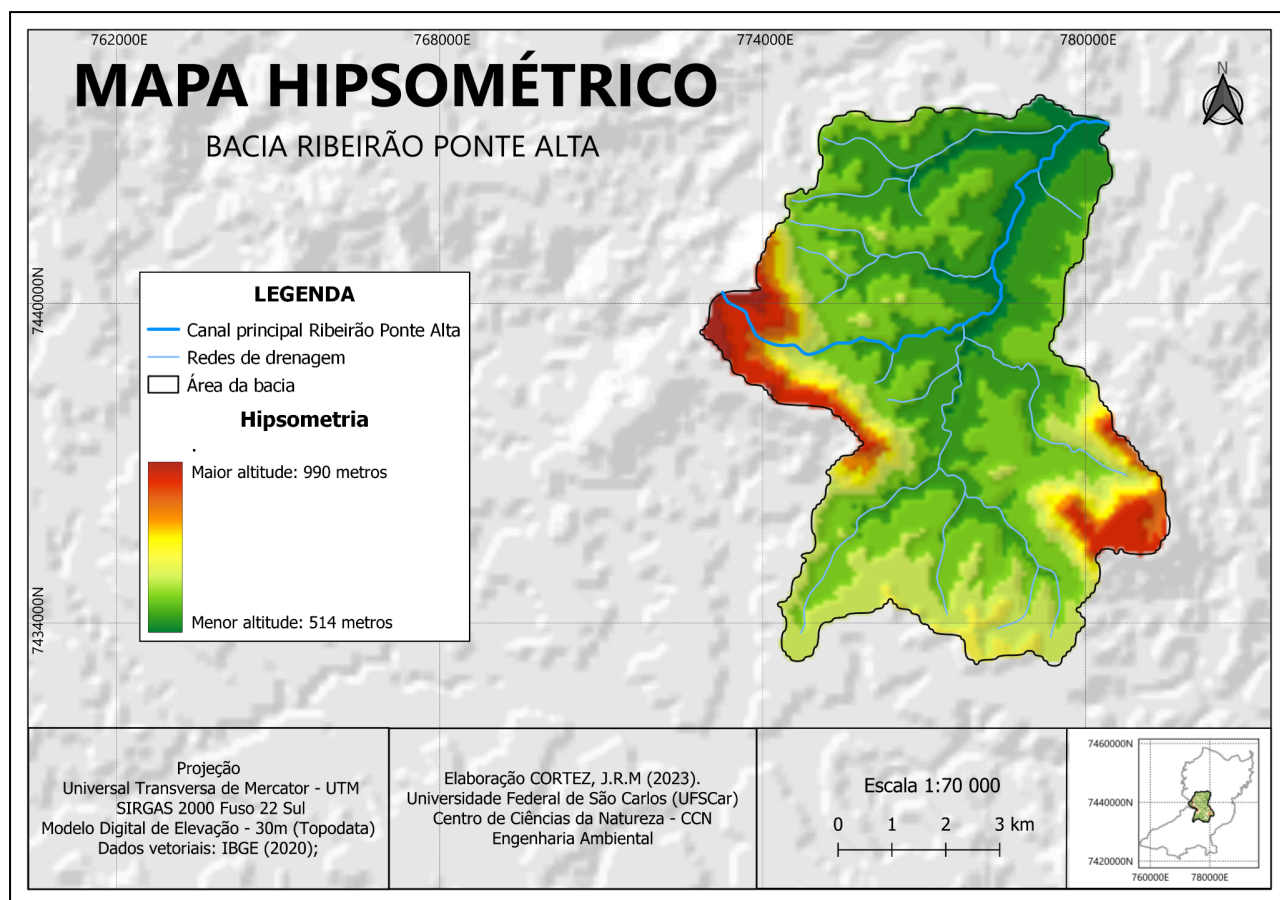


Fonte: Autoria própria.

A disposição inadequada das estradas vicinais, especialmente em áreas com relevo acidentado, muitas vezes segue a direção do declive ou acompanha os cursos d'água. Essas vias atuam como canais para o escoamento de água pluvial e deposição dos sedimentos transportados nas áreas mais baixas. O carreamento desses materiais resulta no assoreamento e contaminação dos corpos hídricos, principalmente quando ocorre a compactação do solo, depositando os materiais transportados pela chuva em cursos d'água ou reservatórios, ocasionando tanto o assoreamento quanto a contaminação da água, seja por sedimentos em

suspensão ou por agroquímicos solubilizados no fluxo do escoamento. (Zoccal, 2007; Tomazela et al., 2015).

Figura 8: Mapa hipsométrico Ribeirão Ponte Alta.



Fonte: Autoria própria.

A partir do geoprocessamento de dados e a geração de produtos como o mapa de estudo e declividade, o mapa de altimetria (figura 8) também traz aspectos que podem ser aferidos sobre a área da bacia, correspondendo a altitudes que variam entre 514 a 990 metros, contribuindo com os respectivos comportamentos físicos do relevo sobre a variação do mapa de declividade (figura 7).

Conforme Tomazela (2015) e colaboradores, o território da BHRPA está presente como exemplo de fragilidade dos solos na sub-bacia do Médio Tietê Inferior (figura 8), esta região segue com a maior concentração de registros de erosões significativas na bacia, necessitando atenção especial do dimensionamento dos sistemas de drenagem. Além disso, o plano traz a ausência de execução de obras para a contenção desde 2015, sem previsão de encerramento. No caso de Bofete, município de maior influência hídrica da BHRPA, possui 2 pontos críticos que se mantêm em andamento a partir dos projetos adotados, e que podem pertencer a área de influência hídrica deste estudo.

No âmbito deste projetos, está prevista a elaboração dos Planos Diretores de Macrodrenagem Urbana para um total de 14 municípios, abrangendo áreas como Alambari, Anhembi, Araçariguama, Araçoiaba da Serra, Bofete, Cabreúva, Iperó, Laranjal Paulista, Pereiras, Porto Feliz, São Manuel, Sarapuí e Torre de Pedra. O propósito central desses planos é estabelecer diretrizes e estratégias, tanto de natureza estrutural quanto não estrutural, para gerir questões como inundações, alagamentos, erosão e acúmulo de sedimentos nas áreas urbanas desses municípios. Estas estratégias são concebidas em integração com as políticas vigentes de desenvolvimento urbano e gestão de bacias hidrográficas, contemplando um amplo espectro de estudos, coleta de dados e avaliação do cenário atual.

O processo de elaboração desses planos é dividido em diversas etapas que compreendem desde o planejamento inicial até a apresentação final dos resultados. Essas etapas incluem: a etapa 0, focada na concepção do Plano de Trabalho; a etapa 1, destinada ao levantamento das informações básicas pertinentes; a etapa 2, que se concentra na análise e diagnóstico da situação atual das áreas em estudo necessárias; a etapa 3, direcionada para a projeção e prognóstico do cenário futuro; a etapa 4, dedicada à elaboração dos anteprojetos relacionados às estratégias propostas; e, por fim, a etapa 5, culminando na produção do Relatório Final, que consiste no Plano Diretor Municipal de Macrodrenagem Urbana. Ademais, está prevista a formulação de um Plano de Mobilização Social que tem como propósito orientar mecanismos para informar, sensibilizar e engajar a população no processo de construção do referido Plano Diretor de Macrodrenagem Urbana.

Com relação à forma da bacia, expressa pelos índices de compacidade (K_c) e circularidade (I_c), estes, em conjunto, e *per se*, indicam que a bacia possui baixa probabilidade para a ocorrência de inundações. Ou seja, mostra-se pouco suscetível em condições normais de precipitação, desconsiderando-se eventos hidrológicos de intensidades anormais.

No entanto, o fator de forma (F_f) indica a intensidade da inundação, apontando que, caso ocorram inundações, estas serão de grande monta. Os dois primeiros índices, portanto, tratam o indicativo de inundação a partir do formato da bacia e seu eventual estado natural, e este último trata da magnitude, ou seja, em decorrência de fenômenos extremos. Os índices, portanto, são complementares, não sinônimos.

Considerando o sistema fluvial da bacia, este apresenta baixa capacidade de drenagem ($< 7,5 \text{ km/km}^2$), o que pode comprometer a segurança contra enchentes quando da ocorrência de eventos hidrológicos adversos. Uma baixa quantidade de canais leva a um movimento mais difuso e disperso da água no deflúvio, no entanto, dentro dos canais, a velocidade pode

atingir níveis acima do crítico.

Neste contexto, a bacia do Ribeirão Ponte Alta ao possuir poucos canais, conduz a carga hídrica, a oportunidade de infiltrar no solo, o que pode afetar a quantidade de água disponível para o escoamento no interior dos canais, contribuindo para o fenômeno dos córregos intermitentes, que ressurgem apenas nas épocas chuvosas e desaparecem nas épocas de seca (Brito et al., 2011).

As bacias com poucos canais podem estar mais suscetíveis à erosão, especialmente nas regiões mais inclinadas (com maior declividade). Com relação ao sistema de drenagem, este também fica comprometido, pois, com uma quantidade insuficiente de canais, a água pode não ser tão eficientemente direcionada para o exutório, que pode ter consequência na resposta a eventos extremos (Trajano, 2012).

Associada a uma rede de drenagem pobre, está o grau de sinuosidade do curso d'água principal (1,092), o qual pode ser considerado como tendendo ao linear. Isso implica em menos curvas (meandros) ao longo de seu percurso, ou seja, em menor perda de energia (dissipação) da água. Como consequência, a energia cinética ($v^2/2g$) não sofre consideráveis diminuições ao longo do escoamento até o exutório (Porto, 2006).

Pode-se assumir, portanto, de erosão nas margens do canal (maior aporte de sedimentos), ou seja, de aporte de sedimentos para o leito do canal de forma mais intensiva, mudança nos parâmetros hidráulico da seção transversal do canal (área molhada, perímetro molhado e raio hidráulico), o que afeta consideravelmente outros parâmetros como a rugosidade, velocidade e vazão (Porto, 2006).

A ausência de meandros implica em um tempo de concentração menor de seu escoamento desde o ponto de entrada na bacia até o exutório, menos interação com o entorno, como áreas alagadas e zonas de recarga de aquíferos – isso pode afetar a recarga de águas subterrâneas e a manutenção de ecossistemas associados a essas áreas. A velocidade mais alta do fluxo pode influenciar a diluição de poluentes e sedimentos, mas também pode resultar em uma menor capacidade de autorregulação do rio, pois a falta de áreas de transição pode limitar a capacidade do ecossistema para se recuperar de eventos de poluição (Brito et al., 2011).

No tocante à declividade do curso de água principal, este é um fator também importante, a sua diferença altimétrica de 427 metros pode influenciar sobre o escoamento da água, desempenhando um papel fundamental na dinâmica do fluxo de água e tem vários impactos na hidrologia da região (Sigrh, 2015).

A interação da declividade do curso d'água principal e o índice de sinuosidade na

bacia podem afetar a velocidade do escoamento, na erosão do solo, na formação de características topográficas e a resposta a eventos climáticos, como chuvas intensas. O entendimento desses impactos é essencial para o manejo sustentável de recursos hídricos e para avaliações de risco relacionadas a inundações e erosão (Collischonn, 2021).

Percebe-se, claramente, que a velocidade é uma função da rugosidade das paredes e do fundo do canal, das características geométricas da seção transversal e da declividade longitudinal do canal. Portanto, a declividade tem impacto significativo na velocidade. Matematicamente seu resultado numérico é elevado a potência de 0,5 pelo modelo de Manning (Porto, 2006).

b) Erosão: Inclinações mais pronunciadas elevam a probabilidade de erosão nas margens dos cursos d'água. O aumento da velocidade do fluxo permite um transporte mais eficiente de sedimentos para o leito do canal.

c) Influência na hidrologia da bacia: Em regiões onde a declividade é mais acentuada, observa-se um escoamento mais veloz, tempos de concentração mais breves e picos de vazão mais marcantes em relação a episódios de precipitação.

d) Capacidade de Transporte de Sedimentos: A topografia do canal principal influencia a habilidade do curso d'água em movimentar sedimentos. Terrenos mais íngremes com poucos dispersantes de energia cinética a carga hidráulica podem ocasionar um transporte sedimentar mais significativo, implicando potenciais impactos na qualidade da água e no ecossistema dos rios (Porto, 2006; Tucci, 2020).

A área de abrangência da Bacia do Ribeirão Ponte Alta é pequena próximo de outros estudos e abordagens como de Soares et al., Nascimento e Santos et al. (2012) que trazem bacias de maior aptidão territorial, no entanto, demonstram condições favoráveis a uma dinâmica fluvial a partir dos dados coletados, no entanto, trazem as mesmas problemáticas sobre o aumento das atividades agropecuárias e desmatamento que desencadeiam processos erosivos gradativamente significativos sobre os cursos d'água.

É necessário, portanto, adotar medidas sobre territórios pertencentes APA's e possuem desenvolvimento e ocupação de forma dinâmica com propriedades rurais, malhas urbanas dispersas e sociedades ribeirinhas, como se exemplifica no município de Bofete.

Essas áreas já são consideradas vulneráveis a qualquer mudança climática ou fenômenos naturais devido às suas características morfológicas e físicas, desconsiderar essas abordagens de estudo podem agravar ainda mais as condições presentes, como inundações, perda de biodiversidade, aumento da infertilidade dos solos e a possível intensificação de suscetibilidade a erosão nas vertentes da BHRPA.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ocupação e uso do solo exercem uma influência significativa nos processos ecológicos e hidrológicos nas bacias hidrográficas. Esse impacto pode desencadear problemas como inundações, poluição do solo e da água, erosão e outros efeitos prejudiciais aos recursos hídricos e ao solo. Em áreas urbanas, agrícolas e florestais, a falta de planejamento adequado no uso e ocupação do solo é o principal responsável por esses efeitos adversos (Christofoletti, 1981).

Para uma gestão eficiente de uma bacia hidrográfica é fundamental o engajamento das autoridades competentes, o que inclui a realização de estudos para avaliar a situação dos rios, do solo, e da vegetação na área de influência da bacia, além de levantamentos sobre os parâmetros de uso e ocupação do solo. Por mais que as UGRHI possuam projetos de reestruturação sobre demandas a partir das CBH e auxílio na produção de informações anuais das bacias hidrográficas, não apresentam as singularidades de áreas que demandam abordagens de maior amplitude e importância, como é o caso do médio tietê inferior.

As bacias hidrográficas dessa região possuem pouca demanda pluviométrica, no entanto pertencem a área de proteção ambiental (APA) Corumbataí, Botucatu e Tejuapá, perímetro Botucatu e do Aquífero Guarani (Brito et al., 2011).

Através de um diagnóstico ambiental detalhado, é possível identificar os problemas enfrentados pela bacia e propor soluções viáveis, é possível complementar com as leis ambientais extensas que respaldam o planejamento. No entanto, para uma aplicação eficaz dessas leis, é essencial o envolvimento ativo da população afetada, principalmente daquelas diretamente impactadas. Isso permite a negociação e abordagem dos problemas em conjunto com os gestores responsáveis, resultando na resolução efetiva de conflitos e na implementação de medidas adequadas.

A morfometria representa uma ferramenta altamente precisa no entendimento das particularidades geomorfológicas e hidrológicas das bacias hidrográficas. Este campo de estudo abarca medições e análises matemáticas simples que elucidam as investigações referentes à drenagem, formação do relevo, características erosivas e escoamento superficial, entre outros aspectos relevantes. Estes comportamentos hidrológicos estão inter-relacionados com fatores como o tamanho, a forma e a inclinação da bacia, a configuração de sua rede de drenagem, além das dimensões e extensões de seus afluentes, entre outros elementos (Mosca, 2003; Carvalho, 2020; Nardini, 2013).

A bacia hidrográfica Ribeirão Ponte Alta apresentou pouca tendência a inundações a partir da sua característica morfométrica, ou seja, a partir de seus parâmetros naturais. No

entanto, devido às atividades agropastoris, o crescimento de construções de chácaras recreios, loteamentos e aberturas para o turismo na região, são parâmetros que podem deixar a região dos divisores de água e seus contribuintes da bacia hidrográfica principal, suscetíveis, pois a abordagem desses territórios considerados áreas de proteção ambiental (APA) necessitam de manejo adequado, mitigação de impactos, planejamento de ocupação e uso do solo.

As cheias que se tornaram históricas nos anos de 2010 e 2011 trouxeram a necessidade de abordagem e análise fisiográfica da bacia Ribeirão Ponte Alta, que contribui para o abastecimento do Rio do Peixe, o fluxo contínuo dos seus contribuintes ao longo de seu espaço territorial, e como parâmetro hidrológico na biodiversidade e sistema ecológico da APA Botucatu-Corumbataí.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J.; ARRUDA, E. **ANÁLISE DA INFLUÊNCIA MORFOESTRUTURAL NA REDE DE DRENAGEM DA BACIA DO RIO DO PEIXE – SP.** REVISTA GEONORTE, [S. l.], v. 5, n. 19, p. 17–22, 2014. Disponível em: [//periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1452](http://periodicos.ufam.edu.br/index.php/revista-geonorte/article/view/1452). Acesso em: 16 dez. 2023.

ANA, Agência Nacional de Águas (Brasil). **O Comitê de Bacia Hidrográfica o que é e o que faz?**. Brasília: SAG, 2011. 64 p. : il. - (Cadernos de capacitação em recursos hídricos; v.1). Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/CadernosDeCapacitacao1.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2023.

ANASTÁCIO, Fernanda Ketylle Aires. **Uso das geotecnologias na análise da fisiografia e morfologia da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca - PE. 2021.** 33f. (Trabalho de Conclusão de Curso – Monografia), Curso de Engenharia de Biosistemas, Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé – Paraíba – Brasil, 2021. Disponível em: . Acesso em: 10 Jul 2023.

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco. **Conservação do solo.** 8 ed. São Paulo, SP: Ícone, 2012.

BERTRAND G. **Paisagem e geografia física global: esboço metodológico.** In: Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades. Maringá: Editora Massoni, 2009.

BEVEN, K.J. (1988) **On hydrological heterogeneity catchment morphology and catchment response.** Journal of Hydrology, 100, pp 353-375.

BNDES. **Bacias Hidrográficas.** Nova Gestão de Recursos Hídricos. Rio de Janeiro. Revista do BNDES. V. 4, N. 8, p. 143 - 166. Fev/1998. Mimeo. Disponível em https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11774/2/RB%2008%20A%20pol%C3%AAdtica%20de%20recursos%20h%C3%ADricos%20no%20Brasil_P_BD.pdf. Acesso em 15 nov. 2023.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J.S. “Geoprocessamento em Projetos Ambientais”. Apresentado no Congresso GIS Brasil 98. Disponível em: www.dpi.inpe.br/cursos/gisbrasil/. Acesso em: 25 nov. 2023.

CAMPOS, E. J. D. **O papel do oceano nas mudanças climáticas globais.** Revista USP - São Paulo, n. 103 P. 55-66. 2014. Disponível em: . Acesso em: 10 Jul 2023. CARVALHO, D. F. et

al., Silva, Leonardo D. B. Ciclo Hidrológico. Capítulo 2 - Hidrologia. Agosto/2006. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>. Acesso em 15 Jul 2023.

CARVALHO, A. T. F. **BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO: DISCUSSÃO SOBRE OS IMPACTOS DA PRODUÇÃO SOCIAL NA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL.** Caderno Prudentino de Geografia, [S. l.], v. 1, n. 42, p. 140–161, 2020. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953>. Acesso em: 20 nov. 2023.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica de bacias hidrográficas.** *Notícia Geomorfológica*, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial: o canal fluvial.** São Paulo: Edgard Blücher, 1981. 313 p.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais.** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 3ª Impressão, 2021. 347 p.: II (Coleção ABRH; 12).

COSTA, J.E. (1987) **Hydraulics and basin morphometry of the largest flash floods in the conterminous United States.** *Journal of Hydrology*, 93, pp 313-338.

CUNHA, A. R. Martins, D. **Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP.** *Irriga, Botucatu*, v. 14, n. 1, p. 1-11, 2009.

Dias, Noemi de Oliveira, et al. **“ANÁLISE MORFOMÉTRICA de BACIA HIDROGRÁFICA UTILIZANDO DADOS de DIFERENTES MODELOS DIGITAIS de SUPERFÍCIE.”** *Colloquium Exactarum*. ISSN: 2178-8332, vol. 11, no. 4, 26 Nov. 2019, pp. 23–35, revistas.unoeste.br/index.php/ce/article/view/3270/2882. Acesso: 16 Dec. 2023.

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

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. **Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG.** *Revista Árvore*, v. 28, n. 4, p. 617 - 623, 2004.

FRANÇA, G. V. de. Foto interpretação de bacias e de redes de drenagem de três séries de solos da Fazenda Ipanema Município de Araçoiaba da Serra (S.P.). 1968. 92 f. **Doutorado – USP - ESALQ, Piracicaba, 1968.**

G1, Portal G1 - Bauru e Marília. **Casas são alagadas e animais ficam ilhados após chuva em Bofete, SP.** Jan 2013. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2013/01/chuva-provoca-alagamentos-e-deixa-animais-ilhados-no-centro-oeste-pta.html>>. Acesso em 10 out. 2023.

G1, Portal G1 - Bauru e Marília. **Cheia de rios prejudica famílias em Bofete e Botucatu, SP.** Junho 2012. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2012/06/cheia-de-rios-prejudica-familias-em-bofete-e-botucatu-sp.html>>. Acesso em 10 out. 2023.

G1, Portal G1 - Bauru e Marília. **Cidades do Centro-Oeste Paulista começam a limpeza após chuvas.** Jan 2013. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/bauru-marilia/noticia/2013/01/cidades-do-centro-oeste-paulista-comecam-limpeza-apos-chuvas.html>>. Acesso em 10 out. 2023.

GARBERCHT, J., MARTZ, L. W. **Digital elevation model issues in water resources modeling.** ESRI, USERS CONFERENCE, 19., 1999, San Diego. Proceeding. San Diego: 1999.

GIAROLA, I. B. S., AMARAL, C. M., OLIVEIRA, D. E. **Análise morfométrica das sub-bacias de 3ª ordem da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, Minas Gerais.** *Confins* [En ligne], 43 | 2019, mis en ligne le 14 décembre 2019. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/confins/24404>>. Acesso em 11 dez 2023.

GOUVEIA, I. C. M.-C.; RODRIGUES, C. **Mudanças morfológicas e efeitos hidrodinâmicos do processo de urbanização na bacia hidrográfica do rio Tamanduateí – RMSP.** *GEOUSP Espaço e Tempo (Online)*, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 257-283, 2017. DOI: 10.11606/issn.2179-0892.geousp.2017.105342. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/105342>. Acesso em: 22 nov. 2023.

GURD, D. B.; NUDDS, T. D.; RIVARD, D. H. **Conservation of mammals in eastern North American wildlife reserves: how small is too small.** *Conservation Biology*, v. 15, n. 5, p. 1355 - 1363, 2001. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2001.00188.x>.

HARLIN, J.M. (1984) **Watershed morphometry and time to hydrograph peak.** *Journal of Hydrology*, 67, pp 141-154.

IPT, Final, Relatório. **PLANO de BACIA DA UNIDADE de GERENCIAMENTO de RECURSOS HÍDRICOS DO SOROCABA E MÉDIO TIETÊ (UGRHI 10) - REVISÃO PARA ATENDIMENTO DA DELIBERAÇÃO CRH 62 Comitê Da Bacia Hidrográfica Dos Rios Sorocaba E Médio Tietê - CBH-SMT Financiamento: Fundo Estadual de Recursos**

Hídricos - FEHIDRO. Oct. 2008.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Relatório Técnico 17501-301 - Ordenamento Territorial Geomineiro do Município de Bofete. REGIÃO DE BOFETE.** Secretaria de Desenvolvimento do Estado de São Paulo - Prefeitura Municipal de Bofete - SP. 23 Dezembro 2009. Disponível em: . Acesso em: 10 jul. 2023.

LAMONICA, M. N. Impactos e Reestruturação da Gestão dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio São João – RJ. **Dissertação de Mestrado.** Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ.

MARCHETTI, D. A. B. **Características da Rede de Drenagem e Formas de Relevo em três Unidades de solo de Piracicaba, SP.** Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) - EMBRAPA. *Pesq. Agropec. Brasil.* Brasília, 15 (3):349-358, jul 1980. Disponível em: <<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/viewFile/16580/10864>>. Acesso em 07 nov 2023.

MICAELI, Agenor, et al. **“Análise Morfométrica Das Sub-Bacias Hidrográficas Perdizes E Fojo No Município de Campos Do Jordão, SP, Brasil.** Disponível em: ([Http://Dx.doi.org/10.4136/Ambi-Agua.945](http://Dx.doi.org/10.4136/Ambi-Agua.945)).” *Revista Ambiente & Água -an Interdisciplinary Journal of Applied Science: V*, vol. 7, no. 3, 2012. Acesso em: 16 Dec. 2023.

MORISAWA, M.E.(1962) **Quantitative geomorphology of some watersheds in the Appalachian Plateau.** Geological Society of America Bulletin, 73 (9), pp 1025 – 1046.

MOSCA, Andreia Arruda de Oliveira. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas.** 2003. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003. doi:10.11606/D.11.2003.tde-20082003-170146. Acesso em: 2023-11-23.

NARDINI, R. C., Pollo, R. A. Campos, S., Barros, Z. X. Cardoso, L. G., Gomes, L. G. **ANÁLISE MORFOMÉTRICA E SIMULAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DE UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA.** Irriga, UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO” - UNESP - FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS CÂMPUS DE BOTUCATU, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687 - 699, outubro - dezembro, 2013. Disponível em: . Acesso em: 12 Jul 2023.

Nascimento, Francisco. **“Vista da Caracterização Morfométrica Como Base Para O Manejo Da Bacia Hidrográfica Do Rio São Francisco - Acre** (Morphometric

Characterization as Basis for Management of River Basin São Francisco-Acre).” UFPE. Revista Brasileira de Geografia Física V.06, N.02 (2013) 170 - 18. 2023. Disponível em: <periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/232875/26866>. Acesso em: 16 Dec. 2023.

NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. Artmed Editora Ltda., 6º ed. Porto Alegre, 2014.

OLIVEIRA, I. R., PEREIRA, J. L., PEREIRA, J. R., ANA, W. O. S., SILVA, M. P., LADWIG, N. I. BACK, A. J. MENEZES, C. T. B. Capítulo 12: **ANÁLISE FÍSICO-MORFOMÉTRICA E SOCIOECONÔMICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CEDRO/SC**. PLANEJAMENTO E GESTÃO TERRITORIAL O Papel e os Instrumentos do Planejamento Territorial na Interface entre o Urbano e o Rural. 2019. Disponível em: . Acesso em: 05 Jul 2023.

PASQUATTO, Maisa Carla. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água e no processo erosivo da bacia de captação do Rio Barro Preto, Coronel Vivida - PR**. 2016. 212 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, p. 23-37. 2016. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/1747. Acesso em: 12 nov. 2023.

PAZ, A. R. et al. **Hidrologia Aplicada**. Texto Básico. Universidade Estadual do Rio Grande do Sul - UERGS. Setembro/2004.

PIRES, Fábio R.; SOUZA, Caetano Marciano de. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 3. ed. Viçosa, MG: Autor, 2013.

POTTER, W.D. (1953) **Rainfall and topographic factors that affect runoff**. American Geophysics Union Trans. 34, pp 67 – 73.

RIZZI, R. Geotecnologias em um sistema de estimativa da produção de soja: estudo de caso no Rio Grande do Sul. 2004. 214p. **Tese (Doutorado)** - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.

RODRIGUES, V. A. **Morfometria e mata ciliar da microbacia hidrográfica**. In: ANAIS, WORKSHOP EM MANEJO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS, 8., 2004, Cunha, SP. Workshop em manejo de bacias hidrográficas. Botucatu. Unesp. FCA, 2004. p.7 - 18.

RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E. V.; CAVALCANTE, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: Edições UFC, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/66152>. Acesso em: 14 nov. 2023.

SALOMÃO, Fernando X. T. **Controle prevenção de processos erosivos**. In: GUERRA,

Antonio José T.; SILVA, Antonio S.; BOTELHO, Rosangela G. M. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

SHERMAN, L.K. (1932) **Streamflow from rainfall by unit-graph method**. Engineering News Record, 108, pp. 501-505.

SCHIAVETTI, A.; CAMARGO A. F. M. **Conceitos de bacias hidrográficas : teorias e aplicações**. UESC. Ilhéus, BA: Editus. 293p. : il. Bibliografia : p. 261-291. 2002. Disponível em: <http://www.uesc.br/editora/livrosdigitais2015/conceitos_de_bacias.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

SOARES, M. R. G. de J.; SOUZA, J. L. M. de. **ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PEQUENO EM SÃO JOSÉ DOS PINHAIS (PR)**. GEOGRAFIA (Londrina), [S. l.], v. 21, n. 1, p. 019–036, 2013. Disponível em: <https://ojs.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/article/view/8982>. Acesso em: 16 dez. 2023.

SILVA, Rafael Cruz da Estudo da dinâmica da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, RS - Salvador, 307 f. : il. Color. **Tese (Doutorado)** – Universidade Federal da Bahia. UFBA. Instituto de Geociências, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/20630>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

SIQUEIRA, Hygor, et al. **ANÁLISE MORFOMÉTRICA E DEFINIÇÃO DO POTENCIAL de USO DO SOLO DA MICROBACIA DO RIO VERÍSSIMO, VERÍSSIMO -MG**. 30 Nov. 2012. Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. 2236 Disponível em: <<https://www.conhecer.org.br/enciclop/2012b/engenharias/analise%20morfometrica.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2023.

SOUZA, Enio R. de; FERNANDES, Maurício R. **Sub-bacias hidrográficas unidades básicas para o planejamento e gestão sustentáveis das atividades rurais**. Revista Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 21, n. 207, 2000.

STRAHLER, A. N. **Hypsometric analysis of erosional topography**. Bull. Geol. Soc. Am., 63:111-1141, 1952.

TOMAZELA, MAURO. **Plano de Bacias Hidrográficas 2016 - 2027**. Disponível em: <https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CBH-SMT/20635/plano_bacia_hidrografica_2016-2027_cbh-smt_v-final.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2023.

TROLL, C. A paisagem geográfica e sua investigação. Revista Espaço e Cultura. Rio de Janeiro, nº 4, junho de 1997.

TUCCI, CARLOS.E.M. (org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4.ed. 9ª reimpr. 2020. Porto Alegre: Editora da Universidade/ABRH/EDUSP. 943 p.

UOL Notícias. **Em emergência, Bofete (SP) tem 150 famílias isoladas após chuvas.** São Paulo. Cotidiano. Mar 2011. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2011/03/15/em-emergencia-bofete-sp-t-em-150-familias-isoladas-apos-15-horas-de-chuvas.htm>>. Acesso em 11 out. 2023.

Vale, Jones Remo Barbosa, et al. “**Análise Da Morfometria E Do Uso E Cobertura Da Terra Da Bacia Hidrográfica Do Rio Mocajuba, Zona Costeira Amazônica.**” *Geosul*, vol. 36, no. 78, 8 Apr. 2021, pp. 537–557, <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2021.e72705>. Acesso em: 16 Dec. 2023.

VILLELA, S. ; MATTOS M. (1975): A. **Hidrologia Aplicada.** McGraw - Hill, São Paulo.

WANDLE Junior, W.S. (1983) **Estimating peak discharge of small rural streams in Massachusetts.** U.S. Geological Survey Water Supply Paper, 2214, pp 1 – 24.