

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

Jocasta Harue Tamataya

**ANÁLISE AMBIENTAL DO RELEVO E DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA
DO SOROCABUÇU, IBIÚNA/SP**

Sorocaba

2022

Jocasta Harue Tamataya

**ANÁLISE AMBIENTAL DO RELEVO E DOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA
DO SOROCABUÇU, IBIÚNA/SP**

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

Orientação: Prof. Dr. Emerson Martins
Arruda

Sorocaba

2022

Tamataya, Jocasta Harue

ANÁLISE ambiental do relevo e dos recursos hídricos da
Bacia do Sorocabuçu, Ibiúna/SP / Jocasta Harue
Tamataya -- 2022.
147f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São
Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba
Orientador (a): Emerson Martins Arruda
Banca Examinadora: Ermínio Fernandes, Ronaldo
Missura
Bibliografia

1. Geomorfologia. 2. Estudo ambiental. 3. Recursos
hídricos. I. Tamataya, Jocasta Harue. II. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

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

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Jocasta Harue Tamataya, realizada em 27/07/2022.

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Emerson Martins Arruda (UFSCar)

Prof. Dr. Erminio Fernandes (UFSCar)

Prof. Dr. Ronaldo Missura (UFS)

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

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação ao pequeno Joaquim e a sua infinita curiosidade.

AGRADECIMENTO

Agradeço à minha família que me apoiou frente aos momentos desafiadores até aqui, sobretudo a minha mãe, Mitsue, por me inspirar a não desistir.

Agradeço meus amigos da pós-graduação, pela amizade, empatia, ombro, alegrias e trocas de informações essenciais para minha permanência no Programa.

Agradeço aos docentes que contribuíram para a minha formação e pelas orientações, especialmente a Prof^ª Dr^ª. Rita de Cássia Lana, que desde o ingresso da turma 2019, deu todo o suporte burocrático possível.

Agradeço às secretarias do Meio Ambiente e Turismo, do município de Ibiúna pelo esforço em fornecer algumas informações e referências utilizadas neste trabalho.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Emerson Martins Arruda, pelos direcionamentos, suporte e paciência.

EPÍGRAFE

“Noiva Azul sombra e sol cordilheiras

Onde os píncaros beijam o céu

Onde vales, florestas inteiras

São jardins orientais, são teus véus.”

— STAFUZA

RESUMO

TAMATAYA, Jocasta Harue. Análise Ambiental do Relevo e dos Recursos Hídricos da Bacia do Sorocabuçu, Ibiúna/SP. 2022. Dissertação (Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, Sorocaba, 2022.

No presente trabalho procurou-se abordar como os usos da terra empregados para o desenvolvimento de atividades econômicas e habitação em áreas rurais podem alterar a dinâmica ambiental em relação à geomorfologia, numa análise integrando o relevo e os recursos hídricos. Também foram realizadas considerações em relação ao setor da várzea da Bacia do Sorocabuçu que se encontra no dentro do perímetro urbano. A bacia situa-se predominantemente na área rural do município de Ibiúna-SP, que é afluente do Rio Sorocaba, contribuindo para o abastecimento da Represa Itupararanga. Dessa forma, a área de estudo se configura em uma sub-bacia da Bacia do Sorocaba/Médio Tietê. A mesma fornece água para os municípios de Ibiúna, Votorantim, Sorocaba e Mairinque. Além disso, é uma área economicamente importante ao município, devido ao intenso desenvolvimento de culturas agrícolas temporárias, que é a principal atividade econômica do município. A respeito dos procedimentos metodológicos foram realizadas etapas de análises do relevo, da hidrografia e dos impactos ambientais, através da elaboração de mapas temáticos, interpretação de imagens de satélite e observações de campo. Durante a pesquisa foram realizadas a caracterização do relevo e da rede de drenagem; identificadas quatro compartimentações geomorfológicas distintas; análise de parâmetros químicos e físicos dos principais cursos do Rio Sorocabuçu; além da identificação de elementos responsáveis pela alteração do relevo, bem como da vazão e qualidade da água.

Palavras-chave: Geomorfologia. Recursos Hídricos. Impactos Ambientais. Sorocabuçu.

ABSTRACT

In this work we tried to approach how the land uses for development of economic activities and housing in rural areas can change the environmental dynamics in relation to the geomorphology, in an analysis integrating relief and water resources. Considerations were also made about the Sorocabuçu Basin is floodplain sector, which is within the urban perimeter. The basin is located predominantly in the rural area of municipality of Ibiúna-SP, which is a Sorocaba River tributary, contributing to supply the Itupararanga Reservoir. Thus, the study area is configured in a sub-basin of Sorocaba/Médio Tietê Basin. It supplies water to the municipalities of Ibiúna, Votorantim, Sorocaba and Mairinque. In addition, it is an economically important area for the municipality, due to the intense development of temporary agricultural crops, which is the main economic activity in the municipality. With respect to the methodological procedures, stages of analysis about relief, hydrography and environmental impacts were carried out, through the elaboration of thematic maps, interpretation of satellite images and field observations. During the research, the characterization of relief and drainage were carried out; four distinct geomorphological compartments were identified; analysis of chemical and physical parameters of main courses of the Sorocabuçu River; in addition to the identification of responsible elements for alterations in relief, as well as the water flow and quality.

Keywords: Geomorphology. Water Resources. Environmental Impacts. Sorocabuçu.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Proposta de classificação hierárquica da rede de drenagem.	19
Figura 02 - Esquema de organização da hierarquia de bacias hidrográficas.	24
Figura 03 - Modelos de interação entre Geomorfologia, Hidrologia e Hidrogeomorfologia.	27
Figura 04 - Ilustração do conceito de Hidrogeomorfologia e objeto.	28
Figura 05 - Usos e apropriações do relevo e da água na área rural.	35
Figura 06 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Sorocabaçu, Ibiúna – SP.	45
Figura 07 - Recorte da composição litológica da região de Ibiúna.	48
Figura 08 - Compartimentação tectônica da região de Ibiúna.	49
Figura 09 - Mapa Litológico da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, Ibiúna – SP.	50
Figura 10 - Proposta de classificação do relevo do Estado de São Paulo, por Ab’Sáber. ...	53
Figura 11 - Proposta de classificação do relevo do Estado de São Paulo, por Almeida. ...	54
Figura 12 - Proposta de classificação do relevo brasileiro, por Ross e Moroz.	55
Figura 13 - Recorte da proposta de classificação do relevo pelo IBGE, 2006.	57
Figura 14 - Classificação do clima no Estado de São Paulo, por Monteiro.	59
Figura 15 - Mapa da Compartimentação Pedológica da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu.	64
Figura 16 - Classificação dos sistemas.	70
Figura 17 - Mapa Hisométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, Ibiúna – SP. ..	77
Figura 18 - Confluências de ângulos acentuados no Ribeirão Paiol Grande, Ibiúna – SP.	79
Figura 19 - Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, Ibiúna – SP.	81
Figura 20 - Mosaico do bairro Murundu, alta bacia.	84
Figura 21 - Vale da Bacia do Paiol Grande, próximo ao bairro Gabriel, baixa bacia.	85
Figura 22 - Mapa de índice de rugosidade do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, Ibiúna - SP.	86
Figura 23 - Mapa de unidades de relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, Ibiúna - SP.	89
Figura 24 - Mapa de Densidade Hidrográfica da Bacia do Rio Sorocabaçu, Ibiúna – SP.	92
Figura 25 - Mapa de Localização das Amostras de Água.	94
Figura 26 - Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Sorocabaçu, Ibiúna - SP.	100
Figura 27 - Foto de um dos locais de descarte de resíduos no bairro Verava.	106
Figura 28 - Foto do bairro Murundu, alta bacia.	107
Figura 29 - Mapa dos fragmentos da Bacia do Rio Sorocabaçu.	108
Figura 30- Imagem de satélite do bairro Murundu.	109

Figura 31 - Imagem de satélite do bairro Verava, alta bacia.	111
Figura 32 - Foto do setor central do bairro Piaí, média bacia.	112
Figura 33 - Imagem de satélite do Bairro Piaí, média bacia.	113
Figura 34 - Foto de tubulações no Ribeirão Murundu, bairro Piaí.	114
Figura 35 - Foto de plantações de hortaliças, bairro Paiol Grande.	116
Figura 36 - Imagem de satélite do bairro Paiol Grande, média bacia.	117
Figura 37 - Foto próximo a confluência Sorocabuçu-Paiol Grande, bairro Gabriel.	118
Figura 38 - Imagem de satélite do bairro Gabriel, média bacia.	119
Figura 39 - Imagem de satélite do setor da baixa bacia do Sorocabuçu.	121
Figura 40 - Rio Sorocabuçu no início do perímetro urbano.	122

LISTA DE TABELAS

Gráfico 01 - Precipitação em mm, 2020.	60
Gráfico 02 - Temperatura em °C, 2020.	61
Tabela 01 - Síntese de indicadores econômicos.	68
Quadro 01 - Níveis de classificação do relevo, segundo Ab'Sáber (1969).	82
Tabela 02 - Dados sobre a qualidade da água da Bacia do Sorocabuçu, 01 de maio de 2021.	94
Tabela 03 - Dados sobre a qualidade da água da Bacia do Sorocabuçu, 15 de julho de 2022.	95
Quadro 02 - Sistema Básico de Classificação da Cobertura e do Uso da Terra (SCUT). ..	103
Quadro 03 - Síntese de impactos ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu. .	125

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
APA	Área de Proteção Ambiental
APP	Área de Preservação Permanente
ATER	Assistência Técnica e Extensão Rural
CBA	Companhia Brasileira de Alumínio
CBH	Comitês de Bacia Hidrográfica
CBH-SMT	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DADE	Departamento de Apoio ao Desenvolvimento de Estâncias
DRP	Diagnóstico Rural Participativo
FECOP	Fundo Estadual de Controle da Poluição
ICR	Índice de Concentração de Rugosidade
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
PEJU	Parque Estadual do Jurupará
PIB	Produto Interno Bruto
PMVA	Programa Município VerdeAzul
Pnater	Política de Assistência Técnica e Extensão Rural
PSA	Pagamento por Serviços Ambientais
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SCUT	Sistema Básico de Classificação da Cobertura e do Uso da Terra
SIG	Sistema de Informações Geográficas
UC	Unidade de Conservação
UGRHI	Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado
UH	Unidades Hidrogeomorfológicas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 BACIA HIDROGRÁFICA	16
3.1.1 Definição	16
3.1.2 Estudos regionais	23
3.2 PROCESSOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS	25
3.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREAS RURAIS	31
3.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA	41
4 MATERIAIS E MÉTODO	44
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	44
4.1.1 Aspectos do Meio Físico	46
4.1.1.1 Aspectos Litológicos	46
4.1.1.2 Aspectos Geomorfológicos	52
4.1.1.3 Aspectos Climáticos	58
4.1.1.4 Hidrografia	61
4.1.1.5 Aspectos Pedológicos	63
4.1.1.6 Aspectos da Vegetação	66
4.1.2 Aspectos Socioeconômicos	67
4.2 MÉTODO	68
4.3 METODOLOGIA	72
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	76
5.1 ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA	76
5.2 ANÁLISE DA REDE DE DRENAGEM E DA QUALIDADE DA ÁGUA	90
5.3 ANÁLISE AMBIENTAL	98
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	128
REFERÊNCIAS	130

1 INTRODUÇÃO

Na Geografia, os estudos ambientais são abordados de maneira a elucidar as relações entre os elementos e fatores naturais e as ações antrópicas de forma integrada, permitindo compreender facetas do espaço que por outras ciências seriam trazidas separadamente. De acordo com Ross (2005), os componentes da natureza são interdependentes e qualquer intervenção humana sobre o meio deve ser estudada, devendo-se gerar diagnóstico quanto à viabilidade, condições ambientais e o que demanda ser extraído da natureza, pois as ações refletem em impactos com diferentes graus de agressão.

Desse modo, deve-se estudar cada um dos componentes do "estrato geográfico", incluindo as formas, dinâmica e gênese do relevo. Para o adequado entendimento desses fatores, da Geomorfologia exige-se a construção de um conhecimento plural que abranja a dinâmica entre os processos endógenos, relacionados à tectônica de placas e ao clima, respectivamente (ROSS, 2005).

Busca-se realizar o levantamento de dados, análise e diagnóstico ambientais em relação aos impactos ambientais presentes na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, Ibiúna – SP, provenientes da ação antrópica, tendo em vista os impactos ambientais que alteram a dinâmica do relevo e afetam a qualidade dos recursos hídricos.

O Rio Sorocabaçu localiza-se predominantemente na área rural do município de Ibiúna, interior de São Paulo, abrangendo também parcela do perímetro urbano. O município recebe o título de Estância Turística e faz parte da Região Metropolitana de Sorocaba. A área está incluída na UGRHI-10 (Sorocaba/Médio Tietê), sendo um dos afluentes do Rio Sorocaba, que por sua vez é um dos responsáveis pela constituição das águas do reservatório de Itupararanga, que abastece Sorocaba e outras cidades da região (RÔDAS, 2013). Assim, dada a sua importância como recurso, sua preservação é essencial para a manutenção das condições ambientais que proporcionam meio de sobrevivência e qualidade de vida.

Além disso, a Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu encontra-se no Domínio “Mares de Morros” descrito por Ab’Sáber (2003). Portanto, se trata de um setor de planaltos florestados dissecados pela dinâmica climática tropical predominante quente e úmida.

Por se tratar de uma área estratégica do ponto de vista ambiental, localizada em setor de contato com remanescentes bem preservados da Mata Atlântica e Unidades de Conservação, além de constituir setor utilizado para a implantação de políticas públicas,

outras pesquisas foram realizadas sobre o Rio Sorocabuçu, como Rôdas (2013), Manfré et al. (2010) e Costa (2020) com abordagens e recortes espaciais distintos da área da bacia. Cada uma delas analisa aspectos diferentes, sendo que neste trabalho pretende-se revisar e comparar alguns dados e realizar um estudo integrando os diversos elementos que constituem a paisagem da bacia, e que, cuja maior motivação na escolha da área envolve o fato da presente autora desta dissertação ter sua vivência e cotidiano associados à bacia.

O solo e a água são os recursos mais utilizados e afetados pelas atividades rurais, bem como o relevo que lhe dão suporte, tratando-se de uma superfície densamente utilizada. Portanto, é de suma importância o desenvolvimento de pesquisas que integrem tais aspectos e a forma de interação no meio, considerando sempre a ação antrópica envolvida nas dinâmicas ambientais. Considera-se assim, que a Geomorfologia e suas abordagens contemplam as necessidades dos estudos em áreas rurais, sobretudo nas que representam potencial hídrico elevado, dados os interesses econômicos, políticos e sociais.

O trabalho possui seis capítulos de maneira a organizar, apresentar e discutir os dados coletados. A Introdução traz considerações gerais sobre o que se tratou a pesquisa, bem como as justificativas para que a mesma fosse realizada. O Objetivo está dividido em objetivo geral, que trata do principal foco da pesquisa, e objetivos específicos que se referem às etapas para se alcançar o primeiro. A Revisão Bibliográfica trata da base da literatura científica sobre Bacia Hidrográfica; Processos Hidrogeomorfológicos; e da Legislação Ambiental em Áreas Rurais. O capítulo de Materiais e Método abrange a Caracterização da Área, considerando-a como principal material da pesquisa; Método, que diz respeito a base teórica seguida na pesquisa; e Metodologias, que são os procedimentos e técnicas empregadas no trabalho. O capítulo de Resultados e Discussões está dividido em três tópicos — Análise do Relevo, Recursos Hídricos, e Impactos Ambientais — nos quais foram organizadas as informações de documentos cartográficos, imagens de satélite, amostras e trabalhos de campo. Por fim, Considerações Finais trata sobre os desdobramentos do trabalho, ações que podem ser realizadas para gerir os impactos ambientais e perspectivas de pesquisas futuras.

2 OBJETIVOS

Como objetivo geral da pesquisa tem-se a análise dos impactos da ocupação antrópica na dinâmica ambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, com enfoque no relevo e cursos fluviais.

Objetivos específicos:

- Caracterização dos aspectos geomorfológicos através do mapeamento das unidades de relevo da bacia, definindo a compartimentação geomorfológica da área e as características dos ambientes fluviais;
- Análise da qualidade da água de alguns pontos chaves na bacia, a fim de averiguar possíveis alterações nos cursos fluviais tanto em função da agricultura como dos bairros rurais existentes na bacia;
- Relação entre uso do solo e ocupação do relevo da área, identificação dos impactos ambientais referentes às atividades econômicas e sociais em prática.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A partir da revisão bibliográfica se obteve as bases teóricas sobre as temáticas que envolvem a pesquisa. Aqui foram levantadas bibliografias referentes à utilização do recorte da bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental integrada; Hidrogeomorfologia e suas contribuições nos estudos ambientais, bem como as metodologias de estudos hidrogeomorfológicos; legislação em áreas rurais e parâmetros de qualidade da água.

3.1 BACIA HIDROGRÁFICA

3.1.1 Definição

Para o desenvolvimento de uma pesquisa geográfica, seja na área Humana ou Física, se faz necessária a escolha de um recorte espacial. Dessa maneira, procurando realizar um estudo integrado dos elementos do meio físico e antrópico, bem como as relações entre os mesmos, decidiu-se adotar a bacia hidrográfica como unidade de análise.

O rio é um elemento integrado à bacia e elo para entender o comportamento dos demais elementos do sistema. Cada bacia consiste no conjunto de microbacias que podem ser entendidas de maneira hierárquica, sendo que o escoamento e as características do seu substrato, processos erosivos e potenciais de uso dos recursos presentes são influenciados pelas características do solo e da vegetação (RÔDAS, 2013).

Para Guerra (1993), a bacia é um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, abrangendo “[...] cabeceiras ou nascentes, divisores d’água, cursos d’água principais, afluentes, subafluentes, etc.” (GUERRA, 1993, p. 48). A rede hidrográfica constitui-se de rios que compõem uma bacia, que devem ser organizados hierarquicamente. Ao abordar o conceito de bacia hidrográfica deve-se considerar o dinamismo ou processos geomorfológicos que esculpem a bacia. E, as bacias podem ser classificadas como principal, secundária ou terciária; e como litorâneas, centrais ou interiores.

Segundo Souza e Fernandes (2000), a bacia hidrográfica é uma compartimentação geográfica natural delimitada por divisores de água, drenada por um curso d’água superficial e seus afluentes. As bacias se interligam com outras de ordem hierárquica superior, constituindo-se dessa forma como sub-bacia. Também, estão relacionados com a temática os

termos bacia de captação por conta da coleta de águas pluviais e bacia de drenagem por se tratar de uma área drenada pelos cursos d'água.

Para Tucci (2009) bacia hidrográfica é uma área natural de captação de água da precipitação, em que os escoamentos convergem para um ponto de saída, o chamado exutório. Uma bacia é composta por “[...] um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos que confluem até resultar um leito único no exutório.” (TUCCI, 2009, p. 40). Além disso, a bacia hidrográfica pode ser tida como sistema físico no qual a entrada é o volume de água da precipitação, e a saída é o volume de água escoada pelo exutório. E a bacia possui o papel hidrológico de “[...] transformar uma entrada de volume concentrada no tempo (precipitação) em uma saída de água (escoamento) de forma mais distribuída no tempo.” (TUCCI, 2009, p. 41).

De acordo com Botelho e Silva (2012), a Geografia Física reconhece a bacia hidrográfica como unidade espacial desde o final dos anos 1960, mas nas últimas décadas tem sido incorporada de fato pela pesquisa científica tanto pela Geografia, quanto por outras ciências, como célula básica de análise ambiental, devido à possibilidade de identificar e avaliar diversos aspectos, elementos e interações. A crescente produção científica em relação ao meio ambiente ocorre principalmente pela crescente demanda de uso dos recursos naturais e necessidade de preservação dos mesmos para as futuras gerações. Pode-se assim definir bacia hidrográfica como uma área drenada por um rio principal e seus afluentes, delimitada pelas cotas altimétricas dos divisores de água, podendo possuir múltiplas dimensões. Espacialmente esta área se configura em forma de hierarquia fluvial ou rede de drenagem, desde as nascentes até o ponto de saída.

Já conforme Machado e Torres (2012), a bacia hidrográfica é concebida como unidade físico-territorial básica, embasando e subsidiando o planejamento ambiental e territorial, a gestão dos recursos hídricos e intervenções. Como unidade de gestão é reconhecida pela legislação ambiental de vários países, inclusive no Brasil, devido a possibilidade de abordagem integrada. Sua conceituação varia desde definições mais simples às mais complexas, envolvendo intensidade de fluxos, transporte de material, escoamentos e outros aspectos. Além disso, as bacias hidrográficas podem variar de dimensões.

Coelho Netto (2015) utiliza o termo bacia de drenagem, definindo-a como uma área da superfície terrestre que drena água, sedimentos e materiais para uma saída comum no canal

fluvial, sendo limitado pelo divisor de drenagem ou divisor de águas. As bacias de drenagem podem se desenvolver em dimensões diferentes, como por exemplo, a cabeça de um canal erosivo, ou até mesmo bacias como a do rio Amazonas. A articulação das bacias se dá a partir dos “[...] divisores de drenagem principais e drenam em direção a um canal, tronco ou coletor principal, constituindo um sistema de drenagem hierarquicamente organizado.” (COELHO NETTO, 2015, p. 98). O sistema de drenagem e a hierarquização das bacias é organizado a partir do desmembramento em sub-bacias, a partir do ponto de saída ao longo do eixo-tronco ou canal coletor.

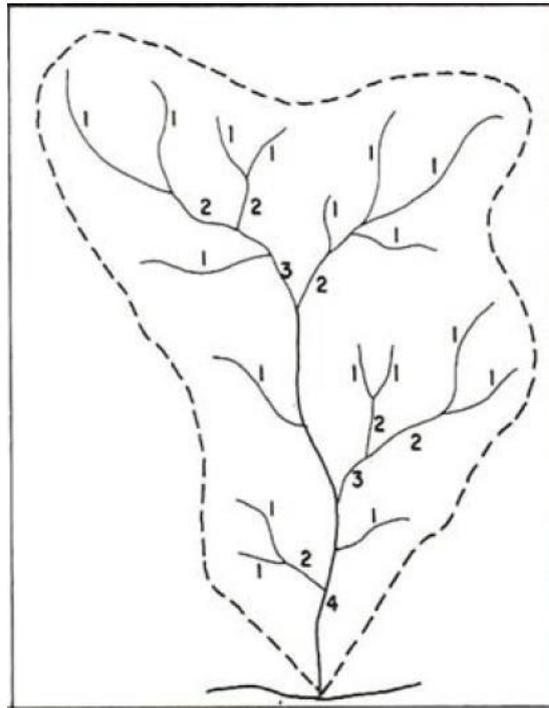
Lima & Zakia (2019) definem bacia hidrográfica como um sistema geomorfológico aberto, de variáveis interdependentes que oscilam de maneira padronizada, e que se encontra em estado de equilíbrio dinâmico com ou sem a ação antrópica. Ocorre o recebimento de energia por agentes climáticos e perda através do deflúvio.

De acordo com Christofolletti (1980), as condições climáticas, litológicas, biogeográficas e outras influenciam a estruturação da rede de drenagem e nas formas de relevo, sendo necessário que se faça uma análise integrada desses componentes, para compreender a dinâmica da rede como um todo. Assim, dentre os elementos a se levar em conta na análise da rede hidrográfica, os processos morfogenéticos ativos na esculturação da paisagem são deveras relevantes. O autor propõe que sejam classificadas as bacias, rios e padrões de drenagem, além de que sejam utilizados índices e parâmetros para análise abordando hierarquia fluvial (Figura 01), análise areal, análise linear, análise hipsométrica e topológica.

Há diversas propostas de hierarquização fluvial, sendo escolhida para este trabalho a demonstrada na Figura 01, a proposta de hierarquização fluvial baseada na proposta de Arthur Strahler, em 1952, sendo a mais utilizada atualmente. A classificação funciona da seguinte forma:

[...] os menores canais, sem tributários, são considerados como de primeira ordem, estendendo-se desde a nascente até a confluência; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens; os canais de quarta ordem surgem da confluência de dois canais de terceira ordem, podendo receber tributários das ordens inferiores, e assim sucessivamente. Nesta ordenação elimina-se o conceito de que o rio principal deva ter o mesmo número de ordem em toda a sua extensão. (MACHADO; TORRES, 2012, p. 54)

Figura 01 - Proposta de classificação hierárquica da rede de drenagem.



Adaptado de: Christofolletti, 1980.

Como unidade de análise, a bacia hidrográfica permite abarcar tanto os aspectos naturais, como sociais de forma integrada, levando à compreensão das relações e processos que ocorrem de maneira dinâmica, permitindo que dessa análise possam ser elaborados diagnósticos quanto às condições ambientais e potencialidade de uso. Em relação às escalas de análise, "[...] de acordo com o conceito de microbacias sobrepostas, a eficácia do manejo da qualidade da água será maior à medida que enfocamos as bacias de escalas menores para maiores." (RÔDAS, 2013, p. 8). Além disso, de acordo com Lima e Zakia (2006), a abordagem da microbacia possibilita ter mais sensibilidade às dinâmicas climáticas, geomorfológicas e biológicas.

Além disso, a bacia hidrográfica também é utilizada para a implementação de Sistemas de Gestão Ambiental, pois é necessária a delimitação de uma unidade geográfica, e a partir da bacia é possível abranger a análise de diversos fatores do meio natural e antrópico e as relações entre os mesmos (BOTTINO, 2008). Para Pessoa e Façanha (2016), a bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento e gestão de recursos hídricos contempla um modelo de planejamento integrado que abranja os elementos ambientais e sociais em suas relações sistêmicas, previsto pela legislação brasileira de recursos hídricos.

A concepção de bacia hidrográfica como unidade de gestão e planejamento possui aceitação mundial, devido à possibilidade da análise das relações entre os elementos ambientais e a ação antrópica, abrangendo dinâmicas da montante à jusante; e por ser um sistema natural bem delimitado. Há, pois, múltiplos usos em potencial da área de uma bacia hidrográfica e a viabilização dos mesmos de forma a abranger interesses sociais, intencionalidades e a manutenção das condições ambientais através de políticas públicas. É prevista pela legislação brasileira, que estas questões sejam consideradas para a elaboração de um plano de manejo para a área (CAZULA; MIRANDOLA, 2010. ALBUQUERQUE, 2012).

A utilização da bacia hidrográfica como unidade territorial supera os limites administrativos municipais, estaduais e federais, sendo definida como unidade física de planejamento econômico e social (MACHADO; TORRES, 2012). Como é o caso das grandes bacias hidrográficas, como a do Rio São Francisco, Rio Amazonas, Rio Paraná e outros.

Porém, isso pode representar dificuldades administrativas, pois ocorre a possibilidade de haver divergências e conflitos de interesse. Também, muitos dados socioeconômicos são obtidos a partir de setores censitários diferentes das delimitações das bacias hidrográficas, o que implica na dificuldade de utilizá-los. E, pode haver dificuldades em se delimitar as bacias em locais onde a rede de drenagem encontra-se canalizada, sobretudo nas áreas urbanas. Outro problema é o de esclarecimento da população com relação aos estudos utilizando a bacia hidrográfica como unidade, que demanda maior abstração que outras unidades como município ou bairro, que são conceitos amplamente difundidos. Além das dificuldades, deve-se atentar a influência de outras bacias no que diz respeito à caracterização dos fluxos da área estudada. Por fim, os fluxos econômicos e populacionais não se limitam à circunscrição da bacia hidrográfica, não sendo ela um sistema ambiental único, considerando-se os aspectos socioeconômicos, culturais, sociais e outros (MACHADO; TORRES, 2012).

Para o estudo de bacias hidrográficas, uma das etapas a ser considerada é o uso de ferramentas de geoprocessamento, que permite gerar SIG nos quais se armazenam informações significantes para a tomada de decisões, considerando o uso coletivo dos recursos (ALBUQUERQUE, 2012).

O estudo das bacias também demanda a caracterização de seus aspectos físico-naturais, socioeconômicos e do manejo de seus recursos:

O estudo detalhado de uma bacia hidrográfica, seja de suas características físicas, de seus modelos de parcelamento, uso e ocupação do solo ou de suas características sociais e econômicas, é fundamental para que se proceda à utilização e ao manejo mais adequado de seus recursos, especialmente os hídricos.

Para tanto, é necessário que se conheça de forma mais específica a dinâmica própria daquela bacia, buscando entender as interações que ocorrem entre os seus vários elementos, envolvendo, entre outros, a dinâmica das drenagens superficiais, os elementos da topografia local, as características físicas e as intervenções da sociedade.

[...]

Pode-se dizer que os processos erosivos e as inundações têm, assim, causas naturais e sociais. Parte dessas causas naturais pode ser mais bem entendida com o estudo mais detalhado das características próprias das bacias hidrográficas e, para tal, um dos recursos comumente utilizados tem sido análise morfométrica, que consiste na caracterização de parâmetros morfológicos que explicitam alguns indicadores físicos da bacia. (MACHADO; TORRES, 2012, p. 46-47)

Dessa forma, para a realização de um estudo ambiental utilizando a bacia hidrográfica como unidade de análise deve-se considerar as interações entre água, solo, cobertura vegetal, relevo e intervenções humanas, bem como cada elemento se caracteriza, afetando o meio. Além disso, outros aspectos a se considerar são as variáveis hidrológicas, velocidade e vazão, que diferenciam-se ao longo do curso de acordo com a declividade, sinuosidade, volume, viscosidade da água, largura, profundidade, forma e rugosidade do canal (MACHADO; TORRES, 2012).

O entendimento destes aspectos é essencial para o planejamento:

[...] o conhecimento das variáveis relacionadas com a produção e a conservação das nascentes, rede de drenagem, características fisiográficas e morfométricas das microbacias, a influência exercida pelas matas ciliares, entre outras, fazem parte das informações para o planejamento e manejo das microbacias. (RODRIGUES, 2004, p. 8)

Também, é importante compreender a morfometria da bacia hidrográfica para o diagnóstico da suscetibilidade à degradação ambiental, pois os resultados orientam o planejamento e a execução de medidas mitigadoras para a conservação dos recursos naturais. Para que se chegue à conclusão de que as condições ambientais de uma bacia são ideais ou não, deve-se considerar o funcionamento hidrológico, vazão, quantidade e qualidade da água; a biogeoquímica, ou o potencial produtivo ao longo do tempo; e a biodiversidade da paisagem, a mata ciliar, as reservas de vegetação e outros (RODRIGUES, 2004).

Além da caracterização dos elementos que compõem o sistema, devem-se compreender os processos pelos quais se relacionam como erosão, assoreamento, infiltração, escoamento, inundação, contaminação e outros para avaliar o equilíbrio do sistema ou a qualidade ambiental (BOTELHO; SILVA, 2012).

E os fatos ou eventos ocorridos em dada porção de uma bacia podem afetar as áreas à jusante, ou seja,

[...] os efeitos hidrológicos e geomorfológicos de processos naturais ou antrópicos se vão refletir num determinado ponto de saída de uma bacia de drenagem, podendo propagar-se a jusante por meio de bacias de drenagem adjacentes. Tais aspectos devem ser levados em consideração no planejamento das formas de intervenção humana, mesmo que o interesse do planejador recaia sobre uma área restrita da bacia de drenagem. (COELHO NETTO, 2015, p. 100)

A bacia hidrográfica como unidade de análise para estudos ambientais permite compreender os processos hidrológicos e geomorfológicos, as ligações espaciais de diferentes áreas, bem como as interações que ocorrem entre os processos, podendo influenciar tanto o planejamento local como o regional (COELHO NETTO, 2015).

Além disso, a bacia hidrográfica é conveniente à implantação de práticas e técnicas de conservação do solo e da água. Nas áreas rurais há maior incorporação de medidas preventivas do que nas áreas urbanas, por meio de técnicas edafovegetativas, a partir do cumprimento de metas, como aumento da cobertura vegetal e melhoria da estruturação do solo, aumentando a infiltração da água e diminuindo o escoamento superficial, que levam a diminuição da incidência de processos erosivos, melhorando a produtividade e contribuindo com a manutenção dos recursos naturais (COELHO NETTO, 2015).

Devido a todas essas características “É consenso entre os pesquisadores que a bacia hidrográfica é o espaço de planejamento e gestão das águas, onde se procura compatibilizar as diversidades demográficas, sociais, culturais e econômicas das regiões.” (COELHO NETTO, 2015, p. 184).

As bacias são consideradas ecossistemas interessantes para a realização de experimentos por possuírem uma saída única, além serem adequadas para a avaliação de impactos das atividades que alteram o equilíbrio e a manutenção quantitativa e qualitativa da água; e a subdivisão permite a pontualização de problemas difusos, identificação de focos de

degradação diversos e o grau de comprometimento da produção existente. Além disso, no contexto da área rural se configuram como essenciais para o planejamento e gestão (SOUZA; FERNANDES, 2000).

3.1.2 Estudos regionais

O uso da escala das sub-bacias para a elaboração de pesquisas a nível regional tem se mostrado cada vez mais presente na Geomorfologia, possibilitando a sistematização de informações e geração de conhecimentos que podem auxiliar na gestão pública dos recursos naturais.

A utilização de unidades hierárquicas menores que a bacia hidrográfica para a realização de estudos é frequente, pois apesar da contribuição de volume de pequenos e médios tributários ser limitada, a influência regional pode ser significativa, pois advém de diferentes áreas rurais e urbanas (MORETTO; NOGUEIRA, 2003).

A depender do enfoque da pesquisa, é interessante que se faça uma análise em menor escala, delimitando a área estudada a uma bacia menor, conforme as variáveis e os impactos analisados a nível local, regional ou nacional. Dessa forma pode-se ainda distinguir a depender dos critérios e dos elementos avaliados as bacias hidrográficas como: (BORGES; BORDA, 1988. BOTELHO; SILVA, 2012)

(1) representativas, que representem a região ou a área em que esteja inserida, permitindo realizar avaliações mais detalhadas, de maneira que as experiências geradas a partir dela sejam efetivas também nas demais bacias da mesma região. Para o trabalho considerou-se esta definição de bacia para a delimitação da área de estudos;

(2) estratégicas, selecionadas por possuírem características ou mesmo problemas ambientais específicos, que se destoam as demais bacias da mesma região;

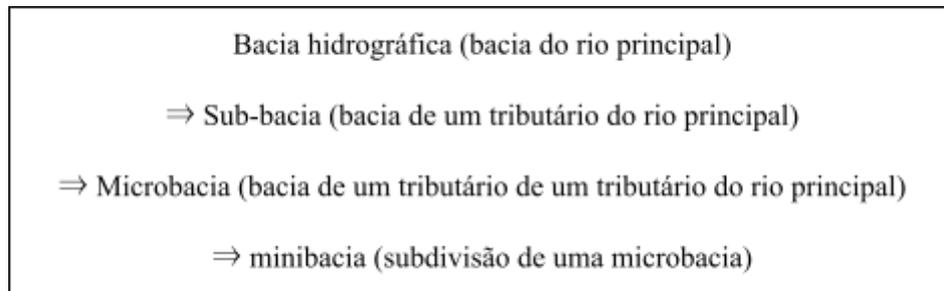
(3) experimentais, que possuem áreas menores a 20 km², indicadas para implementação de projetos ou práticas em que os fatores controladores, procedimentos e resultados possam ser monitorados com mais facilidade.

Há diversas definições aos termos microbacia e sub-bacia, sendo que geralmente os autores referem-se a primeira como relacionada a diferenciação de tamanho e a segunda ao sentido de hierarquia:

Usualmente, uma diferenciação entre esses conceitos é feita segundo o grau de hierarquização, de modo que a bacia hidrográfica refere-se à área de drenagem do rio principal; a sub-bacia abrange a área de drenagem de um rio principal e a microbacia abrange a área de drenagem de um tributário de um tributário do rio principal [...] (MACHADO; TORRES, 2012, p. 42)

O esquema de Machado e Torres (2012) representa essas definições da seguinte maneira (Figura 02):

Figura 02 - Esquema de organização da hierarquia de bacias hidrográficas.



Adaptado de: Machado e Torres, 2012.

Botelho & Silva (2012) descrevem a diferenciação entre os termos microbacia e sub-bacia e o emprego das mesmas em trabalhos científicos. A primeira recebe certa resistência por parte dos geógrafos pela sua origem relacionada a projetos de manejo e conservação em áreas rurais, pois gradativamente o planejamento das propriedades foi substituído por planejamento de microbacias, e em função do termo ter a definição muito semelhante ao termo “bacia hidrográfica” e por não refletir a uma definição de dimensão exata. A segunda é mais aceita já que o termo independe de dimensões. Portanto, a bacia hidrográfica

[...] pressupõe múltiplas dimensões e expressões espaciais (bacias de ordem zero, microbacias, sub-bacias) e que não necessariamente guardam entre si relações de hierarquia. Acredita-se que a funcionalidade implícita na escolha de uma bacia hidrográfica para a realização de determinado estudo é o grande benefício advindo de uma seleção criteriosa. (BOTELHO; SILVA, 2012, p. 159)

Souza e Fernandes (2000) consideram os termos bacia e sub-bacias relacionados com a ordem hierárquica da malha hídrica. O termo microbacia é tido como inadequado, sendo descrito como uma denominação empírica e subjetiva, já que remete a uma unidade menor,

porém sem definições específicas quanto a dimensões. Já o termo sub-bacia trata apenas da ordem hierárquica.

Com relação à hierarquização, Lima e Zakia (2019) o termo microbacia é considerado vago, apesar de estar presente em trabalhos anteriores dos autores, pois remete a dimensões menores, mas sem especificações: do ponto de vista hidrológico, o tamanho das bacias hidrográficas é definido pelos efeitos dos fatores dominantes na geração do deflúvio; e do ponto de vista político, a caracterização da microbacia é apenas administrativo.

Assim, neste trabalho utilizaram-se os termos bacia hidrográfica e sub-bacia entendendo-se que para algumas considerações a definição de microbacia pode ser inadequada em função de o conceito possuir definição semelhante ao da bacia hidrográfica, apenas se diferenciando por remeter a uma unidade menor, porém sem exatidão quanto às dimensões a serem ponderadas.

3.2 PROCESSOS HIDROGEOMORFOLÓGICOS

Para a realização deste trabalho considerou-se a utilização da análise dos processos hidrogeomorfológicos, dada a significativa relação entre água e relevo, não apenas em função dos processos de erosão e deposição que modelam a paisagem, mas também pela influência do relevo sobre as características qualitativas e quantitativas dos recursos hídricos.

Segundo Christofolletti (1980), Geomorfologia é o estudo das formas de relevo, da expressão espacial da superfície, focando nos elementos visíveis, analisando o modelado topográfico de uma área. Para que se compreenda a configuração morfológica da paisagem devem-se levar em conta as formas e os processos que as originaram. Tais processos ocorrem através do tempo geológico de maneira lenta ou a partir de eventos bruscos estimulados por forças destrutivas e construtivas.

Ab'Sáber (2003) considera a paisagem como herança de processos fisiográficos e biológicos, além de ser patrimônio dos povos que a herdaram como território de atuação. O autor propõe três níveis de análise: compartimentação topográfica, estrutura superficial e fisiologia da paisagem.

Para Ross (2005), o relevo terrestre é palco da vida natural, do homem e suas relações sociais, havendo diferenciações locais e regionais, com distintas tipologias de formas e matérias. Além disso, o relevo é um componente importante do meio natural, sendo esculpido

por diversas combinações dos componentes do "estrato geográfico", seja por processos internos ou externos, em movimentos ora serenos, ora vigorosos, podendo ocorrer em conjunto ou em oposição. As modificações inseridas pelo homem no ambiente alteram o equilíbrio dinâmico da natureza que quase sempre é harmonioso e contínuo. Dessa forma, qualquer interferência realizada pelo homem deve ser precedida de estudos sobre as possíveis consequências a serem geradas a fim de prevenir impactos que sejam prejudiciais.

A Geomorfologia encontra-se nesse contexto de forma muito especial, pois ao fazer parte da superfície externa da crosta terrestre, sofre influência motora tanto do substrato rochoso, sustentáculo da crosta, como dos demais componentes do estrato geográfico, sem desprezar o fato de que o relevo também exerce sua influência sobre as outras componentes. (ROSS, 2005, p. 16-17)

A água é um importante elemento para a manutenção da biodiversidade e da sociedade. Para que se possa fazer uso dos recursos hídricos de forma que não se esgotem ou se degradem drasticamente, há de se considerar a conservação das condições ambientais necessárias para que tais recursos sejam renovados. A água ocorre na atmosfera e nas porções terrestres superficiais e subsuperficiais, nos estados sólido, líquido e gasoso, e está em constante movimentação e transformação. Em seu estado líquido é de importância significativa aos estudos hidrológicos, pois está presente na chuva, lagos, rios, oceanos e na sub-superfície, interagindo com os demais elementos do meio (COELHO NETTO, 2015).

De acordo com Silva (2009), em ecossistemas lóticos, a água faz transporte contínuo de substâncias solutas e insolúveis, como um sistema aberto, sendo influenciada por mudanças climáticas e temporais. Além disso, possuem estrutura tridimensional (longitude, lateralidade e verticalidade).

A Hidrogeomorfologia é uma ciência ou uma área de estudos relativamente nova e com poucos estudos desenvolvidos. Moraes (2017), ao procurar compreender o caráter científico da Hidrogeomorfologia, tenta tecer relações da mesma com os conceitos de geossistema, paisagem e bacia hidrográfica ao descrevê-la como uma ciência ainda com pouca base teórica.

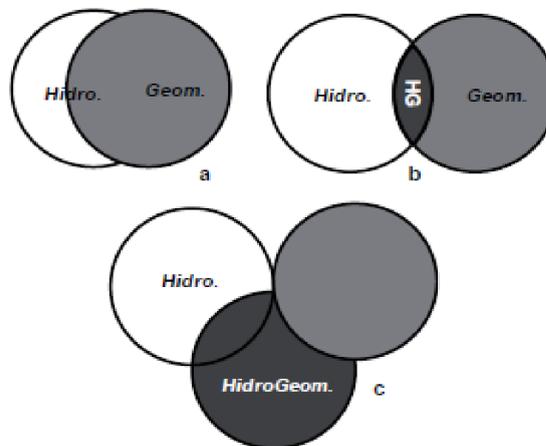
De acordo com Babar (2005), os estudos hidrogeomorfológicos se aplicam em zonas de alto potencial hídrico, tanto para os estudos de águas superficiais como subterrâneas, podendo-se utilizar como instrumento para avaliação e gestão dos recursos hídricos. Além

disso, essa área abrange os estudos do desenvolvimento de bacias hidrográficas, escoamento de sedimentos, recarga artificial e análise de zonas úmidas. O autor ainda ressalta a importância para a Hidrogeomorfologia da qualidade e quantidade de recursos hídricos. E, o uso de geotecnologias é um importante suporte para estes estudos, sendo que um mapa hidrogeomorfológico deve considerar a litologia, declividade, solo e rede de drenagem.

O conceito Hidrogeomorfologia foi proposto e conceituado pela primeira vez em 1973 por Scheidegger, sendo a união entre Hidrologia e Geomorfologia. Para este autor, a Hidrogeomorfologia é o estudo das formas causadas pela ação das águas, sendo que, por esta definição, quase toda a geomorfologia pode ser enquadrada como tal, pois a água é o principal agente modelador da paisagem (SCHEIDEGGER,1973).

Dentre as principais linhas de análise da Geomorfologia, apenas a tectônica e a eólica não consideram a água em suas abordagens. Contudo tal união ainda não é clara nos trabalhos já realizados. Assim, GOERL et al. (2012) propõe modelos para explicar a relação entre Geomorfologia e Hidrologia (Figura 03).

Figura 03 - Modelos de interação entre Geomorfologia, Hidrologia e Hidrogeomorfologia.



Adaptado de: Goerl et al., 2012.

O primeiro modelo (a) diz respeito à superposição das áreas comuns entre ambas as ciências, em que cada ciência aplica métodos semelhantes, mas que não se relacionam; o segundo (b) demonstra uma intersecção do objeto comum entre as duas ciências; e o terceiro (c) representa a Hidrogeomorfologia como ciência com atributos próprios, incorporando

elementos das duas ciências. Os trabalhos desenvolvidos atualmente praticam as duas primeiras abordagens (GOERL et al., 2012).

No século XX o termo é reconhecido por contribuir para o avanço nos estudos das bacias hidrográficas inglesas e é entendido como um estudo regional que proporciona a compreensão dos ajustes e evolução de sistemas fluviais em escala de bacia. Além disso, considera-se como objeto de análise os processos hidrogeomorfológicos, que consistem nos processos que controlam a evolução e formação da paisagem, bem como os processos hidrológicos (GOERL et al., 2012). Sendo que

[...] um processo hidrológico propicia a modificação, evolução ou formação de uma feição que por sua vez condiciona a intensidade, magnitude, duração do processo hidrológico. Ou seja, o processo modifica a forma que por sua vez condiciona o processo. (GOERL et al., 2012, p. 107)

Nesse contexto, faz-se necessário considerar não só os aspectos hidrográficos e geomorfológicos, mas também estruturais, que contribuem para o controle sobre a evolução da paisagem e dos processos hidrológicos. A Figura 04 demonstra a proposta de Goerl et al. (2012) sobre a discussão relacionada à conceituação da Hidrogeomorfologia e objeto de estudo ligado diretamente aos processos.

Figura 04 - Ilustração do conceito de Hidrogeomorfologia e objeto.



Adaptado de: Goerl et al., 2012.

Os estudos em análise hidrogeomorfológica ambiental são desenvolvidos a partir de abordagem sistêmica e integrada, levantando questões relacionadas à ação antrópica, muitas vezes no contexto da geomorfologia antropogênica. São identificadas alterações no meio em

consequência do uso do solo, normalmente para moradia e atividades econômicas que demandam recursos naturais (GOERL et al., 2012). A seguir, poderá se verificar um pouco sobre a diversidade de estudos relacionados aos processos hidrogeomorfológicos.

Briguenti et al. (2007) utiliza a Hidrogeomorfologia para identificar a ocorrência e distribuição espacial de riscos em área urbana, ou o que chama de fragilidades potenciais, em unidades geossistêmicas, adotando a bacia hidrográfica como unidade de análise. Para sua análise propõe dividir a bacia hidrográfica em alto, médio e baixo curso. Os aspectos considerados no trabalho foram a topografia, geomorfologia, pedologia e hidrografia, gerando mapas temáticos. Dentre as verificações realizadas na pesquisa foram constatados impermeabilização do solo, comprometimento da qualidade da água e produção de lixo e esgoto.

Coelho (2007) em sua pesquisa procurou estudar os efeitos hidrogeomorfológicos no médio-baixo rio Doce, primeiro identificando os aspectos físicos e sociais da bacia e depois analisando a área de estudo, partindo dos dados obtidos tanto por agências e órgãos de referência, quanto através de trabalho de campo. Também, foram utilizados dados obtidos por revisão literária, entrevistas, fotos e uso de Sistema de Informações Geográficas (SIG) e sensoriamento remoto. O termo Hidrogeomorfologia foi utilizado de forma a se referir ao conjunto relevo e rede de drenagem a serem entendidos de maneira integrada. As técnicas utilizadas para a obtenção e tratamento dos dados são adotadas de ambas as ciências envolvidas separadamente, sendo a análise destes dados efetivada integrando-os e considerando as influências da hidrografia sobre a geomorfologia e vice-versa.

A pesquisa de Aguiar (2009) objetivou-se em realizar análises hidrogeomorfológicas para verificar o potencial de geração, mobilização e estocagem de sedimentos em suspensão, e hidrossedimentológicas para estimar a produção de sedimentos em suspensão diária. As análises se complementam de forma a caracterizar detalhadamente a produção de sedimentos e a influência dos mesmos sobre a qualidade da água. Para o trabalho foram utilizados métodos de tratamento e interpretação de imagens de satélite multiespectrais e interpretação visual das diferentes colorações dos rios, sendo os referenciais para tal, técnicas advindas tanto da Geomorfologia, como da Hidrologia.

O trabalho de Brousse et al. (2011), aborda a evolução hidrogeomorfológica do rio Ubaye, na França, com relação à quantidade e qualidade da água, evolução morfodinâmica,

variação hidroclimática, entre 1956 e 2004, considerando a influência da ação antrópica como principal fator de controle da evolução nesse período. Foram utilizadas técnicas de aerofotointerpretação, comparando imagens dentro do período proposto, além da utilização de SIG para georeferenciamento. A Hidrogeomorfologia é considerada pelos autores como o conjunto de dois fatores a serem analisados.

O trabalho de Costa (2011), leva no título o termo Hidrogeomorfologia, porém no corpo do trabalho o conceito pouco aparece. Para ele, a Geografia pode fazer contribuições significativas a estudos interdisciplinares que abordam o solo, a geomorfologia e a rede de drenagem, integrando tais conhecimentos em SIG. A Hidrogeomorfologia seria, portanto, um campo que receberia contribuições principalmente da Geografia por integrar conhecimentos múltiplos. Em sua dissertação, utiliza a bacia hidrográfica como unidade de análise por possibilitar o estabelecimento de relações entre os dados obtidos nas áreas de Geomorfologia, Hidrografia e Engenharia Hidráulica. E com relação às técnicas, considerou a topografia, uso do solo, dados pluviométricos e montagem de modelos.

Paschoal et al. (2012) realizou sua pesquisa da perspectiva da geomorfologia antropogênica, utilizando técnicas de cartografia temática para confecção de cartas de uso do solo e da evolução geomorfológica, considerando a abordagem da Teoria Geral dos Sistemas para identificar as implicações de atividades agrícolas e de exploração mineral nas características hidrogeomorfológicas em uma bacia hidrográfica. Ou seja, neste caso a Hidrogeomorfologia é tida como um conjunto de aspectos físicos, especificamente geomorfológicos e hidrológicos, mas não necessariamente como uma ciência ou área de estudo. Em seu trabalho, ainda citam publicações que associam alterações hidrogeomorfológicas e uso da terra.

Mendonça (2013) combina as análises hidrogeomorfológica, hidrossedimentológica e o mapeamento de fragilidade à erosão para comparar o potencial de geração de sedimentos de duas bacias hidrográficas. Em seu trabalho considerou aspectos geomorfológicos e hidrológicos de forma integrada, levando a sugestão de sub-bacias que necessitam de monitoramento e intervenção de controle de erosão e produção de sedimentos. Tais análises se mostraram efetivas em refletir a realidade, com relação aos processos erosivos, produção de sedimentos e qualidade da água.

Araújo et al. (2015) realizaram seus estudos utilizando a perspectiva de Unidades Hidrogeomorfológicas (UH), visando propor um modelo de comportamento das formas de relevo, considerando a importância das dinâmicas entre os aspectos hidrológicos e geomorfológicos. Tais unidades foram identificadas a partir da análise integrada das geoformas do relevo, unidades geológicas regionais, padrões de drenagem e parâmetros morfométricos. Além disso, considerou-se para a pesquisa as características hidroclimatológicas para compreender com maior abrangência a relação água-relevo.

A pesquisa de Lopes et al. (2018) dedicou-se à caracterização hidrogeomorfológica de bacia hidrográfica, sendo selecionados para a análise três trechos que representem aspectos distintos da área, dando ênfase à influência das intervenções humanas. Foi feita revisão bibliográfica, trabalho de campo e tratamento dos dados obtidos. Com relação aos indicadores hidrológicos, as medições do fluxo de água e da área transversal foram realizadas com materiais, como bolas de isopor, barbantes e fita métrica, tendo sido realizadas quatro medições. Ao fim, verificaram-se alterações morfológicas e da velocidade no fluxo e procurou-se estabelecer relações entre os aspectos geomorfológicos e hidrológicos.

O que se percebe é que na maioria dos casos em que é utilizado o conceito Hidrogeomorfologia, os autores de fato referem-se ao conjunto relevo e recursos hídricos, sobretudo a rede de drenagem superficial, podendo incluir a dinâmica climática. Estes aspectos são analisados de forma integrada, porém utiliza-se métodos de análise distintos, empregados pela Geomorfologia e pela Hidrologia. Portanto, pode-se levantar o questionamento se a Hidrogeomorfologia se trata de uma ciência, ou uma área de estudos derivada das Geociências. Este ainda é um debate pouco explorado, uma vez que se trata de um campo relativamente novo de estudos.

3.3 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREAS RURAIS

Considera-se relevante neste trabalho que além de fazer um levantamento e organização de informações, também seja realizada a identificação dos impactos ambientais, análise da gênese e as influências dos mesmos sobre o meio a caráter de diagnóstico. Assim, se faz necessário fazer algumas considerações sobre a legislação ambiental vigente nas áreas rurais, bem como os impactos que ocorrem nestes locais.

Na resolução nº1 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) são definidas responsabilidades, atribuições, critérios básicos e diretrizes gerais para a Avaliação de Impacto Ambiental, como instrumento para a Política Nacional do Meio Ambiente. Considera-se a partir dela impacto ambiental como quaisquer alterações físicas, químicas e/ou biológicas ocorridas no meio, que sejam resultantes da ação humana e que possam vir a alterar as condições de saúde, segurança, bem-estar, atividades sociais e econômicas, da biota, da qualidade dos recursos naturais e do meio (BRASIL, 1986). Ainda, é possível identificar e analisar impactos ambientais de acordo com critérios quantitativos, qualitativos e se são positivos ou negativos (MENESCAL et al., 2005).

E no que diz respeito aos processos de degradação ambiental, decorrentes de impactos negativos,

Os processos de degradação ambiental estão normalmente associados a fatores antrópicos (humanos), climáticos e edáficos (solos). Porém, de modo geral, as atividades humanas são consideradas as principais responsáveis pela incidência dos processos de degradação e poluição ambiental. Além disso, a intensidade desses processos é ampliada pelo mau uso das áreas. (SOUZA, 2012, p. 5)

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei nº 9.433/1997 determina a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e das entidades responsáveis pela gestão, sendo eles o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), os Comitês de Bacia Hidrográfica e a Agência Nacional das Águas (ANA). Também são estabelecidos os objetivos a serem atendidos, as atribuições da água como bem comum, dotado de valor econômico e recurso limitado (BRASIL, 1997).

Em São Paulo foram constituídas vinte e duas Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos no Estado (UGRHI) a partir da Lei nº 7.663/1991, e foram formados onze grupos conforme interesses comuns. As unidades são baseadas nas bacias hidrográficas e os debates em relação à gestão de cada unidade são realizados pelos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH) (SÃO PAULO, 1991).

A bacia do Alto Sorocabaçu está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) Itupararanga. APA é uma Unidade de Conservação (UC), ou uma área geográfica destinada à conservação dos ecossistemas naturais, podendo haver atividades antrópicas, num regime administrativo especial. As UCs podem ser instituídas pelas três esferas do poder público, de

maneira a garantir a preservação dos recursos naturais e o desenvolvimento sócio-econômico. É necessária a elaboração de um Plano de Manejo com informações técnicas sobre os aspectos naturais e sociais, apresentação de intencionalidades, possibilidades, potencialidades e pretensões de uso (SÃO PAULO, 2007).

Outra regulamentação importante a se considerar é a Lei nº 12.651/2012, que institui o novo Código Florestal, trata da proteção da vegetação nativa, estabelecendo normas gerais com relação a áreas de preservação permanente, áreas de reserva legal; atividades econômicas que demandem exploração de matéria-prima de origem florestal; prevenção de incêndios; instrumentos para o alcance dos objetivos previstos; regulamentação para situações de supressão florestal; e disposições em relação a propriedades rurais e agricultura familiar (BRASIL, 2012).

No ano de 2019 foi publicado o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica de Ibiúna | São Paulo. No plano estão contextualizadas as características naturais e socioeconômicas do município; o histórico de legislações ambientais; áreas prioritárias à recuperação e preservação; e um cronograma de medidas a serem tomadas para a manutenção da vegetação no município em médio e longo prazo. No mesmo ano também foi realizada a deliberação do (órgão ambiental) para decidir sobre ações e prazos (IBIÚNA, 2019).

Nas áreas rurais predomina o desenvolvimento de atividades econômicas do setor primário, relacionados ao cultivo de vegetais, criação de animais e extração de recursos naturais. Porém há um movimento de pluratividade, ou seja, de transformações no mercado de trabalho rural, já que parte da população que reside nas áreas rurais está passando a exercer atividades não-agrícolas, seja no campo ou nas áreas urbanas (SCHNEIDER, 2004). Ainda assim, as atividades agropecuárias continuam sendo exercidas e a depender de como são executadas podem causar impactos ao meio em maior ou menor magnitude.

Em decorrência da degradação ambiental, são propostos projetos, políticas públicas e programas de avaliação da gestão ambiental, como é o caso do Programa Município VerdeAzul (PMVA). Estas ações visam minimizar ou até prevenir impactos ambientais advindos da ação humana (SÃO PAULO, 2021).

O Programa Município VerdeAzul, lançado em 2007 pelo Governo do Estado de São Paulo, através da Secretaria de Estado de Meio Ambiente, tem como objetivo apoiar e auxiliar

estratégias e políticas públicas sustentáveis e medir a eficiência da gestão ambiental, estabelecendo critérios de avaliação. A participação do município no programa é feita a partir de ofício da prefeitura manifestando interesse e indicando um interlocutor e um suplente para mediar o contato entre as partes, além de serem responsáveis pelo gerenciamento das tarefas relativas às Diretivas Ambientais. E pela participação do município no programa há ainda a possibilidade de liberação de recursos do Fundo Estadual de Controle da Poluição (FECOP) (SÃO PAULO, 2021).

O programa possui um *ranking* que serve para auxiliar na promulgação e execução de políticas públicas e para conceder os prêmios “Certificado Município VerdeAzul”, que demanda que o município obtenha 80 pontos, e o “Prêmio Governador André Franco Montoro”, por UGRHI. Desde o início do programa, Ibiúna não obteve pontuação suficiente para quaisquer premiações, sendo atingida durante sua participação a pontuação mais baixa em 2016, com nota a 4,04, na posição 539º; posicionamento mais baixo em 2015, com nota 6,42 e posição 556º; e na posição mais atual, do ano-fase 2020, sua nota é de 64,54 e posição 134º (SÃO PAULO, 2021).

Boa parte dos estudos que abordam as zonas rurais é realizada na área de Gestão Ambiental e procuram levantar questões como a legislação vigente para o uso do solo, manejo agrícola e pecuário, desmatamento, poluição, produção de resíduos, qualidade e preservação dos recursos hídricos e outros.

Com relação às áreas rurais e a Gestão Ambiental, Souza (2012) salienta a importância dos instrumentos legais para a consonância entre o desenvolvimento das atividades agrícolas e a manutenção das condições ambientais. O autor menciona que se deve observar as questões legais referentes a Áreas de Preservação Permanente (APP) dos canais fluviais; áreas de uso consolidado; área de reserva legal; regularização da outorga de direito de uso da água; autorização para exploração florestal; cadastramento ambiental da propriedade rural; regularização ambiental da propriedade; preservação de áreas restritas; e a licença ambiental. Nesse contexto, abordam-se as funções ambientais dos agrossistema e ecossistemas e as atribuições da água e do solo em fornecer nutrientes e sustentação às plantas.

Outros aspectos a serem apontados são de natureza econômica, sobretudo com referência a pequenos agricultores como segurança alimentar, emprego e renda. Também é

destacada a potencialidade estratégica de se desenvolver projetos de coleta, armazenamento e conservação da água, devido à captação da água da chuva. Outra questão destacada é o uso e ocupação do solo e a demanda por desmatar para o cultivo, que podem ocorrer de forma inadequada devido à falta de instrução técnica, e nesse sentido questiona-se os sistemas de produção agrícola convencionais, pois os mesmos expõem mais o solo ao intemperismo, o que o torna sujeito a processos erosivos, o que demanda mais cuidados, assim pode-se pensar na possibilidade de desenvolvimento de sistemas alternativos, com apoio técnico e tecnológico. Ainda, levanta-se a necessidade de implantação de estrutura de saneamento básico, tratamento de resíduos e destinação de embalagens de agrotóxicos, já que muitas vezes tais serviços são precários ou nem existem na área rural (SOUZA, 2012).

Dentre os impactos ambientais das atividades rurais, pode-se destacar a degradação dos aspectos físicos, químicos e biológicos do solo, através do desmatamento, queimadas, exploração de glebas acima da capacidade do solo, uso intensivo de mecanização; diminuição da retenção de água no solo; contaminação da água, solo, ar e alimentos; produção de resíduos, inclusive de agrotóxicos; consumo de água para a irrigação sem a considerar o nível de vazão; alteração dos ecossistemas; e perda de biodiversidade (SOUZA, 2012). Na Figura 05 são exemplificados alguns aspectos mencionados.

Figura 05 - Usos e apropriações do relevo e da água na área rural.



Organizado por: Jocasta Harue Tamataya, 2019.

O resultado dessas práticas são a intensificação dos processos erosivos, além da destruição dos agregados do solo, formação de camadas compactadas, diminuição da permeabilização e infiltração, causando aumento do escoamento superficial; alteração do balanço hídrico do sistema e poluição, ou alteração química, física e biológica dos elementos que compõem a bacia, conseqüentemente se modificam os processos e dinâmicas ambientais. Assim,

Com isso, sedimentos, matéria orgânica, fertilizantes, resíduos de agrotóxicos e de outras substâncias são arrastados para as partes mais baixas dos terrenos, atingindo, muitas vezes, os corpos d'água, podendo provocar a degradação e a poluição de rios e reservatórios, por meio do assoreamento e da contaminação de suas águas. Há, ainda, o mau uso do solo, que inclui o uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes em quantidades maiores e em épocas diferentes das tecnicamente recomendadas. (SOUZA, 2012, p. 6)

Além disso, o uso de fertilizantes e agrotóxicos contamina o solo e a rede de drenagem, quando introduzidas de forma inadequada ou excessiva, fazendo com que as plantas não os absorvam completamente, sendo espalhados pelas camadas do solo e rede de drenagem através do escoamento das águas da chuva e irrigação. Outros elementos poluentes são os de origem animal, como os dejetos, que sem os devidos cuidados, chegam à rede de drenagem, consumindo grande quantidade de oxigênio, podendo causar a morte por asfixia de seres aquáticos (SOUZA, 2012).

Com relação aos recursos hídricos, os dois principais aspectos que causam impactos ambientais são a extração destes recursos dos corpos d'água e a contaminação. Além disso, a derivação de um curso de água, não só pode influenciar a quantidade, mas também a qualidade da água, pois a redução na vazão do rio diminui a capacidade depurativa, aumentando assim a contaminação. Os principais elementos de contaminação da água em área rural são a fossa séptica, a criação intensiva de animais, depósito de combustíveis e pesticidas e aplicação de adubos e agrotóxicos (HIRATA, 2008).

Satake et al. (2012), em seu estudo sobre a qualidade da água em propriedades rurais constatou que por se tratar de locais em que não são disponibilizados serviços de saneamento básico, ocorre a contaminação das fontes de consumo humano, animal e irrigação em diferentes níveis aceitáveis ou não segundo a legislação. Foram analisadas a presença de

elementos contaminantes bióticos, como microorganismos, turbidez e concentração de nitrato, não sendo detectadas diferenças da contaminação em períodos de estiagem ou chuva.

Na área rural a poluição do solo ocorre pela adição de materiais que modificam suas características qualitativas e pode ocorrer através do uso de agrotóxicos e fertilizantes, devido ao depósito no solo sem controle específico, afetando também os lençóis freáticos, as plantas devido à possibilidade de excesso de nutrientes e metais pesados e o próprio ser humano em função da forma de pulverização adotada. Os agrotóxicos são classificados em fungicida, herbicida e pesticida e tem por função ao produtor controlar os elementos biológicos na área de plantio, favorecendo o vegetal que cultiva. O Brasil possui médias de uso de agrotóxicos acima da média mundial e por se tratar de um país de clima tropical e subtropical há maior incidência de pragas e as chuvas intensas escoam a descarga química à rede de drenagem e a infiltram no solo (GOMES, 2010). Além disso, os resíduos sólidos, como o lixo doméstico e os mesmos poluentes dos recursos hídricos também podem influenciar a contaminação do solo.

A ação tóxica depende principalmente da concentração do poluente no organismo, da sensibilidade deste e se a substância pode ser inócua em baixas concentrações e se pode se tornar progressivamente tóxica e letal em concentrações maiores. A sensibilidade do organismo humano aos poluentes também varia devido às condições da mesma, idade, tamanho e etc. (GOMES, 2010, p. 3)

Também, com o passar do tempo, o solo absorve as substâncias dos adubos, fertilizantes e agrotóxicos, normalizando os níveis de nutrientes, fazendo-se desnecessária a aplicação de correção do solo. Porém os excessos dessas substâncias podem levar a exaustão do solo, tornando-o improdutivo e suscetível a processos de erosão e desertificação pela ausência de cobertura vegetal, além da possibilidade de desenvolvimento de microrganismos responsáveis por doenças (GOMES, 2010).

A erosão do solo é a principal causa de degradação acelerada do mesmo na área rural. A erosão ocorre na natureza pela ação da água e ventos, porém a ação antrópica tende a acelerar os processos através do desmatamento, plantio em terrenos com alta declividade, queimadas, monocultivos, uso excessivo de fertilizantes, agrotóxicos e pastoreio. Dentre as consequências estão a redução do potencial produtivo, devido a perda de húmus e outros nutrientes; o aumento da erosão dada a exposição temporária do solo e ao aumento da

densidade proveniente do pisoteio do gado; e o conseqüente assoreamento de rios (EMBRAPA, 2013. GUERRA; MENDONÇA, 2012).

De acordo com Botelho e Silva (2012) a associação entre o aumento dos processos de erosão e utilização de produtos químicos pode ter conseqüências graves. A permanência dos agrotóxicos infiltrados no solo pode ser de dias ou mais de 10 anos e as reações químicas com metais pesados podem acarretar maior perda de solo pela erosão, correndo-se o risco de contaminar os cursos d'água, animais e plantas irrigadas.

Segundo Almeida et al. (2012) a vegetação é um indicador ambiental, por ser influenciada por fatores climáticos, bióticos e edafológicos, mas também atua como elemento estabilizador já que protege o solo de processos erosivos, mantém as condições ambientais do ciclo hidrológico e influencia nas condições climáticas. Ou seja, tais elementos interagem no ambiente de forma integrada:

[...] direta ou indiretamente impacta-se o ciclo hidrológico, pois a capacidade de infiltração e acumulação natural desse recurso nas zonas de alteração, nos aquíferos e conseqüentemente sua capacidade de alimentar as plantas, animais e os homens são reduzidos; modifica-se também a pedogênese aumentando a possibilidade de erosão pluvial pela falta da interceptação das gotas da chuva e aumento de sua energia potencial. (ALMEIDA et al., 2012, p. 366)

A supressão da cobertura vegetal, ou desmatamento, consiste na retirada de vegetação nativa para o estabelecimento das atividades econômicas, sociais e culturais. Nas áreas rurais observa-se setores com mata preservada e áreas utilizadas para plantio e/ ou pasto em que o desmatamento para o desenvolvimento dessas atividades ocorreu antes da criação e vigência da legislação atual, em momentos históricos em que ainda não se debatia as conseqüências da ação antrópica sobre o meio ambiente. Atualmente, qualquer atividade, seja qual for o estágio de desenvolvimento, que demande supressão de vegetação nativa, intervenção em APP e/ou corte de árvores nativas isoladas depende de autorização, segundo a legislação do Código Florestal (CETESB, 2019).

Ainda, com relação à Gestão Ambiental, um importante instrumento a ser considerado é o Plano Diretor Municipal, que deve ser elaborado de maneira sistêmica e multidisciplinar, considerando questões ambientais, sociais, econômicas e políticas. Este documento é previsto pelo Estatuto da Cidade e deve dentre tantas coisas, haver a tentativa de conciliar as questões

do urbano e rural do município. Trata-se de um debate ainda pouco discutido no espaço rural, mas

[...] deve-se considerar que as atividades agrícolas caracterizam-se por produzir impactos ambientais difusos, de baixa intensidade e constantes o que resulta em efeitos cumulativos, agravados pela existência de vários agricultores impactando ao mesmo tempo em uma mesma região. (SILVEIRA; GUIMARÃES, 2018, p. 2)

Nesse sentido, as entidades responsáveis pelo Plano Diretor devem procurar superar a lógica do imperativo técnico e da lógica “fim de tubo”, que tem por objetivo corrigir e reparar impactos ambientais, e incentivar a participação efetiva dos diferentes atores sociais e práticas coletivas, adotando-se de medidas preventivas em relação a riscos e impactos ambientais, através do planejamento. Assim, se faria possível identificar as potencialidades e limites da construção sócio-ambiental e os usos futuro do espaço municipal (SILVEIRA; GUIMARÃES, 2018).

Também, são feitos levantamentos de dados para a efetivação de serviços de assistência técnica e extensão rural (ATER). Tais ações são discutidas tanto em âmbito acadêmico, quanto das políticas públicas, contudo pouco se discute sobre a regulação da extensão rural. A extensão rural pode ser entendida como processo educativo de comunicação; instituição, referindo-se às organizações estatais e privadas; e políticas públicas adotadas e traçadas pelo governo. Sua origem vem da extensão das universidades inglesas a partir de meados do século XIX (PEIXOTO, 2008). Uma das etapas previstas na nova Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Pnater) é o Diagnóstico Rural Participativo (DRP), que tem por objetivo fazer levantamentos impactos ambientais em áreas rurais a partir dos beneficiários:

O Diagnóstico Rural Participativo (DRP) é um conjunto de técnicas e ferramentas que permite que as comunidades façam o seu próprio diagnóstico e a partir daí comecem a autogerenciar o seu planejamento e desenvolvimento. Desta maneira, os participantes poderão compartilhar experiências e analisar os seus conhecimentos, a fim de melhorar as suas habilidades de planejamento e ação. [...]

O DRP pretende desenvolver processos de pesquisa a partir das condições e possibilidades dos participantes, baseando-se nos seus próprios conceitos e critérios de explicação. Em vez de confrontar as pessoas com uma lista de perguntas previamente formuladas, a idéia é que os próprios participantes analisem a sua situação e valorizem diferentes opções para melhorá-la. A intervenção das pessoas que compõem a equipe que intermedia o DRP deve ser mínima; de forma ideal se reduz a colocar à disposição as ferramentas para a auto-análise dos/as participantes.

Não se pretende unicamente colher dados dos participantes, mas, sim, que estes iniciem um processo de auto-reflexão sobre os seus próprios problemas e as possibilidades para solucioná-los. (VERDEJO, 2006, p. 12)

Outros estudos em áreas rurais são realizados visando estimular o desenvolvimento de atividades agropecuárias de forma sustentável, são produzidos manuais demonstrando como identificar a aptidão, proteção e o preparo do solo para o plantio, adubação, irrigação, rotação de culturas, seleção de sementes, o manejo de matéria orgânica, manejo de pastagens e outras atividades (PRIMAVESI, 1992).

Também são realizados estudos em áreas rurais com relação à caracterização dos aspectos físicos e intervenções antrópicas para a implantação de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), previsto pela Política de Mudanças Climáticas, que visa a proteção dos recursos naturais e da biodiversidade. Os estudos realizados procuram caracterizar e verificar as relações entre a estrutura da paisagem, relevo, hidrografia, cobertura vegetal e uso do solo para identificar os setores preservados e áreas que ainda carecem de ações de preservação. Um estudo sobre tal temática foi realizado na Bacia do Ribeirão do Murundu, onde foram identificados fatores potenciais para a realização do pagamento a propriedades que possuem áreas preservadas, além da verificação de diversos usos do solo (ROSA et al., 2014).

Há também pesquisas como de Silva (2017), que tratam do desenvolvimento sustentável das atividades rurais, considerando indicadores ambientais e sociais. O autor utilizou como unidade de análise a bacia hidrográfica; levantou problemáticas com relação ao desenvolvimento rural, desenvolvimento local, definição de agricultura sustentável; utilizou critérios e métodos estatísticos para os indicadores; considerou as questões de uso e ocupação do solo e outros recursos ambientais, bem-estar, saneamento básico, saúde, lucratividade das atividades desenvolvidas e educação. Ao final apontou os indicadores que comprometem e os que melhoram o índice de sustentabilidade, indicou o índice de sustentabilidade da bacia, analisou a adaptação da metodologia e por consequência a validade dos resultados.

Ao considerar que existem ocupações urbanas em áreas rurais, pode-se questionar se as definições de rural e urbano, que consideram limites administrativos, são suficientes para explicar a complexidade dos processos socioespaciais e socioeconômicos. Tais ocupações se caracterizam por crescimento da conurbação em aglomeração, concentração da população em

uma área considerada rural e redução das atividades agrícolas em relação a emprego e renda (CAIADO & SANTOS, 2006).

3.4 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

Segundo Santos (et al., 2022) , o monitoramento da qualidade das águas naturais e residuárias se apresenta como um desafio constante, tanto pela necessidade de se alcançar um recurso com alta pureza para a saúde e bem-estar humanos, quanto pelas inúmeras formas de poluição que as águas estão expostas. Esse acompanhamento frequente se faz necessário porque águas superficiais recebem descarga excessiva de matéria orgânica e inorgânica, tais como nutrientes; espécies microbiológicas, podendo ser patogênicas; inúmeros microcontaminantes; entre outros.

A avaliação do parâmetro que determina a qualidade da água é principalmente baseada em variáveis matemáticas padronizadas que unifica a qualidade biológica, física, e química da mesma facilitando a comunicação em fatores numéricos determinando seu objetivo, tanto como método avaliativo como controle de qualidade para a vida aquática e consumo humano. O IQA é no Brasil o padrão ouro que possibilita a comparação de diferentes áreas analisadas através de estudos já realizados que utilizaram estes índices em locais distintos (MENEZES et al., 2018).

A temperatura é uma variável física e é parte do regime climático normal, podendo sofrer influência da latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. O aumento da temperatura pode indicar despejos industriais, de usinas e esgoto, que diminuem a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização; e aumentam a condutividade térmica e pressão de vapor. Organismos aquáticos possuem limitações de tolerância térmica (CETESB, 2019b). É possível verificar o aumento de temperatura da montante à jusante, que pode indicar acúmulo de dejetos.

O oxigênio dissolvido é uma importante variável química a se verificar na análise da qualidade da água. O oxigênio proveniente da atmosfera se dissolve nas águas naturais devido à diferença de pressão parcial, um mecanismo explicado pela Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura. A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido através da superfície depende da velocidade: quanto

maior a velocidade, maior é a taxa de reaeração superficial. Outra fonte de oxigênio é a fotossíntese das algas, mas não é muito significativa em trechos de lançamento de esgoto à jusante. Neste caso, a contribuição só é expressiva após a ocorrência de atividade bacteriana, decomposição de matéria orgânica e desenvolvimento de protozoários que permitem a clarificação das águas e penetração de luz (CETESB, 2019b).

Águas poluídas geralmente apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, enquanto o inverso ocorre com águas limpas, sendo concentrações menores de 5 mg/L inadequadas para a maior parte das formas de vida aquática. Porém, o processo de eutrofização pode dificultar a avaliação do grau de poluição se considerar apenas o oxigênio dissolvido, pois as algas podem causar supersaturação com concentrações de oxigênio acima de 10 mg/L. Essa situação pode ocorrer em lagos de baixa velocidade, formando uma camada verde de vegetação (CETESB, 2019b).

A condutividade elétrica é uma variável física que diz respeito à expressão numérica da capacidade de um corpo d'água conduzir a corrente elétrica, indicando a quantidade de sais, ou seja, é uma medida indireta da concentração de poluentes. A condução de eletricidade depende das concentrações iônicas e da temperatura. Quanto maior a concentração de sólidos dissolvidos, maior a condutividade da água, sendo que níveis superiores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados e valores altos indicam características corrosivas (CETESB, 2019b).

Os sólidos totais são uma fração de sólidos presentes na água. É uma variável física e corresponde a todas as substâncias que permaneçam como resíduo após a total secagem, evaporação ou calcinação de um determinado volume de amostra. Podem ser materiais de origem mineral ou orgânica, ou mesmo poluentes, mas não representam uma relação direta com a última (CETESB, 2019b; SABESP, 1999). As amostras 1 e 2 possuem as maiores concentrações de sólidos totais, possivelmente devido aos processos de erosão relacionados a supressão vegetal das APPs e manejo do solo para agricultura.

O potencial hidrogênico (pH) indica os equilíbrios químicos e pode ser influenciado pela solubilidade de nutrientes e precipitação de elementos químicos tóxicos. A legislação vigente determina que o pH ideal à proteção da vida aquática deve ser entre 6 e 9 (CETESB, 2019b).

O potencial de oxidação-redução (oxidation-reduction potential – ORP) mensura a capacidade de desinfecção, ou processo de depuração de um corpo d'água. É possível definir um valor mínimo de ORP, porém este valor deve ser definido caso a caso, pois valores

universais não são recomendados. É desejável que seja feito monitoramento operacional (OMS, 2018). Óxido-redução é o processo de transferência de elétrons entre espécies e quanto maior o valor de ORP, maior é a concentração de oxigênio, que possibilita a decomposição de matéria orgânica e contaminante com mais eficiência (ENR, 2021).

4 MATERIAIS E MÉTODO

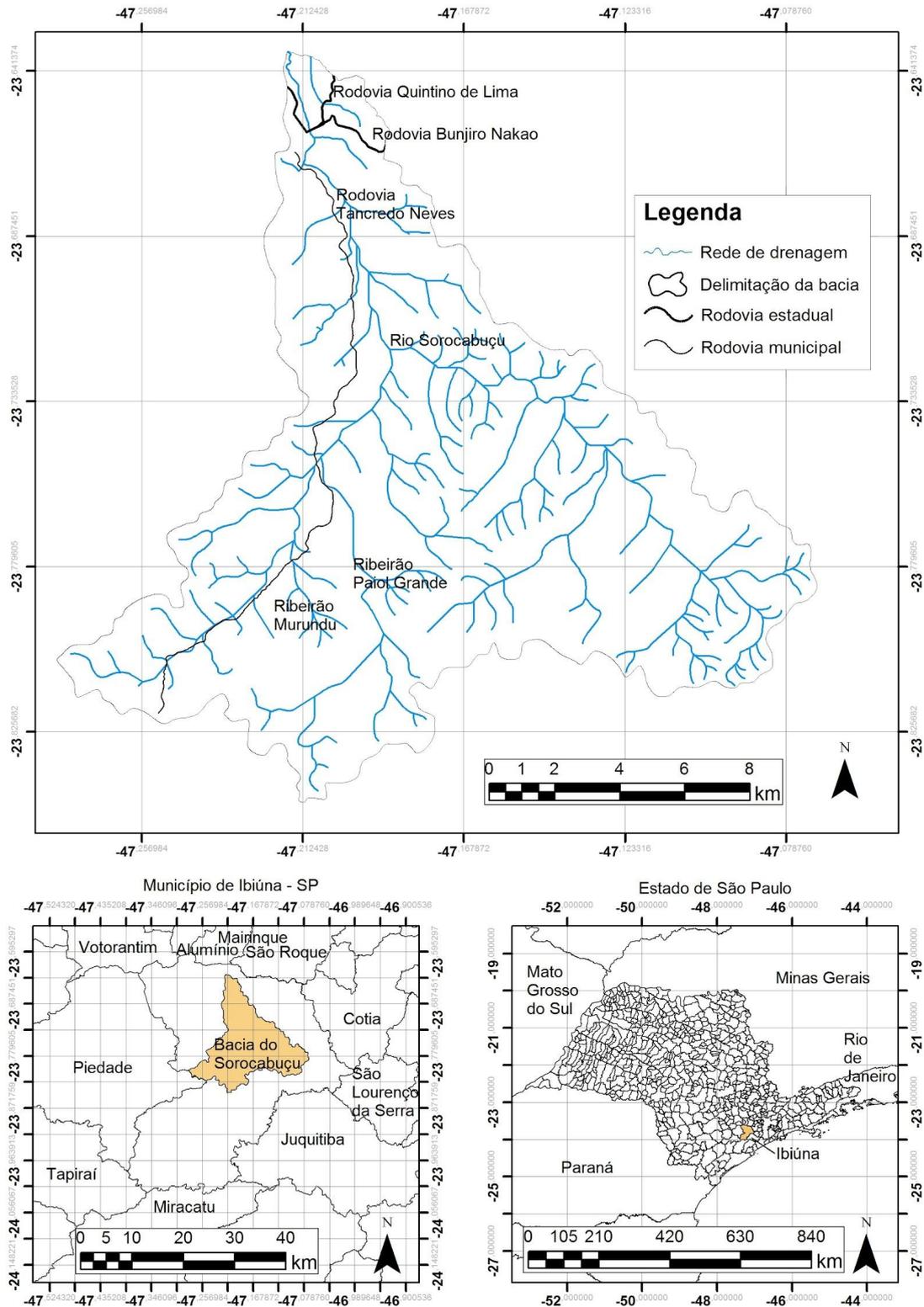
A sistematização das etapas a serem desenvolvidos é essencial para a realização de uma pesquisa de cunho científico, pois assim certifica-se a veracidade dos resultados e se os mesmos são testáveis a partir das mesmas técnicas ou de outras que possam surgir. Assim, para o desenvolvimento deste capítulo levantou-se a caracterização da área, tanto de aspectos físico-naturais, como socioeconômicos da região e do município; e em um segundo momento são apresentadas a base teórica que fundamenta o método escolhido, bem como as metodologias aplicadas no trabalho.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A caracterização da área permite compreender os elementos que compõem o espaço, bem como as relações que se estabelecem entre tais elementos a fim de compreender a dinâmica do sistema analisado. Assim, com essas informações locais e regionais, complementa-se a parte da base teórica consolidando a realização das análises que resultarão em conclusões acerca de determinados fenômenos e processos que marcam a temática desta pesquisa. Para tratar das questões ambientais e geomorfológicas relacionadas à Bacia do Sorocabuçu foi necessário realizar o levantamento de dados dos aspectos do meio físico. Para tanto, foram considerados dados regionais de localização, litologia, relevo, clima, hidrografia, pedologia e vegetação através de levantamento bibliográfico e reconhecimento da área a partir da realização de trabalhos de campo. Além disso, foram levantados dados socioeconômicos e o histórico de desenvolvimento das atividades econômicas no município.

A área estudada encontra-se no município de Ibiúna, no Estado de São Paulo (Figura 06), cuja sede localiza-se à 23°39'20" S de latitude e à 47°13'30" O de longitude (SigRH, 2018), com altitude média de 996 metros, considerado o terceiro município mais elevado do Estado de São Paulo. A área total municipal é de 1.058,082 km² (IBGE, 2010), sendo o 34° município de maior extensão territorial, fazendo divisa ao Norte com São Roque, Mairinque e Alumínio; ao Sul com Juquitiba, Miracatu e Tapiraí; a Leste com Cotia e São Lourenço da Serra; e a Oeste com Piedade e Votorantim (IBIÚNA, 2013). A população total estimada é de 71.217 habitantes, sendo 24.933 (35%) residentes na área urbana e 46.284 (65%) na rural (IBGE, 2018). A bacia possui área total de 164,62 km² e perímetro de 63,11 km, dados obtidos a partir dos resultados dos produtos cartográficos.

Figura 06 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Sorocabuçu, Ibiúna – SP.



Base de dados:
 Limites estaduais e municipais: IBGE
 Rede de drenagem: SRTM

Projeção: UTM Zona 23S
 Datum: SIRGAS 2000

Organização: Jocasta Harue Tamataya. 2022.

Além disso, Ibiúna faz parte da Região Metropolitana de Sorocaba, que foi institucionalizada pela Lei Complementar Estadual nº 1.241/2014 (SÃO PAULO, 2014). O município ainda é qualificado como Estância Turística, conforme critérios descritos pela Lei Complementar nº 1.261/2015, devendo apresentar atrativos turísticos públicos e permanentes, seja de caráter natural, cultural ou artificial, tendo repasse de verba pelo Departamento de Apoio ao Desenvolvimento de Estâncias (DADE) (SÃO PAULO, 2015).

Conforme afirma Ab'Sáber (2003), o território brasileiro é diverso devido às suas dimensões, e pode-se caracterizar domínios morfoclimáticos conforme condições fisiográficas e biogeográficas que formam complexos homogêneos, extensivos e que possuam área core, sendo que entre eles há áreas de transição. Dos fatores que definem estes complexos estão certa coerência das feições de relevo, solo, formas da vegetação e condições climático-hidrológicas.

O município de Ibiúna encontra-se no chamado domínio morfoclimático dos "Mares de Morros" florestados, com mamelonização extensiva, superfícies aplainadas de cimeira ou intermontanas, patamares de pedimentação e eventuais terraços; considerável decomposição de rochas cristalinas e processos de convexização em níveis intermontanos; e solos frequentemente superpostos, resultantes de processo de coberturas colúviais, com propensão a processos de erosão e movimentos coletivos de solo. A vegetação é composta por florestas tropicais de biota diversa que se estende em mais de 85% da área total, havendo ocorrência de bosques de araucária em altitude e cerrados, onde antes predominavam chapadões florestados. No domínio como um todo se pode observar remodelação da paisagem por conta da ação antrópica, através de represamentos e processos de urbanização e industrialização, fazendo ser o meio físico mais complexo do país (AB'SÁBER, 2003).

4.1.1 Aspectos do Meio Físico

4.1.1.1 Aspectos Litológicos

Segundo o Mapa Geológico do Estado de São Paulo do CPRM (2006), o município de Ibiúna se encontra na Província Mantiqueira, mais especificamente entre o Terreno Embu, o qual é marcado por granitóides foliados originados dos magmatismos peraluminoso e metaluminoso sin a tardiorogênicos do Neoproterozóico; e Terreno Apiaí, formado por granitóides foliados e ortognaisses, calcialcalinos, tipo I, da Formação Iporanga.

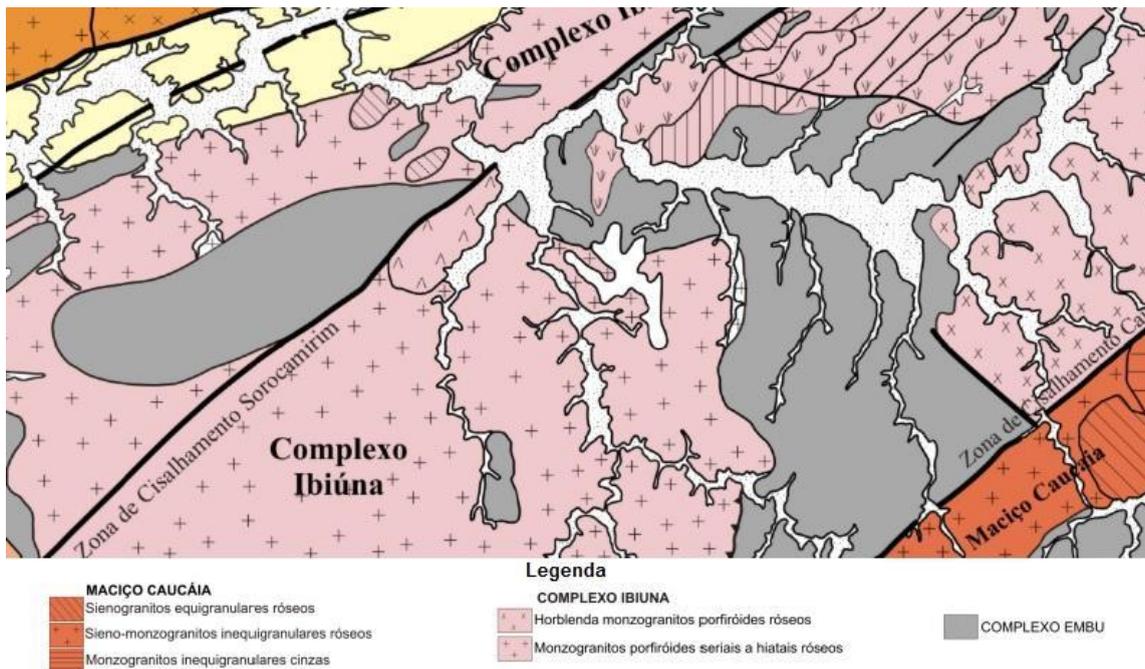
De acordo com Godoy et al. (2010), a Província Mantiqueira Central é constituída pelos complexos cálcio-alcalinos a alcalinos Sorocaba, São Francisco, São Roque, Ibiúna e Piedade, que estão associados a uma tectônica rúptil e às zonas de cisalhamento de direção NE-SW. Os batólitos podem ser caracterizados por intrusões ocorridas em quatro grandes fases, que evidenciam zonação da parte central às bordas influenciadas parcialmente por reativações das zonas de cisalhamento, sendo

A fase inicial é restrita e constituída por dioritos a granodioritos equigranulares a porfiríticos, a principal é dominante e composta por monzo e sienogranitos porfiríticos que fragmentam a fase anterior. A fase de acresção lateral é composta por monzo e sienogranitos equi a inequigranulares e em alguns batólitos pela fase de acresção de corpos circulares de sienogranitos porfiríticos rapakivi, e a final é tardia e constituída por aplitos e/ou pegmatitos. (GODOY et al., 2010, p.171)

Na parcela do mapa geológico elaborado por Godoy et al. (2010), representado na Figura 07, na área correspondente a uma parcela do município de Ibiúna pode-se observar a ocorrência de monzogranitos inequigranulares cinzas e sienogranitos equigranulares róseos do Maciço Caucaia; hornblenda monzogranitos porfiróides róseos e monzogranitos porfiróides seriais a hiatais róseos do Complexo Ibiúna; e rochas do Complexo Embu.

O Complexo Ibiúna compreendendo o Batólito Ibiúna está localizado a sul da Zona de Cisalhamento Taxaquara, possuindo "[...] 9 fácies granitóides leucocráticas, compostas por raras e localizadas ocorrências de enclaves de rochas quartzo dioríticas." (GODOY et al., 2010, p. 180), no qual ocorre como máfico principal a biotita, a hornblenda como secundário, havendo rara presença de piroxênio e muscovita e/ou granada. As idades das fácies são decrescentes da área central às bordas do complexo, resultante de processo de acresção, indicando que a evolução ocorreu por meio de diversos eventos de amalgamação e justaposição ao final da Orogênese Neoproterozóica (GODOY et al., 2010).

Figura 07 - Recorte da composição litológica da região de Ibiúna.

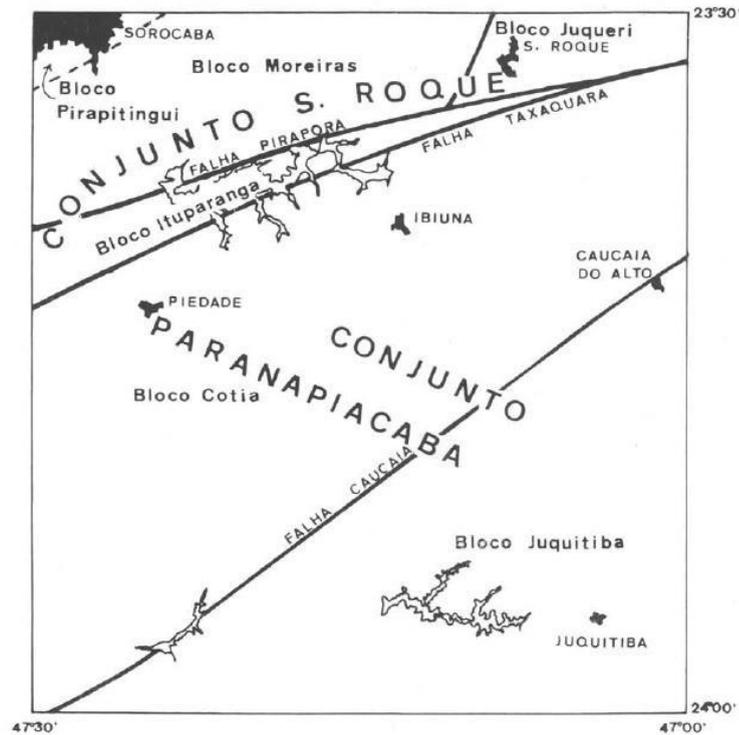


Adaptado de: Godoy, et al., 2010.

Segundo Hasui et al. (1975), a área de estudos está inserida no Conjunto Paranapiacaba, especificamente no Bloco Cotia que é delimitado ao norte pela Falha Taxaquara e ao sul pela Falha Cauaia, ambas orientadas em sentido NE-SW. O Bloco Cotia é constituído pelos Batólito e Maciço de Ibiúna, com contatos abruptos e discordâncias flagrantes (Figura 08).

Encontram-se massas migmatíticas, com frações de gnaisses ou xistos e granitóides facilmente identificáveis por amostra ou afloramentos com estrutura predominantemente estromatíticas, nas quais se destaca a paleossoma. Além disso, identifica-se o granito Pirituba, muito frequente na área, sendo composto de três tipos de granitóides: porfiroblásticas, inequigranulares e finas. Além disso, há ocorrências de maciço adamelítico, uma intrusão alcalina e sedimentos neo-cenozóico recentes (HASUI et al., 1975).

Figura 08 - Compartimentação tectônica da região de Ibiúna.



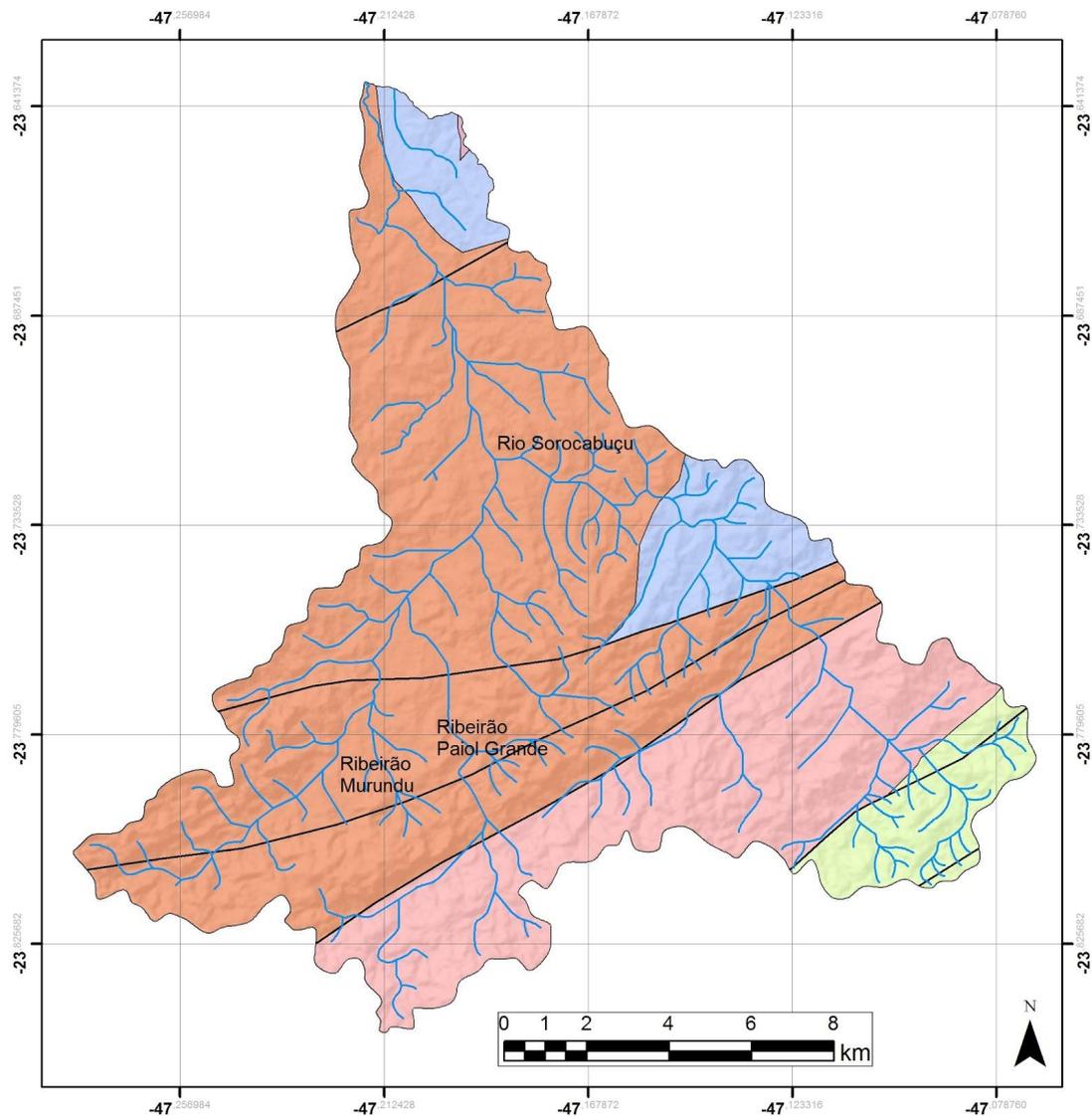
Adaptado de: Hasui et al., 1975.

Com relação às idades, de acordo com Hasui (2010), a região corresponde ao Sistema Mantiqueira, especificamente ao Cinturão Ribeira, formado entre o Neoproterozóico e o Cambriano. O evento de convergência que resultou no Cinturão Ribeira é o Brasileiro II, entre 630 a 540 milhões de anos.

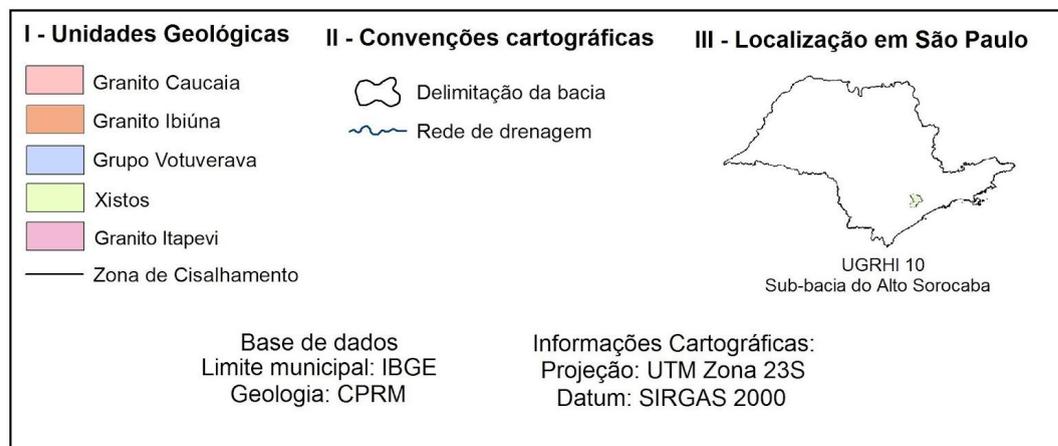
Os eventos orogênicos ocorreram com certa descontinuidade periódica e podem ser pensados em ciclos, começando por períodos de calma prolongada, seguidas por inquietação tectônica de pouca duração (LEINZ; AMARAL, 2003). Há, portanto, um controle estrutural sobre o relevo da área, principalmente quanto aos vales fluviais, orientados a partir das linhas de falhamento e contatos litológicos.

A partir da análise do mapa geológico (Figura 09) verifica-se a correlação da estrutura geológica e das características litológicas sobre alguns aspectos que influenciam diretamente na dinâmica ambiental. Dentre os reflexos a se considerar, pode-se citar a influência sobre as formas de relevo, tendo em vista as principais linhas dos interflúvios, declividade das encostas, retilineidade dos cursos d'água e ainda na composição dos solos, produtos das litologias graníticas predominantes na área.

Figura 09 – Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu, Ibiúna – SP.



Legenda



O Granito Caucaia tem idade máxima de 650 milhões de anos, tendo se formado no Proterozóico, em fase tardi-orogênico, ou seja, ocorreu ao fim da orogênese. Já o Granito Ibiúna tem idade máxima de 610 milhões de anos, formado no Proterozóico, em fase sincolisional e caracteriza-se por morfologia de Batólito, abrangendo os litotipos Monzogranito, Granodiorito, Quartzo monzonito (CPRM, 2006). Devido a sua resistência a erosão, comparada com outras rochas, no contexto regional o granito tende a se destacar em relação a altitude.

O granito é uma rocha ígnea, de origem plutônica, que pode ser ácida por apresentar 66% ou mais de SiO_2 ; supersaturada por ser constituída por minerais saturados e quartzo; e existem variações, como por exemplo, granitos híbridos ou alcalinos (IBGE, 1998). O intemperismo sobre o granito origina solos com proporções consideráveis de argila, como latossolos, argissolos, cambissolos eutróficos e distróficos e neossolos litólicos, dificultando a infiltração da água no solo e o aprofundamento das raízes vegetais (SOUSA, 2013).

A unidade terrígena do Grupo Votuverava faz parte do Supergrupo Açungui e localiza-se como encaixante dos maciços Agudos Grandes e Piedade e dos granitos Tapiraí e Ibiúna. A unidade é constituída principalmente por: (1) metassiltitos maciços a muito foliados com estratificações plano-paralelas e cruzadas e granodecrescência ascendente; (2) metargilitos foliados com clorita e mica branca, por vezes grafitosos; (3) metarenitos lenticulares, geralmente maciços, com estruturas do tipo climbing; e (4) metaconglomerados polimíticos, com estruturas do tipo gradação de seixos. Além disso, há ocorrência de rochas vulcanossedimentares, como metabasitos, rochas vulcanoclásticas e formações ferro-manganesíferas. Com base na unidade metavulcanossedimentar, sua datação aproximada é de 1.479 ± 12 Ma, porém poucos estudos de datação foram realizados (CPRM, 2006).

A formação do Grupo Votuverava diz respeito a três momentos de processo de metamorfismo: (1) o primeiro metamorfismo regional produziu a foliação principal de clivagem ardosiana, com condições pouco dúcteis e atingiu a porção inferior do grau fraco; (2) o segundo constituiu realinhamento e recristalização dos cristais de quartzo, muscovita e clorita, definindo outra foliação; e (3) o terceiro está associado às zonas de cisalhamento de alto ângulo, das quais foi gerada uma terceira foliação protomilonítica a clivagem ardosiana (CPRM, 2006).

O Granito Itapevi possui uma pequena representação na área de estudo, como é possível observar na Figura 9. Está alojado na Formação Votuverava e é classificado como granitóide quimicamente indiferenciado, pré a sincolisionais, originado do processo orógeno do Paranapiacaba. Trata-se de um biotita monzogranito equigranular, de granulação média a fina, cinza, foliado com idade máxima de 610 milhões de anos (CPRM, 2006).

A unidade de xistos pertence ao Bloco Juquitiba e é composta por quartzo e micas (biotitas e moscovitas), ocorrendo micaxistos, quartzo-micaxistos e quartzitos feldspáticos. São migmatitos estromatíticos com granulação fina a média, geralmente de cores cinza clara e preta, que com intemperismo adquire tons avermelhados (HASUI et al., 1975).

Um importante elemento estrutural observado é a Zona de Cisalhamento Caucaia, com estrutura transcorrente dextral, formado no Ciclo Brasileiro. Sua origem está relacionada aos processos de formação da Mantiqueira. Zona de cisalhamento é uma faixa tectonizada, relativamente estreita, apresentando rochas cataclasadas e milonitizadas, em graus variados de deformação (CPRM, 2019).

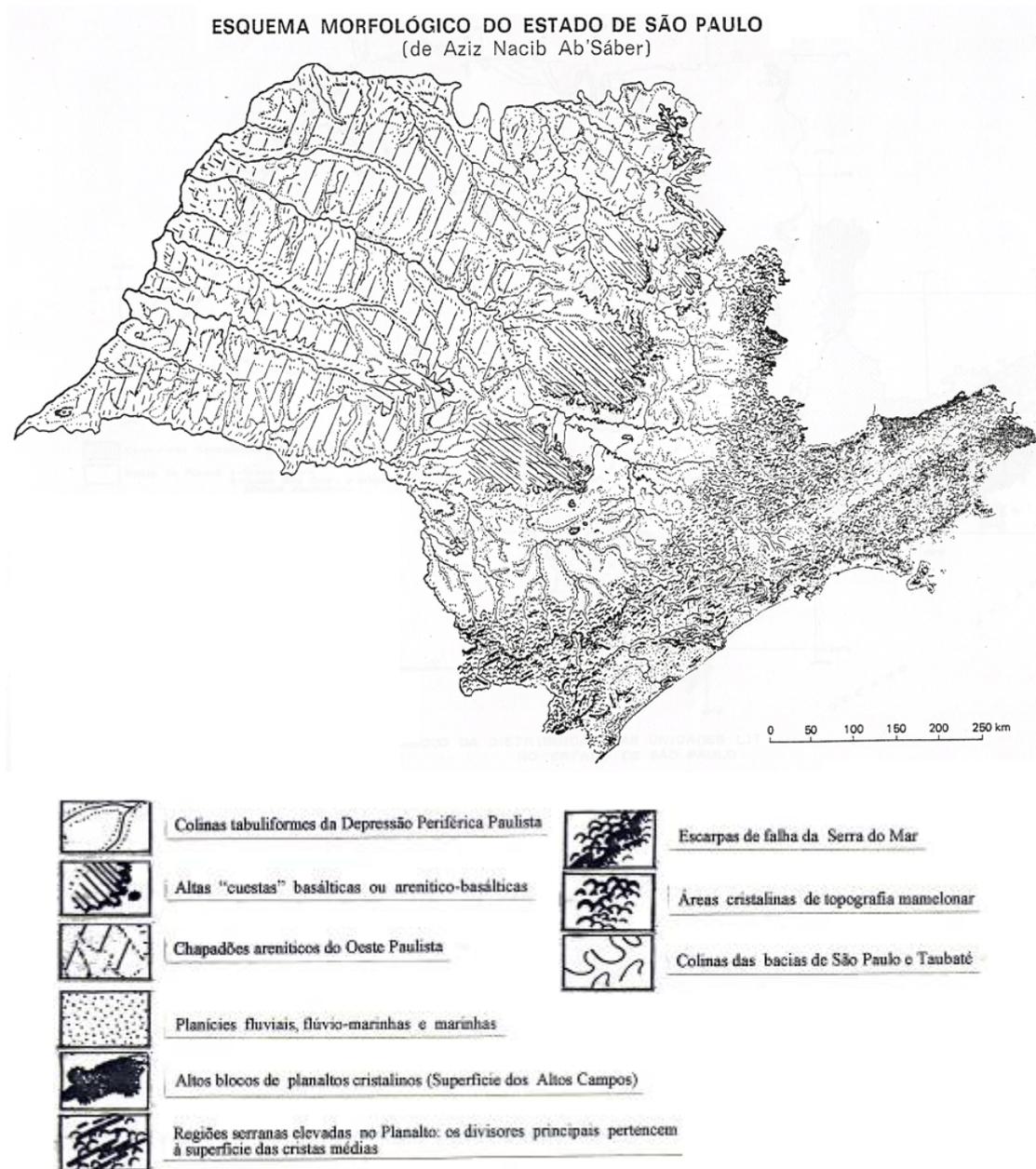
Outra denominação para a Zona de Cisalhamento Caucaia é a Falha Caucaia, proposta por Hasui et al. (1975). Falhas são fraturas com deslocamento perceptível das partes ao longo do plano de fratura, podendo ser de milímetros a centenas de metros. As falhas são formadas por esforços tectônicos de compressão, tangencial a superfície terrestre; ou esforços de tração, que são movimentos epirogenéticos, dobramentos ou intrusões magmáticas. Também existem as falhas atectônicas, de menor amplitude, resultante de desabamentos, dissolução de rochas da subsuperfície, colapsos, etc. Um sistema de falhas consiste em perturbações que afetam uma região produzindo uma série de falhamentos, paralelos ou oblíquos entre si (LEINZ; AMARAL, 2003).

4.1.1.2 Aspectos Geomorfológicos

O Estado de São Paulo é constituído por significativa diversidade geomorfológica, resultado de processos tectônicos, diversidade litológica, processos denudacionais e ambientes de deposição, relacionados ao clima ocorridos ao longo do tempo geológico em eventos de diferentes magnitudes e duração. As propostas de classificação de seu relevo levam em consideração a distinção de unidades, porém há diferenças entre nomenclaturas, divisão e subdivisão de unidades, tendo em vista suas propostas de mapeamento.

Dentre as propostas de significativa importância para a literatura referente à geomorfologia brasileira, tem-se a classificação do relevo do Estado de São Paulo de Ab'Sáber (1956), mesmo que graficamente generalizada, e não se tenha atualizado a figura com tal proposta. Nela, o autor identifica a região estudada situa-se nas áreas cristalinas de topografia mamelonar, como pode-se observar na Figura 10.

Figura 10 - Proposta de classificação do relevo do Estado de São Paulo, por Ab'Sáber.



Adaptado de: Ab'Sáber, 1956.

O autor caracteriza o setor pela presença de maciços cristalinos antigos formados no pré-cambriano, nas zonas hipsométricas de 600 m a 900 m de altitude, e de 900 m a 2422 m altitude, sendo que no contexto nacional o relevo paulista se configura como uma área de transição entre o Cinturão Orogênico do Atlântico e a Bacia do Paraná e menciona o desenvolvimento de atividades rurais modestas (AB’SÁBER, 1956). Provavelmente o autor refere-se às atividades agropecuárias de pequenos e médios produtores, porém ao longo do tempo grandes produtores também passaram a desenvolver suas atividades, além do aumento da atuação do setor secundário e terciário.

Outra proposta de classificação importante do relevo do Estado é a de Almeida (1974). Conforme tal proposta, a região da área de estudos se encontra na província do Planalto do Atlântico, na zona do Planalto Ibiúna, conforme pode ser observado na Figura 11.

Figura 11 - Proposta de classificação do relevo do Estado de São Paulo, por Almeida.



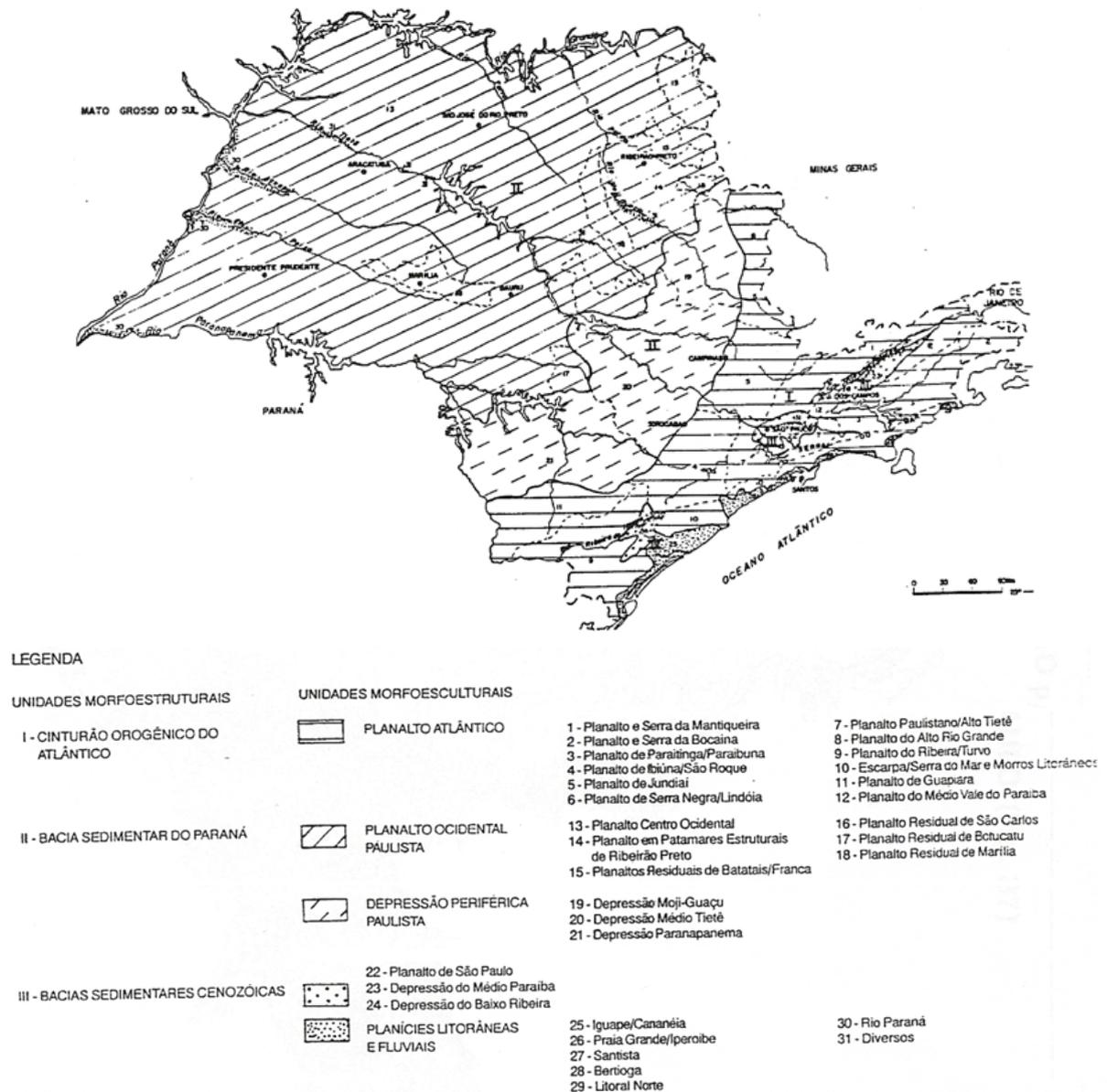
Adaptado de: Almeida, 1974.

O Planalto Ibiúna é descrito pelo autor como uma pequena unidade de relevo, dominada predominantemente pela superfície Japí não deformada. Caracteriza-se como um planalto cristalino maturamente dissecado, com serras que chegam a 1100m de altitude e vales entre 850 a 900 m de altitude, sendo influenciado por superfície de erosão moderna,

apresentando “[...] relevo suave, de morros que mal ultrapassam uma centena de metros de altura, entre os quais se espalham relevos mais salientes, testemunhos da superfície mais antiga.” (ALMEIDA, 1974, p. 52).

Para Ross e Moroz (1997), a região compreende a unidade morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico, na unidade morfoescultural do Planalto Atlântico, mais especificamente no Planalto de Ibiúna/São Roque, como pode ser observado na Figura 12.

Figura 12 - Proposta de classificação do relevo brasileiro, por Ross e Moroz.



Adaptado de: Ross e Moroz, 1997.

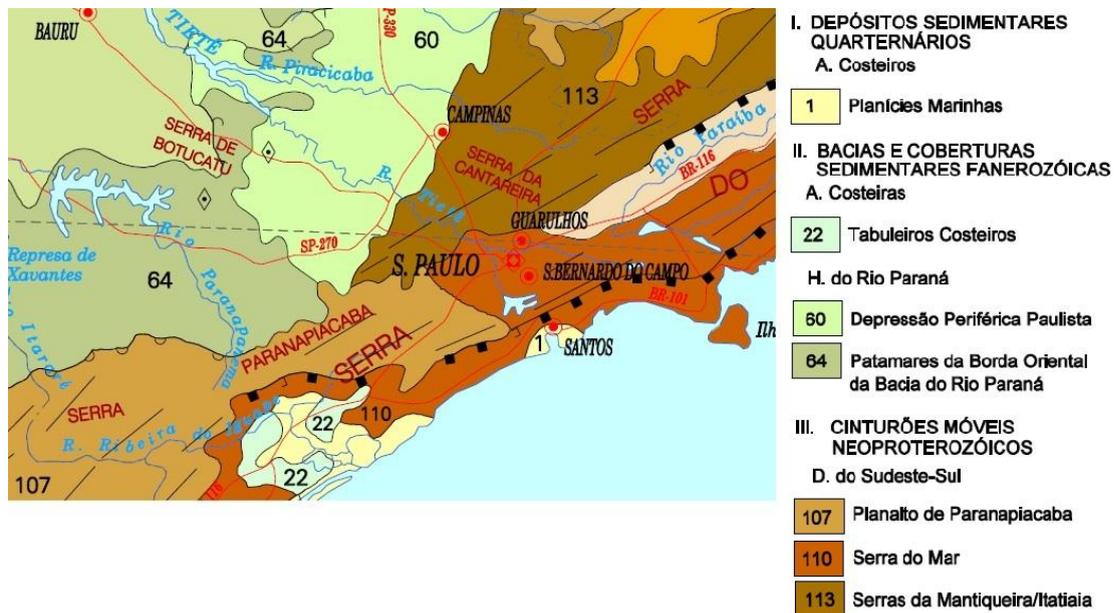
O Cinturão Orogênico do Atlântico foi modelado e remodelado por diversos ciclos de dobramentos, metamorfismos regionais, falhamentos e intrusões, sendo constituído de variedades de gnaisses, complexos graníticos e rochas metamórficas. Os ciclos orogênicos do pré-Cambriano foram intercalados por ciclos erosivos. Do pós-Cretáceo ao Terciário Médio, o processo epirogenético soergueu a Plataforma Sulamericana, reativando falhamentos antigos e produzindo escarpas acentuadas (ROSS; MOROZ, 1997).

Nesse contexto, o Planalto Atlântico é sustentado principalmente por litologias ígneas e metamórficas associadas a intrusões, com morros e serras, topos convexos, vales profundos e alta densidade de canais de drenagem. As altimetrias variam de 500 m a 2000 m, e declividades de 20% a 30%. As variedades fisionômicas regionais permitem delimitar as unidades observadas no mapa (ROSS; MOROZ, 1997).

O Planalto Ibiúna é uma pequena unidade de relevo de embasamento granítico, com topos de cerca de 1100m, fazendo limite ao norte com a zona serrana de São Roque, pela Serra de Taxaquara; ao sul por uma sequência de serras entre 700 e 900m; a leste há um degrau marcadamente acentuado em direção ao Planalto Paulistano; e a oeste a Serra de Paranapiacaba se estende ao sul. No vale do Juquiá chega-se a valores de 200m, nas proximidades da Serra de Paranapiacaba. O relevo é esculpido pelos afluentes do Rio Sorocaba, “[...] que escava uma profunda garganta ao atravessar os granitos da Serra de São Francisco.” (GONTIJO-PASCUTTI et. al., 2012, p. 559).

O “Manual Técnico de Geomorfologia” do IBGE (2009), traz uma proposta de classificação do relevo brasileiro dividida em cinco táxons organizados hierarquicamente, das maiores unidades para as menores. Na Figura 13 podemos observar o recorte da região em que se encontra o município de Ibiúna, conforme o “Mapa de Unidades de Relevo do Brasil” (IBGE, 2006).

Figura 13 - Recorte da proposta de classificação do relevo pelo IBGE, 2006.



Adaptado de: IBGE, 2006.

O primeiro nível se trata dos Domínios Morfoestruturais, que compreendem em Depósitos Sedimentares Quaternários; Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas; Cinturões Móveis Neoproterozóicos; e Crátons Neoproterozóicos (IBGE, 2009). A área estudada encontra-se no Domínio Cinturões Móveis Neoproterozóicos do Sudeste-Sul, tratando-se de áreas compostas por planaltos, alinhamentos serranos e depressões interplanálticas, onde se observam dobras e falhamentos que resultaram em metamorfitos e granitóides (IBGE, 2009).

O segundo nível diz respeito à Região Geomorfológica, que são compartimentos inseridos nos conjuntos litomorfoestruturais; formadas por fatores climáticos pretéritos e atuais; são agrupadas a partir de feições semelhantes de superfícies e fitofisionomias; e se considera sua distribuição espacial e localização geográfica (IBGE, 2009). Nesse contexto, Ibiúna se encontra no Planalto de Paranapiacaba, bem próximo da Depressão Periférica Paulista, como se verifica na Figura 13.

Os demais táxons são definidos na escala local e podem ser descritos através da interpretação de imagens de satélite e trabalho de campo. O nível das Unidades Geomorfológicas é definido pelo arranjo das formas altimétricas e fisionomias semelhantes com origem em fatores paleoclimáticos, litológicos e estruturais como planícies, planaltos,

depressões, serras etc (IBGE, 2009). Além disso, considera-se como referência o comportamento padrão da drenagem e anomalias “(...) à medida que revelam as relações entre os ambientes climáticos atuais ou passados e as condicionantes litológicas ou tectônicas.” (IBGE, 2009, p. 29).

O quarto nível é o dos Modelados, que apresentam definição geométrica similar devido aos processos morfogenéticos e podem ser identificados quatro tipos de modelado: acumulação, aplanamento, dissolução e dissecação. E por fim, as Formas de Relevo Simbolizadas são feições que apenas são representadas por símbolos lineares ou pontuais devido a restrita dimensão espacial (IBGE, 2009).

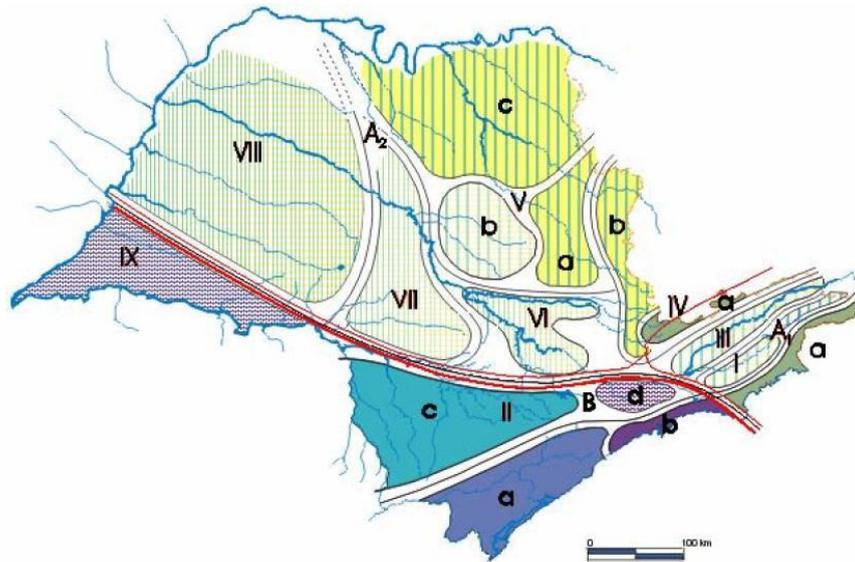
A maior parte do terreno é acidentado e irregular, com declividade superior a 12%, podendo chegar a 100% nas maiores altitudes, fazendo com que as atividades agrícolas locais se desenvolvam em encostas e meia-encostas. Tal fato se dá em função da localização do município na bacia fisiográfica do Paranapiacaba, que apresenta várias serras, como as de São Sebastião; Queimada; Focinho; Abreu; Caucaia do Alto; São Francisco, fazendo limite com o município de Votorantim; o contraforte Serra de Pirapora, que passa por vários bairros e se junta a Serra Grande de Una; Coiote; e do Salto. O ponto mais alto do município está na Serra do Verava, a 1200 m de altitude (IBIÚNA, 2013).

4.1.1.3 Aspectos Climáticos

Considerando a classificação climática proposta por Monteiro (1973), como pode-se observar na Figura 14 a área em questão encontra-se em transição tropical-subtropical, sendo assim, é influenciada por dinâmicas zonais de massas tropicais e polares. Desse modo, a região é reconhecida por clima quente e úmido e subtropical com oscilações sazonais durante o ano.

O clima é um importante fator para a formação do relevo, pois o regime climático, eventos, ou anomalias influenciam na composição dos materiais na superfície; bem como no transporte de sedimentos; nos períodos de estabilidade e movimentação; e na ocorrência e caracterização da vegetação. De acordo com Ab’Sáber (1969) pode-se estabelecer relações entre clima e relevo, devido às influências sobre os processos de erosão, deposição, pedogênese e formação biogeográfica.

Figura 14 - Classificação do clima no Estado de São Paulo, por Monteiro.



Legenda

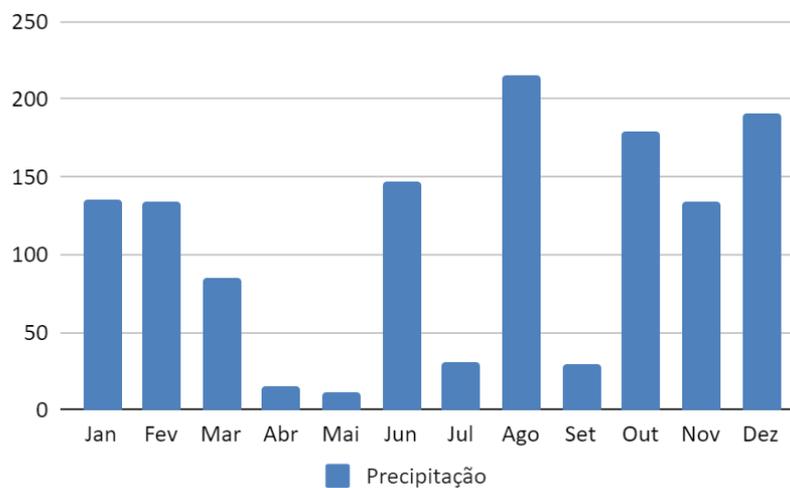
CLIMAS ZONAIS	CLIMAS REGIONAIS	FEIÇÕES CLIMÁTICAS INDIVIDUALIZADAS NOS CLIMAS REGIONAIS, SEGUNDO AS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS					
		LITORAL	PLANALTO ATLÂNTICO	VALE DO PARAÍBA	MANTIQUEIRA	DEPRESSÃO	PLANALTO OCIDENTAL
CONTROLADOS POR MASSAS EQUATORIAIS E TROPICAIS	A1 CLIMAS ÚMIDOS DAS COSTAS EXPOSTAS ÀS MASSAS ANT	NORTE	I BACIA SUPERIOR DO PARAÍBA	III VALE DO PARAÍBA	IV SERRA (Borda do Planalto)		
	A2 CLIMAS TROPICAIS ALTERNADAMENTE SECOS E ÚMIDOS				CONTRAFORTES	V SETOR NORTE	NORTE SERRA DE SÃO CARLOS
CONTROLADOS POR MASSAS TROPICAIS E POLARES	B CLIMAS ÚMIDOS DA FAZCÃO ORIENTAL E SUB-TROPICAL DOS CONTINENTES	CENTRO SUL	II BACIA PAULISTANA			VI "PERCÉE" DO TIETÊ	VII SERRA DE BOTUCATU
			BACIA DO PARANAPANEMA				VIII OESTE

Adaptado de: Monteiro, 1973.

A região é influenciada pelas massas de ar: (1) tropical continental (mTc), quente e seca; (2) tropical do Atlântico Sul (mTa) quente e úmida; e (3) polar atlântica (mPa), fria e úmida. Tais massas expandem-se e contraem com regularidade anual, fazendo com que o clima regional se caracterize pela divisão de duas estações principais, com um período quente e úmido e um período frio e seco (TORRES; MACHADO, 2011).

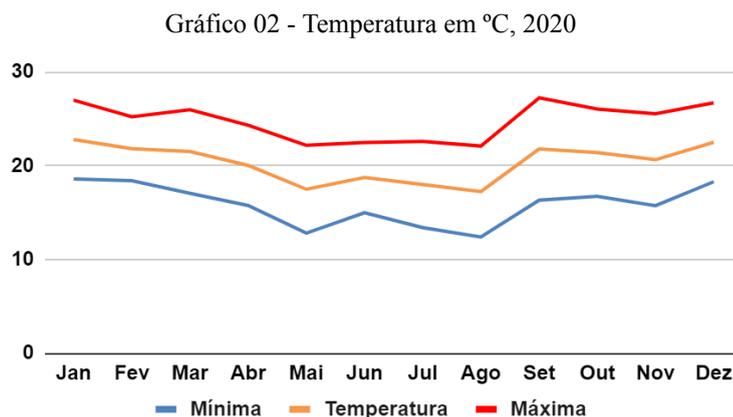
Além disso, por se tratar de um setor de transição tropical-subtropical, durante o ano o clima varia de verão quente e úmido a inverno frio e seco. A maior concentração de precipitações está entre outubro e março e as menores entre abril e setembro. Porém, como podemos observar no Gráfico 1, durante o ano de 2020 houve períodos de chuva fora do contexto acima descrito em junho e agosto, que pode ter ocorrido devido às mudanças climáticas globais, já que a anomalia climática La Niña só entrou em atividade a partir de setembro (G1, 2020).

Gráfico 01 - Precipitação em mm, 2020.



Dados: AGRITEMPO, 2020. Organização: Jocasta Harue Tamataya, 2021.

Durante o inverno as frentes polares expandem-se de maneira a diminuir bruscamente a temperatura e umidade do ar. No município de Ibiúna, o inverno é marcado por temperaturas próximas a 0° C, possivelmente por influência da altimetria elevada, que dificulta a dispersão do ar frio ao entorno; e o verão possui temperaturas amenas, com pouca variação. Contudo, no Gráfico 02 observa-se que as temperaturas mínimas em 2020 se estabeleceram entre 10°C e 20°C, o que também pode ser influência das mudanças climáticas globais.



Dados: AGRITEMPO, 2020. Organização: Jocasta Harue Tamataya, 2021.

Além disso, no que se refere ao balanço hídrico, são registradas altas porcentagens de umidade do ar, de 60% a 90%, chegando a 120% na área serrana (IBIÚNA, 2013). Os altos níveis de umidade do ar possivelmente são provenientes da densa rede de drenagem e da vegetação.

Em relação aos paleoclimas, não houve estudos aprofundados desenvolvidos por esta dissertação, pois demandaria um conjunto de técnicas específicas para tal. No entanto, tendo em vista a perspectiva integradora e sistêmica para o panorama da área, de modo geral é possível levantar algumas hipóteses tendo em vista os cenários discutidos para o sudeste brasileiro, de que durante o Quaternário houve períodos de intercalação entre glaciações, nos quais o clima era mais frio e seco, favorecendo a formação de superfícies pedimentares e depósitos correlativos; e interglaciações, mais quentes e úmidos, que propiciava a dissecação das superfícies e depósitos formados nos períodos de glaciação. Tais alternâncias, em conjunto à configuração resultante dos processos tectônicos pretéritos que influenciaram a formação atual do relevo da bacia em questão.

4.1.1.4 Hidrografia

A Bacia do Sorocabuçu está localizada na UGRHI-10, que se inclui no quinto grupo (Sorocaba/Médio Tietê), abrangendo trinta e quatro municípios. E devido à extensão desta unidade, ainda há a divisão em cinco sub-bacias, das quais, a área estudada se encontra na sub-bacia do Alto Sorocaba (FABH-SMT, 2016).

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) possui a concessão de tratamento e distribuição de água e coleta de esgoto pelo Plano Municipal de Saneamento Básico, estabelecido pela Lei Municipal nº 1.819/2012, porém seus serviços abrangem apenas o perímetro urbano do município. Segundo consta no sítio eletrônico do município de Ibiúna, a gestão da macrodrenagem rural e controle de processos erosivos estão sob responsabilidade da Secretaria da Agricultura do município, porém não há legislação específica para tal (IBIÚNA, 2013).

O Rio Sorocabuçu é um dos principais afluentes do Rio Sorocaba, possui boa vazão, mesmo em períodos do ano de baixa precipitação, entre abril e agosto, servindo para irrigação de lavouras, abastecimento doméstico e criações de animais. As atividades humanas na bacia ocorrem diretamente no entorno da rede de drenagem, devido à necessidade de abastecimento e escoamento de parte do esgoto doméstico e dejetos animais.

Além disso, deve-se salientar que o Rio Sorocabuçu, juntamente com os rios Sorocamirim e Una, contribui para a constituição da Represa Itupararanga, o qual abastece os municípios em seu entorno, Sorocaba, Ibiúna, Mairinque e Votorantim. Assim, por se tratar de uma área que atende a interesses de diversos municípios, pela Lei Estadual nº 10.100/1998 foi instituída a APA Itupararanga, sendo alterada posteriormente pela Lei Estadual nº 11.579/2003, abrangendo as bacias que compõem o Alto Sorocaba, compreendendo os municípios de Ibiúna, São Roque, Mairinque, Alumínio, Vargem Grande Paulista, Cotia, Votorantim e Piedade (SÃO PAULO, 2007).

A área também apresenta potencialidade de água subterrânea, ou seja, existem reservatórios subterrâneos de água, ou aquíferos, caracterizados pela distribuição espacial, parâmetros hidráulicos, circulação da água e condições de armazenamento. Na área do Alto Sorocaba foi identificado o Sistema Aquífero Cristalino, que se trata de um aquífero fraturado e que corresponde às rochas ígneas e metamórficas do embasamento cristalino Pré-Cambriano. As zonas aquíferas são localizadas, com extensão e profundidade ligadas à intensidade dos processos de fraturamento (FABH-SMT, 2016).

Dessa forma, a existência de uma camada de alteração destas rochas que apresenta grande influência na recarga do aquífero e, conseqüentemente no escoamento básico da rede de drenagem superficial.

Observa-se que o comportamento hidráulico de Cristalino está associado às condições de ocorrência de zonas aquíferas associadas ao fraturamento na rocha sã e ao manto de rocha alterada, sendo assim, caracterizado por um aquífero descontínuo

e heterogêneo. A heterogeneidade e anisotropia ocorrem, também, devido ao contraste litológico entre a camada de alteração e a rocha sã, na bacia o aquífero é livre. (FABH-SMT, 2016, p. 26)

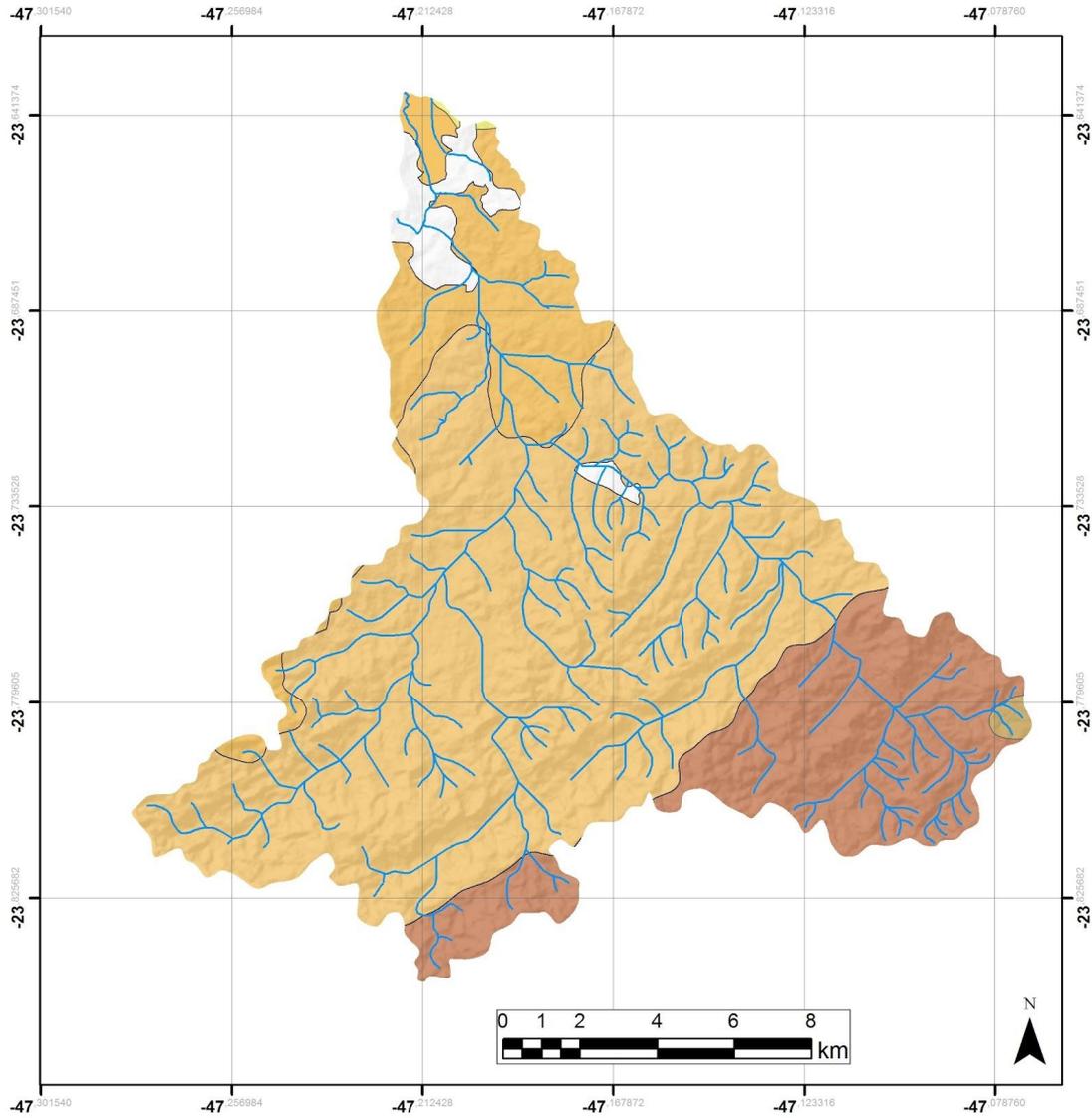
Portanto, é de considerável importância que sejam realizados estudos sobre a dinâmica ambiental da área que contribuam para a sistematização de informações e desenvolvimento do conhecimento científico e que isso sirva de suporte para o planejamento de ações e conscientização, favorecendo tanto a população em geral, como a manutenção dos recursos de que os seres vivos e a sociedade dependem. Em suma, vale ressaltar que a bacia é drenada por três cursos principais, o Rio Sorocabuçu e os ribeirões Paiol Grande e Murundu.

4.1.1.5 Aspectos Pedológicos

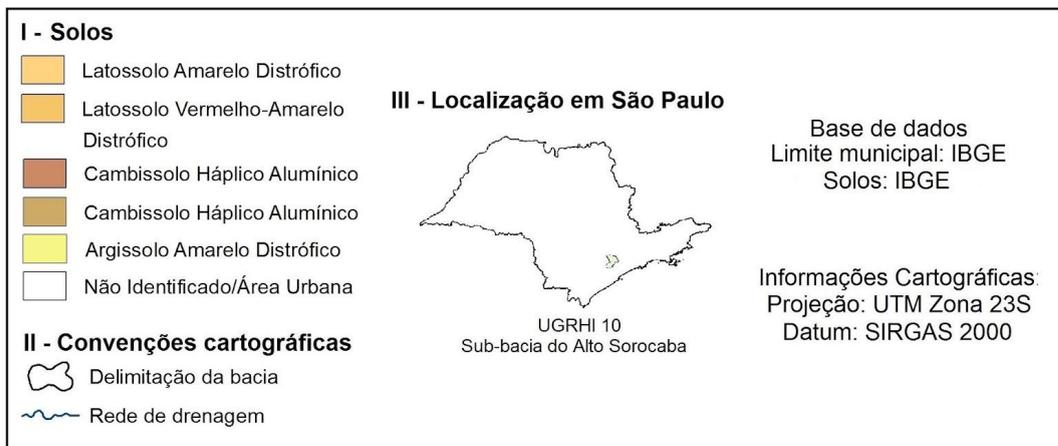
O solo é resultado do processo de pedogênese e sua composição possui material mineral e/ou orgânico não consolidado superficial que serve de base para o desenvolvimento vegetal. Pode ser classificado de acordo com a sua localização e posicionamento no relevo e características físicas, como estrutura, coloração, acidez, textura, granulometria, porosidade e permeabilidade, definição da transição dos horizontes, composição química e outras (IBGE, 2015). Na região onde está inserido o município de Ibiúna, há predominância de Argissolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelhos-Amarelos e Cambissolos, originados principalmente a partir do intemperismo sobre o granito, servindo à densa produção agrícola (ROSS; MOROZ, 1997).

Com relação à caracterização dos solos, sabe-se da dificuldade em encontrar mapeamentos de detalhe. Deste modo, foi inevitável a utilização de dados regionais. O mapa gerado a partir das informações disponibilizadas pelo IBGE (2021), demonstrado na Figura 15 identifica solos regionais, a partir do qual foi inserido o recorte da bacia. É possível identificar Latossolo Amarelo distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, Cambissolos Háplicos alumínicos e Argissolo Amarelo distrófico. Ross e Moroz (1997) mencionam a presença na região de Argissolos Vermelho-Amarelos, Latossolos Vermelho-Amarelos e Cambissolos Háplicos.

Figura 15 - Mapa da Compartimentação Pedológica da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu.



Legenda



Os Latossolos Amarelos se caracterizam como solos profundos, de coloração amarelada, muito homogêneos, de boa drenagem e geralmente de baixa fertilidade natural, mas seu manejo permite a utilização para diversos tipos de lavouras. Os Latossolos Vermelho-Amarelos também são profundos, possuem boa drenagem e baixa fertilidade natural, no entanto há ocorrências de solos eutróficos, com alta fertilidade, sendo diferenciado do primeiro pela coloração (IBGE, 2015).

A profundidade dos Cambissolos varia de rasos a profundos, com drenagem acentuada a imperfeita, podem apresentar horizontes A e B incipientes e são muitas vezes pedregosos, cascalhentos ou rochosos e tem maior ocorrência em regiões serranas ou montanhosas (IBGE, 2015). O mapa apresenta dois tipos de Cambissolos Háplicos Alumínicos, a diferença é que o primeiro, ou de maior extensão inclui em sua área Argissolo Vermelho-Amarelo Alumínico; enquanto o segundo inclui Latossolo Vermelho Distrófico, Latossolo Vermelho-Amarelo Alumínico e Argissolo Vermelho-Amarelo. Também podem ocorrer neossolos fluviais (IBGE, 2021).

Os Argissolos apresentam um aumento de argila do horizonte superficial A para o subsuperficial B, geralmente acompanhado de boa diferenciação também de cores e outras características. A profundidade dos solos pode variar entre pouco profundos e profundos. Assim como os Latossolos, os argissolos são expressivos no Brasil, sendo verificados em praticamente todas as regiões (IBGE, 2015).

De acordo com as informações disponibilizadas no *site* oficial da prefeitura há ocorrência de solo podzolizado com cascalho, que se caracteriza por ser argiloso, pouco profundo, geralmente ácido e rico em matéria orgânica. Do perfil pode-se observar cascalhos de 3 a 5 mm distribuídos, superior a 20% e horizontes bem definidos, podendo ter saturação de base alta ou baixa. Há ocorrência de caulim nos bairros Murundu e Vargedo, com presença de bauxita, mas o mineral extraído é de baixa qualidade (IBIÚNA, 2013).

O termo podzolizado não é mais utilizado, tendo sido substituído por Argissolos. Os Argissolos têm profundidade variável, de pouco profundo a profundo e são caracterizados pelo aumento de argila nos horizontes A e B, tendo boa diferenciação entre os horizontes, sendo o A geralmente mais escuro (IBGE, 2015). Trata-se de um tipo de solo rico em matéria orgânica, não sendo necessário investimento para melhoramento e conservação, indicado para áreas de agricultura familiar, porém devem-se tomar precauções quanto à erosão em relevos

ondulados (8-20% de declive) a fortemente ondulados (20-45% de declive) e quando houver ocorrência de cascalhos e pedras (SOUZA; LOBATO, 2019).

Deve-se considerar que estes levantamentos mencionados foram realizados em escalas regionais. Assim, ao realizar pesquisas de campo é possível encontrar diversos tipos de solo, como por exemplo: Neossolos, de formação recente por material mineral e orgânico pouco espesso, que não apresente horizonte B diagnóstico, sendo encontrados pontualmente em todas as regiões do país e pode-se encontrar em planícies à margem de rios e córregos e em relevos acidentados, como morros e serras; e Gleissolos, caracterizados como solos pastosos e encharcados, próprios de áreas alagadas ou sujeitas a alagamento, sobretudo planícies de inundação, apresentando cor acinzentada, azulada ou esverdeada, com boa fertilidade ou não a depender das condições de drenagem (IBGE, 2015).

4.1.1.6 Aspectos da Vegetação

O município encontra-se no domínio da Mata Atlântica na qual originalmente, a região se caracterizava por floresta ombrófila densa montana e está incluída na Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da Cidade de São Paulo, onde há o predomínio de vegetação secundária em diferentes estágios de regeneração, sendo uma paisagem heterogênea com grande variedade de espécies, além de reflexos do uso da terra resultantes de derrubada da mata para extração de madeira, produção de carvão vegetal e práticas agrícolas (VIDAL et al., 2007).

Segundo o Inventário florestal de 2020 (INSTITUTO FLORESTAL, 2020), a área da UGRHI-10 possui de 20% a 50% de cobertura vegetal nativa, e dentro deste contexto o município de Ibiúna possui mais de 50%, sendo predominante floresta ombrófila densa e floresta pioneira de influência fluvial (Figura 15).

No mapa florestal do município de 2005 (INSTITUTO FLORESTAL, 2005), as áreas de cobertura vegetal correspondem a 53,22% da área total do município, sendo 8,56% de mata; 42,24% de capoeira; 0,2% de vegetação de várzea; e 2,22% de reflorestamento. No levantamento mais recente, de 2020, pouco se detalha sobre o tipo de vegetação, como no mapa de 2005, dando-se maior relevância à área total de cobertura vegetal.

A área de estudo é essencialmente rural com o desenvolvimento de aglomerados em estágio definido como período pré-urbano. De acordo com Nir (1983), este período se

caracteriza pelo desenvolvimento de atividades de construção, ocorrendo aumento de vazão e modificações da composição vegetal. Foram observadas em campo matas secundárias com espécies características da Mata Atlântica, bem como fragmentos de mata primária próximas aos ribeirões e córregos; áreas de plantio de hortaliças; pastos; algumas espécies típicas de áreas de várzea, como taboas; e espécies exóticas introduzidas para fins estéticos.

4.1.2 Aspectos Socioeconômicos

Em 1711, Manoel de Oliveira Carvalho recebeu uma sesmaria de uma légua em quadra para iniciar a colonização e exploração da área. Em 1760, o herdeiro Manoel de Oliveira Costa erigiu a capela sob invocação de Nossa Senhora das Dores, sediando um pequeno vilarejo procurado por tropeiros que se direcionavam para as feiras de Sorocaba. Matheus de Abrão Pereira obteve a capela e as terras, conseguindo a elevação para freguesia em 1811 com o nome de Nossa Senhora das Dores de Una, ou popularmente chamada de Una, fazendo referência ao rio de mesmo nome, através da Resolução Régia ou Alvará de 29 de agosto de 1811, subordinando-a ao município de São Roque. Posteriormente o distrito passa a pertencer a Sorocaba e volta à jurisdição de São Roque; em 1857, foi elevada à categoria de vila, pela Lei Provincial nº 10 /1857, desmembrando-se de São Roque; em 1911 torna-se distrito sede; pelo Decreto Lei Estadual nº 14.334/1944, é adotada a nomenclatura Ibiúna, significa terra escura, e do quadro para vigorar de 1944 a 1948 é constituída como município (IBGE, 2022).

A primeira atividade socioeconômica local foi a agricultura de subsistência; 1857 lavradores iniciaram as atividades de extrativismo vegetal e mineral, voltados para a produção de carvão e madeira de lei, argila e areia. Posteriormente, com a imigração japonesa iniciou-se a produção hortifrutigranjeira, que se tornou a principal atividade econômica do município, incluindo-se ao Cinturão Verde da Grande São Paulo (IBGE, 2022).

A agricultura é a principal atividade econômica do município, principalmente de pequenos e médios produtores, há também estabelecidos comércios na área urbana e indústrias alimentícias. A bacia se encontra na área rural, portanto onde se desenvolvem atividades agrícolas e pontuais criações de animais. Abaixo seguem em forma de quadro síntese dados referentes à economia local (Tabela 01).

Tabela 01 - Síntese de indicadores econômicos.

Indicador (Ano)	Resultados
Renda média mensal (2019)	2,3 salários mínimos
População com renda de até meio salário mínimo per capita (2019)	33,7%
População ocupada (2019)	16,4%
Produto Interno Bruto (PIB) per capita (2019)	R\$ 23.392,98
Receitas oriundas de fontes externas (2015)	68,1%
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) (2010)	0,710
Total de receitas realizadas (2017)	R\$ 199.573,19 (x1000)
Total de despesas empenhadas (2017)	R\$ 184.089,26 (x1000)

Adaptado de: IBGE, 2022.

Mudanças na legislação ambiental ao longo do tempo fizeram com que se substituíssem as atividades ligadas ao extrativismo pelas atividades agrícolas. Além disso, o início de tais práticas no município foi influenciado pelos imigrantes que se instalaram na área. As atividades agrícolas se iniciaram com a chegada de imigrantes portugueses e italianos, porém com a imigração japonesa, no começo dos anos 1930, novas técnicas de plantio e variedades de cultivos foram aplicadas, tornando-se a principal atividade econômica do município e fazendo de Ibiúna o maior celeiro de produção de hortifrutigranjeiros do Estado de São Paulo (IBGE, 2022).

Na Bacia do Sorocabaçu se desenvolvem atividades agrícolas de cultivo temporário, sobretudo de hortaliças e leguminosas; ocupação através de moradias de classe baixa a média na área rural e condomínios de médio e alto padrão; atividades turísticas sobretudo em propriedades privadas; extrativismo mineral de areia; e parte do perímetro urbano do município está estabelecido em sua área.

4.2 MÉTODO

Compreende-se por método o embasamento teórico e filosófico que deve servir de suporte para a interpretação dos fatos a serem observados. Segundo Marconi e Lakatos (2017), método é o conjunto de atividades sistemáticas e racionais que com segurança e economia permitem a produção de conhecimento científico válido, detectar erros e auxiliar nas decisões de quem desenvolve a pesquisa.

A presente dissertação de mestrado é orientada pela abordagem sistêmica. O termo sistema é amplamente utilizado pela sociedade contemporânea, em diversas ciências,

sobretudo nas que se dedicam ao desenvolvimento de tecnologias. Porém, o “enfoque sistêmico” trata-se de uma transformação nas categorias básicas de pensamento necessário, devido à demanda em se lidar com complexos, “totalidades”, ou “sistemas” (BERTALANFFY, 1973).

Um sistema é um complexo de interações e os estudos que pretendem levantar tal abordagem deve identificar propriedades, princípios e leis dos sistemas em geral, podendo-se analisar elementos de qualquer natureza, relações ou forças envolvidas. Dentro da hierarquia dos sistemas a Geomorfologia se encaixa em sistemas abertos, que se trata da “expansão da teoria física e sistemas que se mantêm em fluxo de matéria” (BERTALANFFY, 1973, p. 52).

A unidade básica de um sistema é o elemento, que se relaciona com todos os demais elementos. A estrutura é definida conforme o tamanho, ou número de variáveis inter-relacionadas entre si; a correlação, ou as relações entre as variáveis; e a causalidade, entre a variável independente e a dependente que é controlada e modificada pelas alterações que a primeira sofre. Além de se considerar sua composição, como a matéria mobilizada, a energia que mantém o sistema em funcionamento, a estrutura dos arranjos e relações, deve-se levar em conta as diferentes possibilidades de acordo com a escala de análise (CHRISTOFOLETTI, 1980; BERTALANFFY, 1973).

Além disso, os sistemas são classificados de acordo com o critério funcional ou pela complexidade estrutural, podendo ser: (1) isolado, que não sofre perda e recepção de matéria e nem energia; (2) não-isolado e fechado, apenas com troca de energia, ou aberto com troca de energia e matéria; (3) sistema morfológico, se tratando apenas da associação das propriedades físicas do fenômeno, podendo ser isolado, fechado ou aberto; (4) sistema em sequência, que são cadeias de subsistemas, que se relacionam pela troca de energia e matéria; (5) sistema de processos-respostas, que é a combinação dos dois últimos sistemas citados; e (6) sistemas controlados, que passam pela ação antrópica sobre os sistemas processos-respostas (BERTALANFFY, 1973). Pode-se observar tal classificação na Figura 16.

Figura 16 - Classificação dos sistemas.



Adaptado de: Christofolletti, 1980.

Na Geografia brasileira a Teoria Geral dos Sistemas foi difundida por Antônio Christofolletti. De acordo com o autor, o sistema é um conjunto de elementos, das relações entre si e seus atributos. Cada sistema está inserido num conjunto maior chamado de universo que abrange fenômenos e eventos que influem e são influenciados pelos sistemas particulares. Na Geomorfologia foi introduzida por Strahler, recebendo posteriormente contribuições importantes de John T. Hack, Richard J. Chorley e Alan D. Howard. Nos estudos ambientais propõe-se analisar não apenas os elementos que compõem a paisagem, mas também as relações e os processos que constroem o espaço de maneira dinâmica e integrada (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Considera-se que o sistema geomorfológico resulta da relação com outros sistemas do mesmo universo, ou seja, é um sistema aberto, sendo antecedido e constituído pelos sistemas climático, biogeográfico, geológico e antrópico, seus controladores mais importantes, sendo que essa perspectiva integradora influenciou a leitura sobre a paisagem da bacia pesquisada. Além disso, quando um sistema alcança o ajustamento das variáveis internas e externas, chega-se ao estado de equilíbrio, que no contexto da Geomorfologia

[...] significa que as formas e os seus atributos apresentam valores dimensionais de acordo com as influências exercidas pelo *ambiente*, que controla a qualidade e a quantidade de matéria e energia a fluir pelo sistema. Quando as condições externas permanecem imutáveis, o equilíbrio dinâmico pode chegar ao estado que melhor

exprima a organização interna em função das referidas características exteriores. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 7, grifo do autor)

Paralelamente, no centro e leste da Europa e na América do Norte começaram a sistematizar os conhecimentos geomorfológicos e formalizar bases conceituais, cada qual com seus seguidores e interferências uma sobre a outra até o período pós-guerra mundial em que se buscou elaborar conceitos mais globais, ressaltando os aspectos das geociências. No Brasil, até meados dos anos 1950 a maior parte da produção científica se baseou na escola anglo-americana, mas após o Congresso de Geografia do Rio de Janeiro foram incorporadas propostas germânicas, e na mesma época também as propostas francesas (ABREU, 1983).

O estudo do relevo passou por mudanças teóricas significativas ao longo do tempo, evidenciadas pela ausência de sistemática unânime de trabalho, dada a significativa gama de pesquisas e procedimentos metodológicos. No Brasil, os trabalhos recebem grande influência da escola francesa de Geografia, sendo as principais linhas de análise: (1) caráter empírico, na qual se faz a observação sistemática dos elementos da paisagem e descrição para interpretação da gênese, também sendo indispensáveis para a de caráter experimental; e (2) caráter experimental, em que se realiza análise em laboratório para comprovação de fatos e dados qualitativos e interpretação dos mesmos. O objetivo e objeto de pesquisa devem ser escolhidos previamente, considerando questões logísticas e as possibilidades de se efetuar o trabalho (ROSS, 2005).

A proposta de Ross (1992) para classificação do relevo tem fundamentação em Walter Penck, o qual a partir de estudos publicados em 1953, considera as forças motoras pretéritas e presentes como geradores do relevo. Tais forças são provenientes dos (1) processos endógenos, que ocorrem no interior da crosta terrestre, tratada como teoria da tectônica de placas; e dos (2) processos exógenos, relacionados à ação climática, fator que influencia a erosão e deposição. Considerando tais processos se propôs os conceitos de morfoestrutural e morfoescultural, baseando-se em Guerasimov e Mescerjakov em trabalho sobre aspectos morfoestruturais publicado em 1968. Utilizando estes conceitos, Ross (1992) propõe classificar as formas de relevo de maneira sistêmica e hierárquica, partindo das grandes estruturas, caracterizando os padrões e as formas de relevo, forma das vertentes e os processos atuais.

A análise hidrogeomorfológica é a união da Hidrologia e Geomorfologia, tendo em consideração a influência da água sobre a esculturação do relevo, porém tal conjunção ainda é pouco clara nos trabalhos já realizados (GOERL et al., 2012). E por se tratar de uma análise no contexto ambiental, mesmo não aprofundando essa proposta teórica da Hidrogeomorfologia na dissertação, alguns de suas abordagens inspiraram o trabalho, pois procurou-se observar as interações entre os processos de evolução do meio físico-natural e as ações antrópicas considerando a bacia hidrográfica como escala de análise, pois a partir dela é possível fazer conexões entre as relações desses fatores de forma sistêmica.

4.3 METODOLOGIA

Entende-se por metodologia o conjunto de técnicas e procedimentos a serem aplicados para a análise da proposta, que estejam em consonância com o método e os objetivos geral e específicos do trabalho. De acordo com, Marconi e Lakatos (2017), a metodologia deve responder como, com o quê, onde e quando será realizada a pesquisa, devendo abranger a abordagem, procedimentos, técnicas, delimitação do universo e tipo de amostragem a depender do tipo de trabalho a ser desenvolvido.

Procurou-se realizar uma análise integrada dos elementos geomorfológicos e hídricos perante os impactos ambientais da ação antrópica em áreas rurais. Desse modo, será utilizada uma abordagem sistêmica dentro da perspectiva geográfica, analisando os elementos da paisagem rural. E por se tratar de uma análise no contexto ambiental, adotou-se a bacia hidrográfica como unidade de análise, pois a partir dela é possível observar conexões entre os fatores de forma sistêmica.

Dos procedimentos metodológicos espera-se realizar abordagens que visam a realização de análise e diagnóstico de condições e impactos ambientais, identificando e caracterizando a área, os fatos e processos que ocorrem na bacia em questão. Dessa forma, se adotará os procedimentos descritos a seguir.

1) Revisão Bibliográfica e Organização de Documentos Cartográficos: consulta de livros, dissertações, artigos, relatórios de órgãos públicos a fim de obter respaldo teórico sobre o tema, caracterizar a área de estudo, apontar os processos atuais e tecer relações entre os elementos e processos do meio. Nessa etapa também houve a organização de mapas

pré-existentes, e que pudessem contribuir para a compreensão do panorama ambiental da região, como aqueles produzidos por outros trabalhos acadêmicos, instituições e ONGs.

2) Mapeamento e Caracterização Geomorfológica: para esta etapa foram selecionadas duas abordagens de análise geomorfológica. A primeira é a proposta de Ab'Sáber (1969), com a análise em três níveis: compartimentação topográfica, estrutura superficial e fisiologia da paisagem e a segunda, de Ross (1992), propõe a classificação do relevo em táxons. Considera-se que o presente trabalho tenha alcançado o levantamento de informações sobre o 1º e 3º nível de abordagem da primeira proposta, sendo o 2º nível passível de estudos e complementações futuras. Também foram elaborados os seguintes produtos para caracterização geomorfológica e sistematização no mapa de unidades do relevo, principal documento dessa etapa:

- **Mapa Hipsométrico:** apresenta as formas do relevo através de cores graduais, que representam as variações das altitudes, de uma perspectiva perpendicular superior. Para tal, foram utilizadas informações de imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) como base, das quais serão filtradas e tratadas no *software* ArcGIS 10.5.

- **Mapa de Declividade:** apresenta e classifica os níveis de declividade do terreno em porcentagens. Para a elaboração deste foi utilizada a ferramenta *3D Analyst Tools/Slope* do *software* ArcGIS 10.5, tendo como base imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Para a classificação dos níveis de declividade do relevo considerou-se a metodologia proposta por De Biase (1970) e adequações baseadas em Ramalho-Filho & Beek (1995).

- **Mapa de unidades de relevo:** Para o mapeamento das unidades de relevo, optou-se pela delimitação manual a partir da imagem hillshade, modelos tridimensionais e índice de rugosidade do relevo, produzidos a partir de imagem SRTM. O enfoque foi dado à análise do terceiro táxon da classificação de relevo de Ross (1992), com o mapeamento propriamente dito orientado com base nos procedimentos técnico-operacionais propostos pelo IBGE (2009) em seu Manual Técnico de Geomorfologia, valendo-se assim, dos princípios básicos de fotointerpretação para a definição das unidades propostas, bem como diversos trabalhos de campo realizados ao longo da bacia para checagem dos resultados. O mapa de índice de rugosidade do relevo, no qual a classificação das unidades se embasou para a delimitação supervisionada do mapa de unidades, foi embasada na metodologia proposta por Sampaio e Augustin (2014) a partir da distribuição e recorrência de declividades.

- **Organização do mapa geológico:** foram utilizados os dados do mapa geológico do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2006), cuja classificação litológica foi definida de acordo com CPRM, em escala de 1:750.000.

3) Análise da Rede de drenagem: a análise da rede de drenagem da bacia hidrográfica foi realizada a partir da análise de seu padrão, a identificação de algumas anomalias e também a partir do mapa de densidade. A densidade de drenagem é influenciada por fatores como litologia, clima, solo, relevo, vegetação e ação humana e a partir desse instrumento pode-se analisar a dissecação da superfície e o potencial de erosão.

4) Trabalhos de Campos: tendo em vista a importância do reconhecimento da área, dos impactos ambientais e questões práticas que podem não estar descritos na literatura. Para a realização dos trabalhos de campo foram escolhidos pontos-chave por bairros, conforme aspectos que sejam relevantes para a análise da situação ambiental. Os impactos ambientais observados se relacionam com atividades de ocupação, que nas áreas rurais muitas vezes ocorrem de maneira irregular que levam à supressão vegetal, ocupação de margens, construção de poços e fossas; e atividades econômicas, sobretudo cultivo temporário e pastoreio que acarretam também na supressão vegetal, poluição do solo e das águas, potencializando os processos de erosão e assoreamento, perda de solo, alteração da vazão da rede de drenagem.

5) Análise da Situação Ambiental da Bacia: Nesta etapa foi realizada a integração dos dados obtidos e identificados os principais impactos e riscos ambientais em relação a degradação do curso fluvial e da água.

- **Análise de qualidade da água:** a análise foi efetuada a partir do uso de medidores multiparâmetros portáteis (AK103, AK 83 e AZ 8306), sendo a coleta realizada em pontos considerados estratégicos tendo em vista características ambientais da ocupação, áreas de cultivo agrícola, risco de erosão e assoreamento. Os parâmetros de temperatura e pH foram mensurados em campo, no momento da coleta, e as demais medidas, como oxiredução, condutividade e oxigênio dissolvido (OD), foram feitas em gabinete. A análise e interpretação desses parâmetros foram feitas baseando-se na metodologia desses autores, bem como de Piasentin (2009), Queiroz (2003) e das resoluções do CONAMA.

-Análise de imagens de satélites e uso do solo: antes da realização dos trabalhos de campo, utilizou-se imagens disponíveis no Google Earth Pro para identificar as áreas consideradas mais relevantes, além de se obter uma perspectiva geral da bacia hidrográfica. Além disso, a análise do uso e ocupação da terra e o mapa com os resultados foi realizada com base numa imagem Sentinel-2 de 07 de novembro de 2021, com resolução de 10m e combinação de bandas de cor verdadeira RGB 04/03/02. As imagens foram processadas através do *software* eCognition e edições complementares no ArcGIS. Uma forma de validação dos dados relacionados ao mapa de uso do solo, além do uso do Google Earth e trabalhos de campo, também foi a consulta ao trabalho de Costa (2020), que realizou mapeamento do uso do solo na mesma bacia hidrográfica para os anos de 2010 e 2019.

-Análise histórica do processo de ocupação da área: a ação antrópica interfere diretamente no ambiente e pode ser entendida como um fator de grande influência no relevo e na rede de drenagem, bem como para outros elementos da natureza que compõem o meio. Portanto, analisou-se como se deu a ocupação, permitindo compreender o histórico dos impactos ambientais e como se imprimem na paisagem. Nesta etapa se utilizou consultas bibliográficas e entrevistas não-estruturadas a partir de diálogos com cinco moradores da bacia com 50 anos de idade ou mais, abordando sobre as mudanças nas atividades econômicas ocorridas na área, sobretudo a partir da metade da década de 1950.

-Levantamento dos impactos ambientais encontrados na área: ao tomar a escala da bacia hidrográfica como unidade de análise, buscou-se obter uma perspectiva integrada, sendo que poluição, desmatamento, erosão e assoreamento são problemas ambientais que relacionam de forma intrínseca relevo e água através de um quadro. Os conceitos e tipologias dos impactos ambientais foram baseados na Resolução CONAMA nº1/1986.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados serão apresentados de forma a demonstrar as verificações de dados empíricos, documentos cartográficos e análises realizadas, sendo estas informações analisadas considerando os objetivos e a base teórica a qual se orientou. Para melhor compreensão do contexto geomorfológico e ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, o capítulo está dividido em três subitens: (1) análise geomorfológica; (2) aspectos hidrográficos e qualidade da água; e (3) análise ambiental.

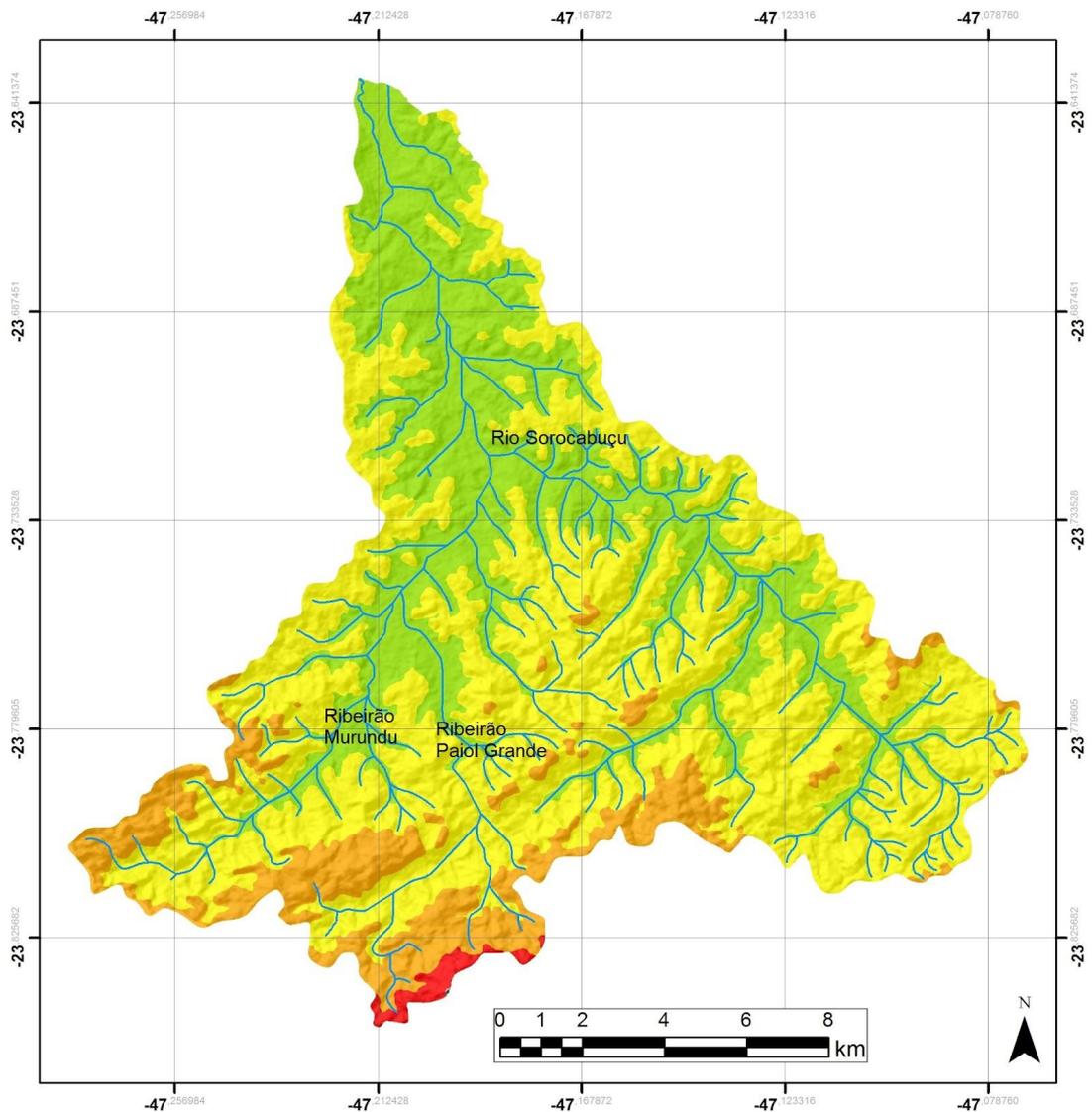
5.1 ANÁLISE GEOMORFOLÓGICA

Num contexto de caracterização ambiental, analisar os aspectos geomorfológicos, ou seja, as formas e processos relacionados à dinâmica do relevo constitui uma etapa necessária para compreender as relações de apropriação dos recursos naturais e como as diferentes atividades da sociedade interferem sobre o meio.

Pode-se verificar que na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu as formas e as unidades do relevo sofrem influência de um conjunto de agentes como da rede de drenagem a partir dos processos de dissecação da paisagem e deposição de sedimentos, das características climáticas atuais e subatuais, e de processos tectônicos, predominantemente pretéritos que produziram falhas, falhamentos e dobramentos, cujas estruturas ainda influenciam na compartimentação do relevo. Além disso, a própria orientação da rede de drenagem também é influenciada pelas formas de relevo resultantes desse contexto morfoestrutural. Os principais trends de lineamentos da área estão orientados à NE, bem como grande parte das zonas de cisalhamento do sudeste brasileiro (HASUI et al. 1975). Trata-se de falhamentos em rochas graníticas, pré-cambrianas, provenientes do Ciclo Brasileiro II, mas que podem ter sofrido reativações nos eventos de abertura do Atlântico (Jura/Cretáceo) e das falhas Neotectônicas do Mioceno (HASUI, 2010).

O mapa hipsométrico (Figura 17) possibilitou a identificação preliminar de diferenciações entre padrões de relevo a partir das classes altimétricas, contribuindo para a identificação das unidades geomorfológicas. A área de estudos encontra-se em altitudes elevadas, entre 800 m e 1218 m, sendo que as maiores amplitudes de altitude ocorrem no setor da alta bacia, enquanto nas média e baixa bacia as variações são menores.

Figura 17 – Mapa Hisométrico da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu, Ibiúna – SP.



Legenda

I - Classes hipsométricas II - Convenções cartográficas III - Localização em São Paulo

Altitude em metros

- > 1210
- 1000 - 1100
- 900 - 1000
- 800 - 900

-  Delimitação da bacia
-  Rede de drenagem



UGRHI 10
Sub-bacia do Alto Sorocaba

Base de dados
Limite municipal: IBGE
Altimetria: SRTM

Informações Cartográficas:
Projeção: UTM Zona 23S
Datum: SIRGAS 2000

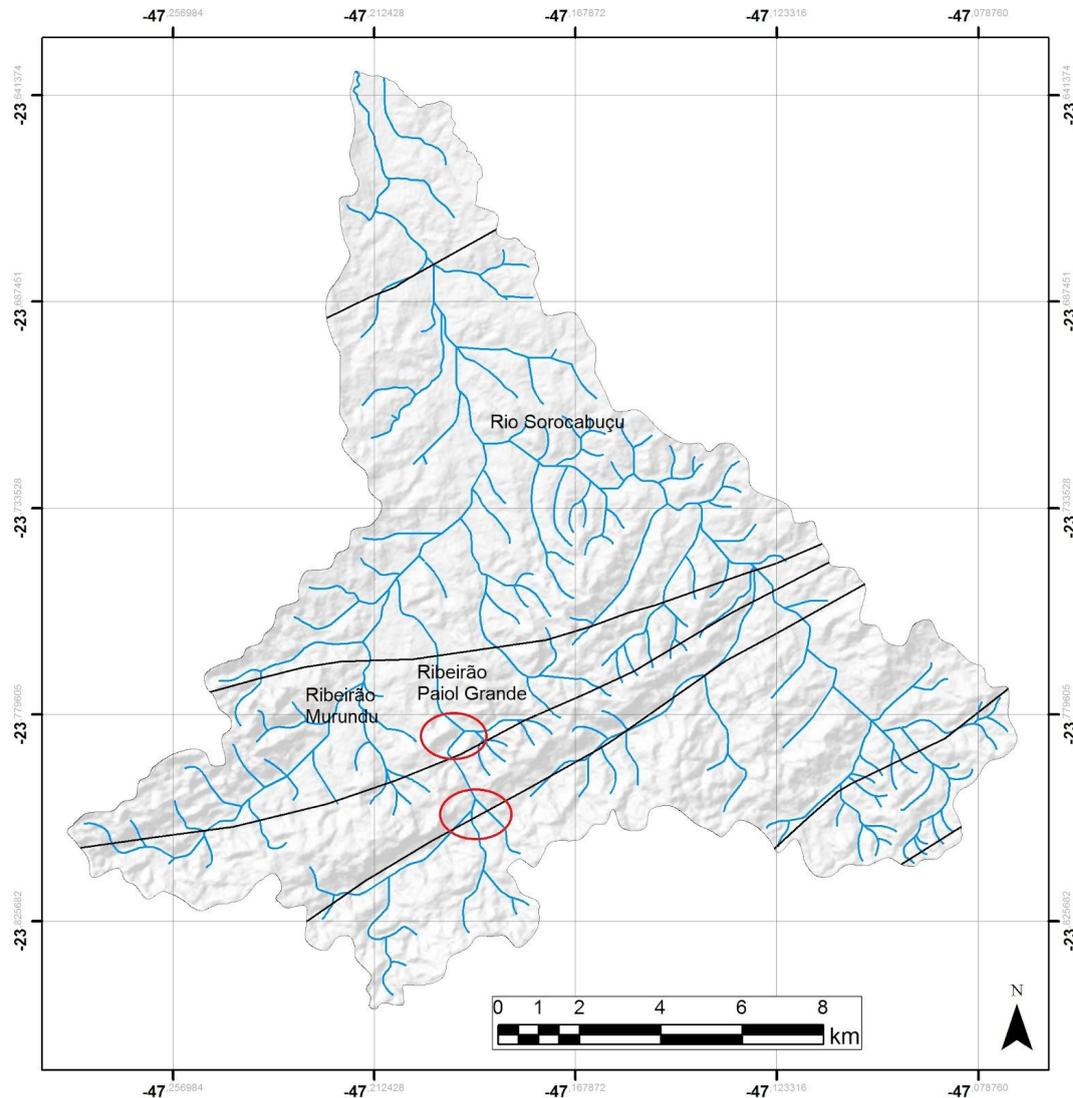
Em relação às constatações sobre as diferenciações das formas de relevo e das características da rede de drenagem da montante à jusante da bacia, observa-se os aspectos relacionados ao entalhamento do canal fluvial, a formação de rupturas topográficas e o volume de sedimentação transportada ao longo da bacia hidrográfica.

À medida que a ordem dos canais aumenta, para jusante, em direção à foz (ou ao exutório da bacia), há uma tendência de diminuição das declividades, caracterizando uma área de menor velocidade do fluxo, onde ocorre a deposição dos sedimentos trazidos do trecho superior. As vazões tendem a ser mais uniformes e as águas mais turvas, em razão dos sedimentos finos que são transportados. (MACHADO; TORRES, 2012, p. 56)

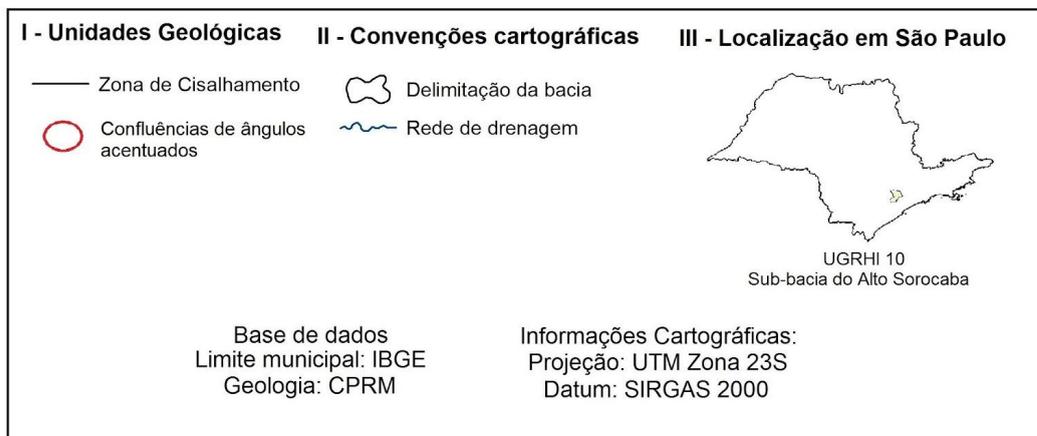
Pode-se observar também que os vales de forma geral são assimétricos, o que pode ser reflexo dos trends de lineamentos presentes na zona de cisalhamento, além de contatos litológicos. Além disso, verificam-se cotovelos e confluências em ângulos acentuados (Figura 18) que podem ter sido influenciados pelos mesmos fenômenos.

A ocorrência de ângulos acentuados em áreas que não são comuns, ou seja, configurando-se em anomalias podem estar relacionados à captura fluvial. Este desvio de uma bacia hidrográfica a outra promove a expansão de uma drenagem em detrimento da vizinha (CHRISTOFOLETTI, 1977). Estas capturas podem ser evidenciadas a partir da análise da composição material e idade dos depósitos dos terraços e planícies, constatando a ocorrência de paleodrenagens (BISHOP, 1982).

Figura 18 – Confluências de ângulos acentuados no Ribeirão Paiol Grande, Ibiúna – SP.



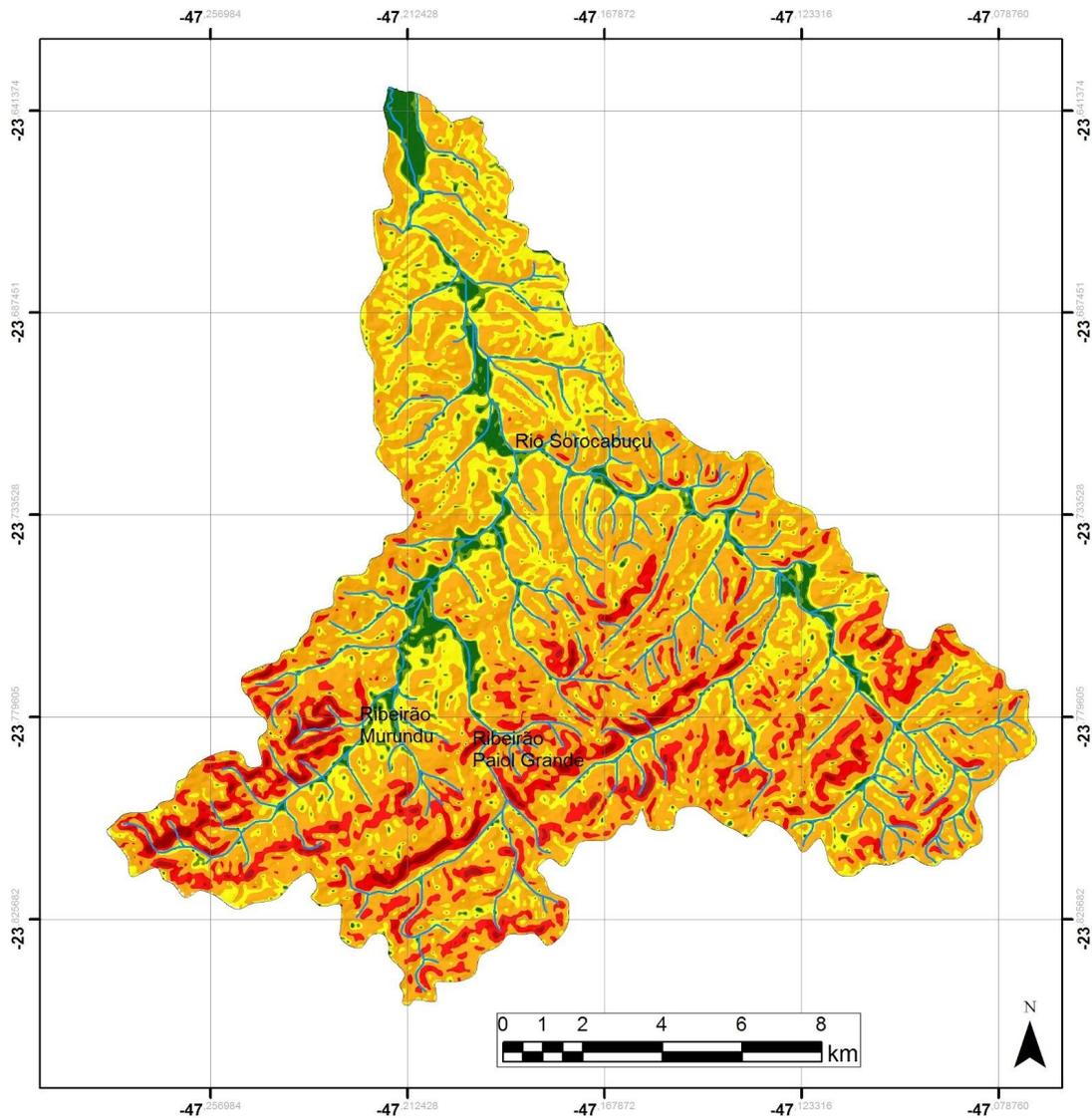
Legenda



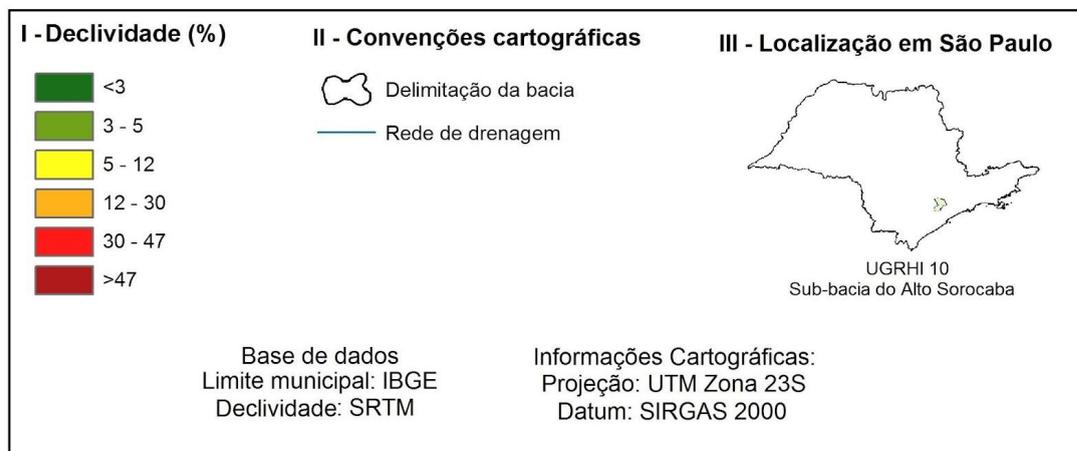
Com a elaboração de mapas temáticos para a pesquisa, verificou-se a necessidade de contextualizar a dinâmica hidrogeomorfológica, além de relacionar as informações com as observações de campo. Nesse sentido, o mapa de declividade (Figura 19), contribuiu para a compreensão das feições de relevo encontradas na bacia, demonstrando predominância de classes de declividade acima de 12%, sendo que a partir da realização de observações é possível ainda fazer apontamentos com relação ao uso do solo, e como as práticas agrícolas podem em algumas situações não considerar as limitações impostas pela declividade. Assim como o mapa hipsométrico, o mapa de declividades também foi levado em consideração para a elaboração do mapa de unidades de relevo.

Os maiores níveis de declividade concentram-se à montante, enquanto que conforme se avança para a média bacia, surgem as planícies fluviais mais desenvolvidas, bem como interflúvios de com declividades mais tênues (5-12%) no setor da baixa bacia. Pode-se estabelecer relações com o uso e ocupação do solo, pois como já observado, os locais mais íngremes tendem a passar por menos intervenção humana, até em função da dificuldade de uso de maquinário agrícola, sendo essa ocupação se concentrando nas planícies e encostas menos inclinadas, embora no bairro Murundu se observe cultivos em locais de alta declividade.

Figura 19 – Mapa de Declividade da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, Ibiúna – SP.



Legenda



Conforme a proposta de análise do relevo de Ab'Sáber (1969) em três níveis, ao primeiro nível Ibiúna localiza-se nas Serras e Planaltos do Leste e Sudeste, na transição entre o Planalto Ibiúna/São Roque e as Escarpas da Serra de Paranapiacaba. Evolução marcada pela atuação de forças endógenas e aspectos tectonoestruturais que dão sustentação e orientação ao relevo.

No segundo nível, a estrutura superficial é constituída de colúvios e outros de depósitos cenozoicos, cascalheiras, planícies de inundação, depósitos aluviais atuais que influenciam a geometria das encostas.

Com relação ao terceiro nível, a sedimentação da cobertura, seja de regolito ou de rampa de colúvio, é favorecida por se tratar de um ambiente de clima quente e úmido dentro de uma área de transição subtropical-tropical. Enfoque nesse nível das forças exógenas que moldam dissecando e tornando a cobertura superficial propensa à erosão, devido ao clima quente e úmido e a rede de drenagem, que esculpem a paisagem. Evidentemente, maiores estudos devem ser realizados para que esse nível de abordagem relacionado aos paleoclimas e sua influência na dinâmica ambiental regional, a qual não foi possível avançar nesse trabalho.

Sobre as derivações antropogenéticas sobre o relevo e o solo, verifica-se que, em diferentes intensidades, a ação antrópica altera a paisagem a partir do uso do solo principalmente para agricultura e habitação, mas também por atividades de turismo e mineração, ainda que com menor impacto no território da bacia em estudo. O Quadro 01 traz organizada a descrição acima.

Quadro 01 - Níveis de classificação do relevo, segundo Ab'Sáber (1969).

Nível	Características	Exemplificação
Compartimentação topográfica	Domínio morfológico	Aspectos litoestruturais influenciando a compartimentação do relevo regional, como as Serras e Planaltos do Leste e Sudeste, na transição entre Planalto Ibiúna/São Roque e Escarpas da Serra de Paranapiacaba
Estrutura superficial	Depósitos correlativos	Influência de paleoclimas geometria das encostas, formação de colúvio, e outros depósitos cenozóicos, cascalheiras, planícies de inundação, depósitos aluviais atuais
Fisiologia da paisagem	Processos atuais	Retirada da vegetação, ravinamento das encostas, movimentos de massa, erosão e exposição do solo e assoreamento

Organização: Jocasta Harue Tamataya, 2022.

Segundo a proposta de classificação do relevo de Ross (1992), a Bacia do Rio Sorocabuçu encontra-se na unidade morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico. O segundo táxon é definido pelas unidades morfoesculturais “[...] geradas pela ação climática ao longo do tempo geológico, no seio da morfoestrutura” (ROSS, 1992, p. 19), onde se analisa como o relevo se apresenta aos processos endógenos. Diante dessa proposta de classificação, nesse táxon a área de estudos está localizada sobre o Planalto do Atlântico.

Aprofundando o detalhamento dessa taxonomia tem-se o terceiro, o qual trata das Unidades Padrões e Formas Semelhantes do Relevo, ou Padrões de Tipos de Relevo, em que se nota melhor os fatores morfoclimáticos, classificando-se as diferenças na aparência, como formato dos topos, vertentes e vales e padrões existentes. Na bacia do Sorocabuçu podem-se observar padrões em formas colinares e em morros.

O quarto táxon, relacionado às Formas de Relevo Semelhantes analisadas de modo individualizado das quais se podem verificar áreas que remetem a presença de formas com topos convexizados no caso das colinas e formas de topos mais restritos e aguçados associadas a morros. Com relação aos vales, há ocorrência de vales mais dissecados com perfil transversal em forma de “V” na alta bacia e vales com fundo colmatados, de planícies mais desenvolvidas na média e baixa bacia.

O quinto táxon refere-se aos tipos de vertente e suas características geométricas, genéticas e tipos gerais e para a área de estudos ocorrem vertentes retilíneas e convexas com distribuição influenciada pela declividade da área.

Já o sexto táxon, que corresponde “[...] as formas menores produzidas pelos processos erosivos atuais ou por depósitos atuais” (ROSS, 1992, p. 20), dos quais podem ser verificados registros de erosão fluvial e movimentos de massa. Parte desses processos é influenciada pelo uso e ocupação da área, principalmente do modelo de uso agrícola. O solo é utilizado principalmente para horticultura em locais de alta declividade e dissecação, o que favorece os processos erosivos e o escoamento superficial (MANFRÉ; SILVA; URBAN, 2010).

De modo geral, no Alto Sorocabuçu a dissecação da topografia é a característica predominante, com maior acentuação na área à sudeste, próximas a Serra de Paranapiacaba. Observa-se que de certa maneira a porção norte também apresenta de certo modo essa característica uma vez que possui pelo menos duas compartimentações de relevo distintas,

onde a unidade localizada a leste apresenta maior declividade, a qual pode ser ilustrada pela Figura 20, que apresenta ao fundo morros e encostas de declividade significativa.

Figura 20 - Mosaico do bairro Murundu, alta bacia.



Autora: Jocasta Harue Tamataya, jun. de 2018.

Outra forma de analisar o contexto geomorfológico tendo em vista a bacia hidrográfica como unidade de análise consiste em organizá-la em uma descrição dos setores, em alta, média e baixa. Assim apresenta-se a seguir uma síntese tendo em vista essa organização. O relevo na alta bacia possui declividades acentuadas, com vertentes retilíneas a convexas e topos por volta de 900 m a 1000 m de altitude. Devido aos níveis de declividade, as atividades agrícolas desenvolvem-se principalmente entre a média e baixa vertentes, sendo que a própria dificuldade de mecanização resulta em topos com vegetação preservada. Por se tratar de uma área com maior grau de entalhamento do relevo, caracteriza-se também pela alta densidade de drenagem. Foram observados morros com topos restritos, vertentes retilíneas a convexas, e planícies pouco extensas, formando vales em “V”.

No caso do segundo compartimento reconhecido em campo, a norte próximo a confluência Paiol Grande-Sorocabuçu, as declividades são menos acentuadas, como se apresenta na Figura 21.

Na média e baixa bacia verificam-se formas do relevo suavizadas, com vertentes retilíneas a convexas e topos com aproximadamente 800m de altitude, o que facilita o desenvolvimento agrícola, havendo assim intervenções antrópicas em quase todo o setor, desde os topos até as planícies. Em suma, observaram-se colinas e morrotes com topos alongados, vertentes retilíneas e planícies extensas, formando vales com fundo chato.

Figura 21 - Vale da Bacia do Paiol Grande, próximo ao bairro Gabriel.



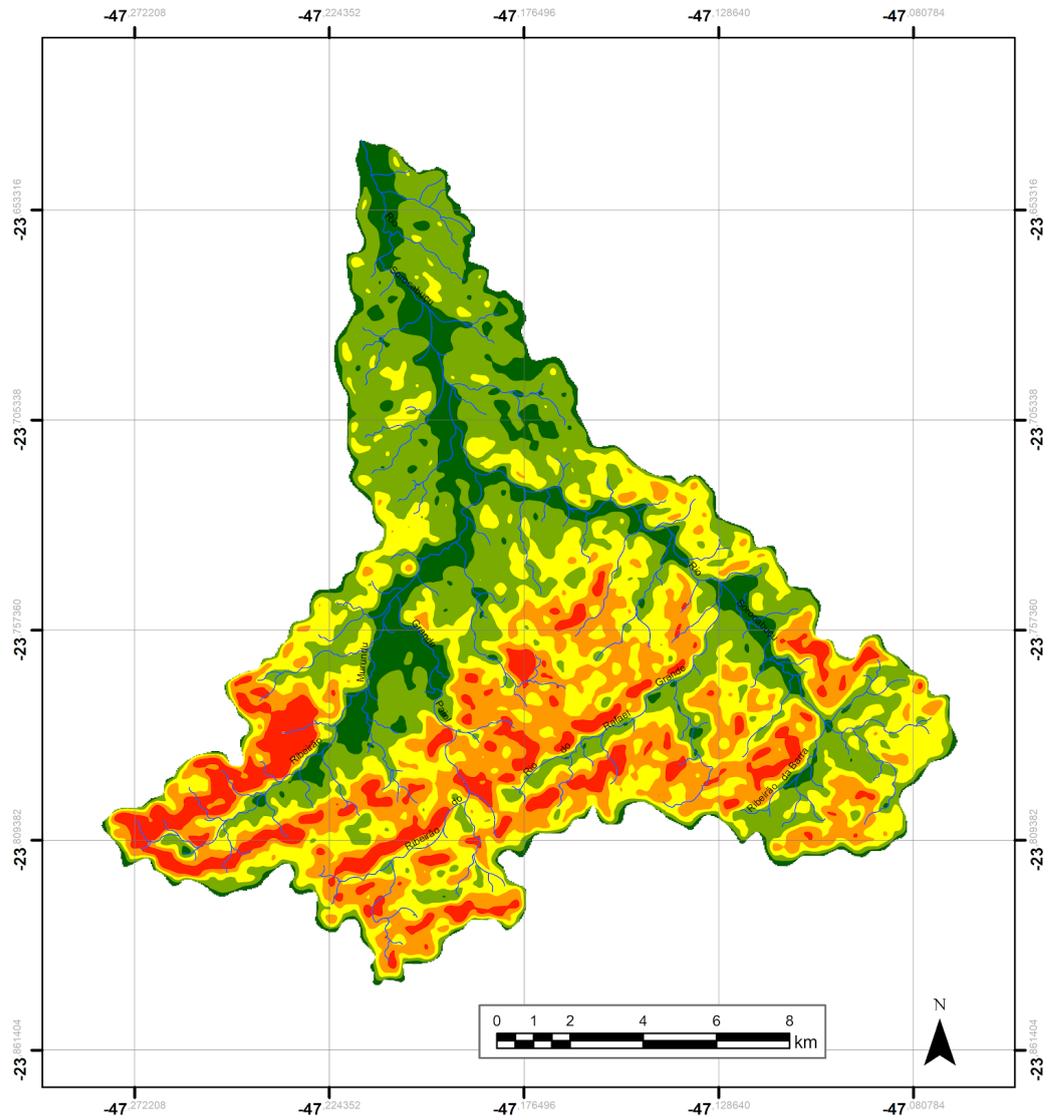
Autora: Jocasta Harue Tamataya, jun. de 2018.

Devido às características climáticas, a Bacia do Sorocabuçu se constitui num ambiente úmido no qual o intemperismo contribui para os processos de erosão, deposição e pedogênese. Dessa forma, há considerável desenvolvimento de cobertura superficial, tanto de regolito, quanto de solo, e em função da alta umidade essas formações tornam-se frágeis, sujeitas a movimentações de massa, sobretudo em setores de alta declividade.

O mapa de índice de rugosidade do relevo (ICR) (Figura 22), foi elaborado segundo a proposta de Sampaio e Augustin (2014), e constitui juntamente com o mapa de relevo sombreado (hillshade), importante documento para a elaboração do mapa de unidades de relevo. Para as autoras em questão, em função de diversas propostas existentes de mapeamento da compartimentação do relevo, muitas vezes a delimitação das unidades acaba levando em consideração aspectos mais subjetivos, principalmente em relação aos contornos entre os padrões de relevo.

Nesse sentido, no presente estudo algumas propostas de compartimentação foram avaliadas, sendo que para a Bacia do Rio Sorocabuçu, considerou-se oportuno mesclar abordagem mais tradicionais, de mapeamento realizado por identificação visual, estabelecendo a divisão das unidades a partir da diferenciação dos padrões de relevo, utilizando-se do mapa de relevo sombreado, e relacionando ainda, o mapa de índice de rugosidade do relevo, que por sua vez está embasado em indicadores processados a partir do mapa de declividade.

Figura 22 - Mapa de índice de rugosidade do relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabaçu, Ibiúna - SP.



Legenda

<p>I - Índice de Concentração da Rugosidade do Relevo (ICR)</p> <ul style="list-style-type: none"> Muito baixo (0,003-0,050) Baixo (0,050-0,076) Médio (0,076-0,103) Alto (0,103-0,133) Muito alto (0,133-0,216) 	<p>II- Convenções Cartográficas</p> <p>~~~~~ Cursos fluviais</p> <p>Base de dados Limite municipal: IBGE (2015) Altimetria: SRTM (Shuttle Radar Topography Mission)</p> <p>Informações Cartográficas: Projeção: Coordenadas Geográficas Datum: SIRGAS 2000</p>	<p>III - Localização em São Paulo</p>  <p>Ibiúna</p> <p>UGRHI 10 Sub-bacia do Alto Sorocaba</p>
--	---	---

Para Flores & De Oliveira (2016), o ICR trata-se de uma técnica de fácil aplicação, onde o mapeamento, a partir da delimitação de pontos de intensidade promove um entendimento pleno das áreas de maior ocorrência de dissecação, atributo historicamente utilizado na proposição de compartimentações topográficas.

Ressalta-se assim, conforme abordado na metodologia desta pesquisa de mestrado, que o mapa de unidade de relevo integra aspectos visuais delineados a partir dos mapeamentos realizados, do índice de concentração de rugosidade e ainda dos trabalhos de campos realizados ao longo da bacia.

O mapa de ICR foi elaborado com 5 classes, conforme proposta de Sampaio e Augustin (2014), tratando-se do índice local, o qual se considerou mais adequado para a área, uma vez que o índice global resultou em um cenário mais generalizado.

Os valores mais elevados de índice (0,110-0,183), foram encontrados na porção centro-sul da bacia relacionando-se aos interflúvios graníticos dos complexos Caucaia e Ibiúna, orientados pelas zonas de cisalhamento regionais. Já os valores mais baixos (0,000 – 0,054), estão relacionados predominantemente aos vales e baixas encostas, com ampla espacialização ao longo dos canais do Rio Sorocabuçu e, também do Ribeirão Murundu, devendo-se ainda fazer a menção da ampla planície fluvial existente entre as confluências do Sorocabuçu com os rios Sorocamirim e Una, na formação do Rio Sorocaba.

Mesmo o mapa de ICR considerando 5 classes, considerou-se que em relação à proposição das unidades de relevo para a bacia do Sorocabuçu, tendo em vistas as etapas complementares mencionadas, poderia ser sistematizada em quatro unidades, por considerar que uma das classes. A decisão de trabalhar com 4 unidades de relevo e não 5, com aquelas definidas pelo ICR, foi motivada pelo fato de que outros produtos cartográficos e os próprios trabalhos de campo possibilitaram algumas comparações e reflexão de que alguns setores do mapa de ICR são formas de mudança de declividades, constituindo assim mais uma transição entre unidades, e não talvez uma unidade em si. De qualquer modo, considerou-se que o mapa de ICR, a partir de resultados mais quantitativos, contribuiu para o processo de mapeamento e compartimentação geomorfológica, ampliando a convalidação do mapa de unidades da alta bacia do Sorocabuçu realizado anteriormente.

Observa-se que os níveis de declividade mais altos se concentram entre a alta e média bacia nas proximidades com a Serra de Paranapiacaba e no divisor d'água entre o Rio Sorocabaçu e Ribeirão Paiol Grande. Os níveis intermediários demarcam as áreas das médias encostas e/ou topos suavizados. E os níveis mais baixos se distribuem por todos os setores da bacia nas áreas de planície. De forma geral, as altas declividades associam-se com as altitudes mais elevadas. Além disso, o índice de concentração de rugosidade médio se caracteriza como uma faixa de transição entre os índices alto e baixo.

A partir da análise de declividade, hipsometria, índice de rugosidade e das observações em campo foi possível distinguir padrões e agrupá-los em unidades, sendo verificadas quatro compartimentações distintas, que foram identificadas conforme o mapa de unidades da Figura 23. Para a divisão das unidades foram consideradas algumas feições específicas como por exemplo fundos de vales, topos e rupturas topográficas expressas pela transição dos índices de rugosidade.

- A unidade I (morros dissecados), possui as cotas altimétricas maiores, padrões em serra, com formas mais íngremes e dissecadas que as demais unidades, com topos restritos, vertentes de convexas a retilíneas e vales em “V”;
- unidade II (colinas), é dotada de altitudes intermediárias, com padrões colinares e formas relativamente bem dissecadas, topos convexos, vertentes convexas a retilíneas e vales amplos;
- unidade III (colinas suavizadas), também é constituída de altitudes intermediárias e em alguns aspectos se assemelha com a unidade II, contudo suas formas são mais suavizadas, com topos convexos e planície relativamente ampla;
- e unidade IV (planícies fluviais), consiste nas planícies e baixas encostas, com relevo suavizado e planícies amplas, configurando-se em ambientes de deposição.

Abordar a compartimentação geomorfológica permitiu entender as diferentes características que marcam a evolução do relevo e suas nuances ambientais, pois a rugosidade representada pela variação da topografia, esculpida pelos agentes geomórficos e seus processos inerentes. Deste modo, a distribuição dos padrões de relevo evidencia as características que integram a declividade, escoamento superficial e subsuperficial e taxas de erosão, densidade da rede de drenagem, e como essa drenagem é influenciada e se adequa ao contexto litoestrutural regional. A abordagem geomorfológica constitui assim, importante referencial para compreender a dinâmica da paisagem e planejamento das bacias hidrográficas, norteando assim zoneamentos ambientais mais coerentes com a realidade regional.

5.2 ANÁLISE DA REDE DE DRENAGEM E QUALIDADE DA ÁGUA

De acordo com a metodologia proposta por Christofolletti (1980) para a classificação da rede de drenagem, a Bacia do Sorocabuçu é uma bacia de drenagem exorreica, de escoamento contínuo, cuja drenagem compõe rios que deságuam no mar; rio subsequente, com fluxo controlado pela estrutura rochosa, “[...] acompanhando zona de fraqueza, como falha, junta, camada rochosa delgada ou facilmente erodível” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 102-103).

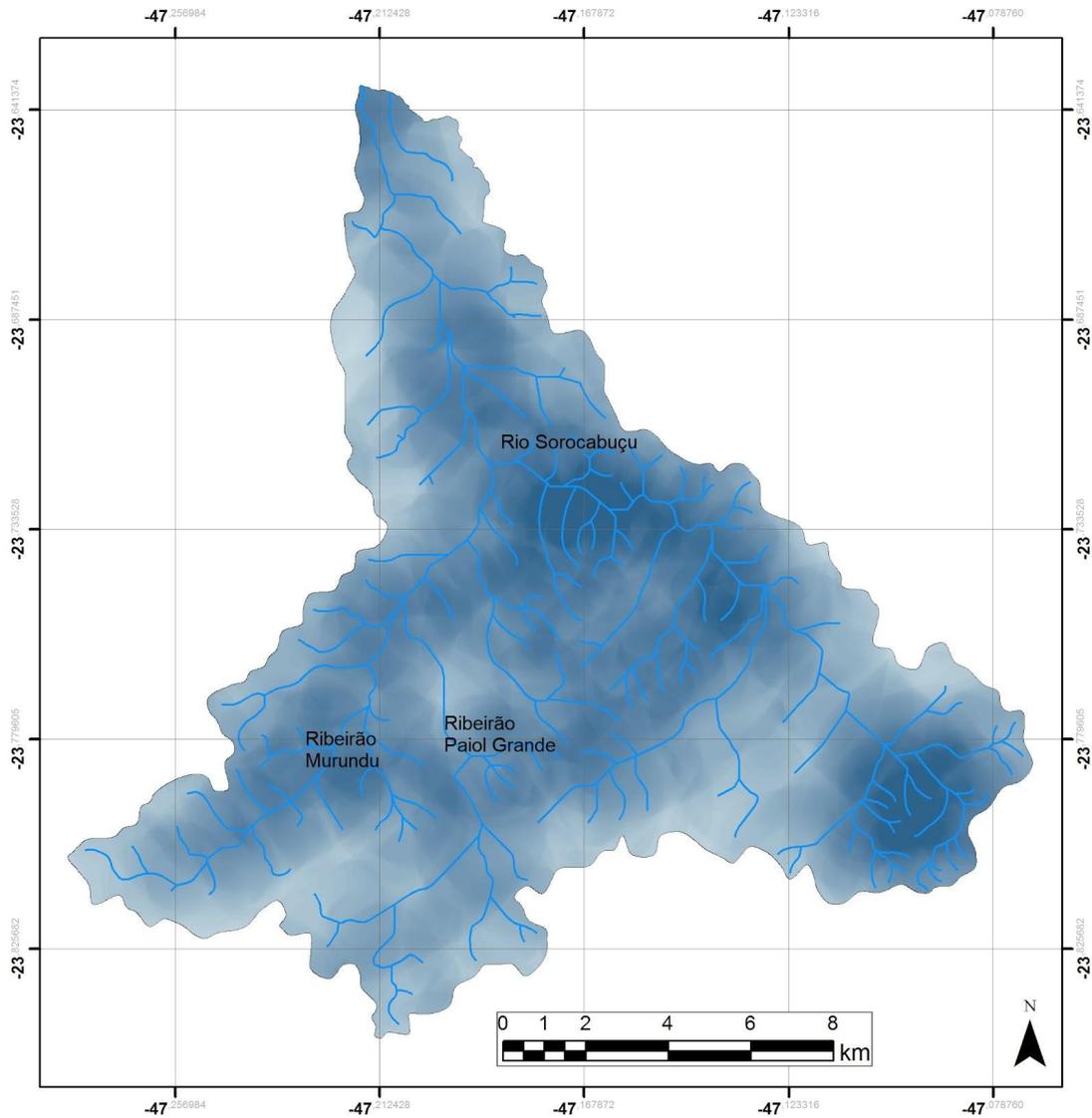
Com base nos conceitos e propostas de classificação indicados na publicação mencionada anteriormente, verifica-se que a bacia do Sorocabuçu possui padrão de drenagem dendrítica ou arborescente por se assemelhar com uma árvore. Também é possível observar o padrão pinado, que consiste em confluências em ângulos retos que podem ser consideradas anomalias atribuídas aos fenômenos tectônicos, desenvolvendo-se em rochas de resistência uniforme; e dentre os padrões dendríticos subsidiários, a bacia se encaixa no padrão pinado. Nesse sentido, a bacia possui um padrão híbrido, com aspectos dos dois padrões mencionados.

Ao analisar as cartas topográficas Jurupará, Juquitiba e São Roque na escala de 1:50.000 do IBGE (1984), conforme a metodologia de hierarquização de canais de Strahler, o canal do Ribeirão Murundu chega até a 4ª ordem, assim como o Ribeirão Paiol até o ponto de confluência com o primeiro, quando se torna um canal de 5ª ordem. Dessa maneira, o canal principal do Rio Sorocabuçu é de 6ª ordem. Portanto, a área de estudos deve apresentar uma

variedade significativa de declividades e velocidade de fluxos dos canais. A rede de drenagem nos mapas produzidos neste trabalho não possuem a mesma sequência de ordens devido a falta de tempo hábil para correção manual da rede de drenagem gerada automaticamente pelo *software* ArcGis.

Ao analisar o mapa de densidade hidrográfica (Figura 24), ou rios presentes por quilômetros quadrado (km²), podemos verificar que as áreas com maior densidade correspondem às unidades litológicas de material metamórfico, o que pode indicar uma relação entre o número de canais e a fragilidade litológica das unidades metamórficas em relação às unidades graníticas.

Figura 24 – Mapa de Densidade Hidrográfica da Bacia do Rio Sorocabuçu, Ibiúna – SP.



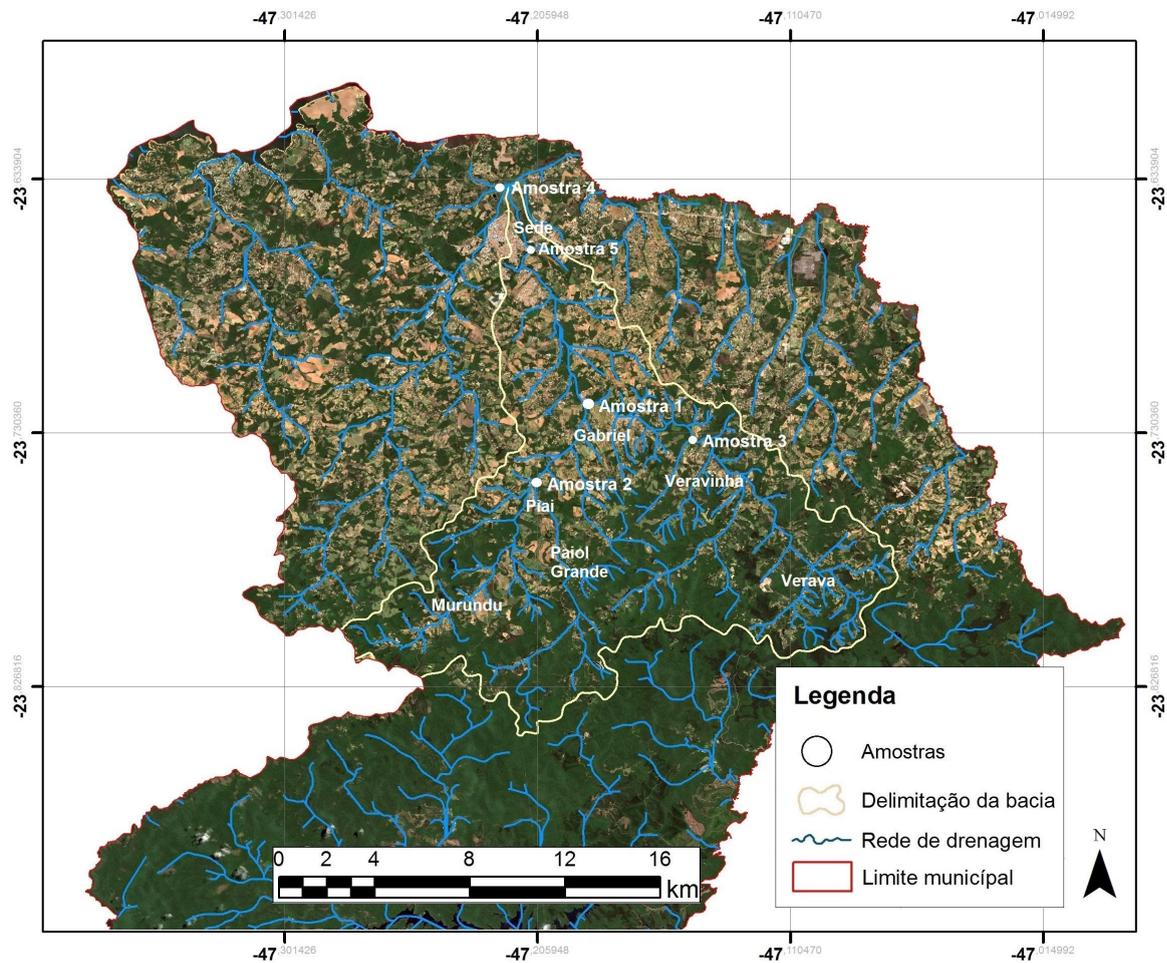
Legenda

I - Densidade hidrográfica	II - Convenções cartográficas	III - Localização em São Paulo
<p>Rios/km²</p> <p>High : 2,6534</p> <p>Low : 0</p>	<p> Delimitação da bacia</p> <p> Rede de drenagem</p>	 <p>UGRHI 10 Sub-bacia do Alto Sorocaba</p>
<p>Base de dados Limite municipal: IBGE Drenagem: SRTM</p>		<p>Informações Cartográficas: Projeção: UTM Zona 23S Datum: SIRGAS 2000</p>

Nas áreas rurais os recursos hídricos locais, sejam superficiais ou subsuperficiais, sofrem impactos diretamente das atividades desenvolvidas, sendo algumas delas relacionadas com alterações no solo e relevo. Assim, a medição de alguns parâmetros sobre a qualidade da água auxilia na compreensão destes impactos. A escolha dos pontos de coleta de amostras de água se deu considerando as questões de acesso (condições das estradas vicinais e propriedades) e na possibilidade de detectar o impacto de diferentes usos (moradia, agricultura, turismo, urbanização e mineração). Na figura 25 estão representadas as localizações dos pontos de coleta de amostras.

- Amostra 1: localiza-se a latitude 23°43'05"S e longitude 47°11'19" W 854. Este ponto corresponde à baixa bacia, próximo à foz da bacia, no qual devem refletir os impactos das atividades locais, sobretudo ocupação e agricultura. Referência: Rio Sorocabuçu, próximo à estrada Amaro Gabriel Vieira, Bairro Gabriel.
- Amostra 2: localiza-se a latitude 23°44'56"S e longitude 47°12'32" W 870. Este ponto é no Bairro Piai, onde se observa maior adensamento de moradias em relação a maior parte da área da bacia. Referência: Ribeirão Murundu, Estrada Vicinal Tancredo Neves, Bairro Piai.
- Amostra 3: localiza-se a latitude 23°43'56"S e longitude 47°08'39" W 866. Neste ponto pretendeu-se captar os reflexos das atividades de ocupação, chácaras de veraneio e mineração. Referência: Rio Sorocabuçu, Bairro Veravinha.
- Amostra 4: localiza-se a latitude 23°38'08"S e longitude 47°13'24" W 846. Este ponto se encontra à jusante da área de estudo, sendo o setor do Baixo Sorocabuçu, que recebe o acúmulo de impactos das atividades que ocorrem ao longo do Rio Sorocabuçu, o mais extenso entre o conjunto Sorocabuçu, Sorocamirim e Una, que compõem o Alto Sorocaba. Referência: Rio Sorocaba, Estrada Mairinque-Ibiúna.
- Amostra 5: localiza-se a latitude 23°39'28"S e longitude 47°12'38"W. Este ponto condiz com a área urbana da sede do município de Ibiúna, de maneira que se pretendeu expressar os reflexos do uso e ocupação da área urbana. Referência: Rio Sorocabuçu, Centro.

Figura 25 – Localização das Amostras de Água.



Organização: Jocasta Harue Tamataya, 2022.

As primeiras amostras foram coletadas em 01 de maio de 2021, no período da manhã, sem a ocorrência de precipitação nas 24 horas anteriores à coleta. Abaixo estão descritos os dados obtidos das amostras (Tabela 03):

Tabela 02 - Dados sobre a qualidade da água da Bacia do Sorocabaçu, 01 de maio de 2021.

Parâmetros	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	CONAMA
Temperatura (°C)	17,3	17,2	16,8	18,3	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	9,8	10,2	10,4	11,3	>6
Condutividade Elétrica (µS/cm ³)	172,3	130,7	66,7	199	
Sólidos Totais (TDS) (mg/L)	86	76,7	33,5	19,9	<500
Potencial Hidrogênico (pH)	5,9	5,9	6,48	6,42	6 a 9
Óxido-Redução (ORP) (mV)	0,3	2,4	8,4	11,6	

Dados: Emerson Martins Arruda, 2021.

As últimas amostras foram coletadas em 15 de julho de 2022, no período da manhã, sem a ocorrência de precipitação nas 24 horas anteriores à coleta. Abaixo estão descritos os dados obtidos das amostras (Tabela 03):

Tabela 03 - Dados sobre a qualidade da água da Bacia do Sorocabuçu, 15 de julho de 2022.

Parâmetros	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3	Amostra 4	Amostra 5	CONAMA
Temperatura (°C)	15,1	14,8	15,2	15,1	15,6	
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,3	6,1	6,4	5,6	6,2	>6
Condutividade Elétrica (µS/cm ³)	68,8	53,6	38,8	131,3	71,1	
Sólidos Totais (TDS) (mg/L)	31,1	26,8	20,0	65,5	35,6	<500
Potencial Hidrogênico (pH)	7,01	6,2	6,43	6,26	6,56	6 a 9
Óxido-Redução (ORP) (mV)	7,9	52,4	35,6	51,7	35,1	

Dados: Emerson Martins Arruda, 2022.

A partir dos dados apresentados, é possível verificar o aumento de temperatura da montante à jusante mais expressivo nas primeiras amostras, em maio de 2021. Para a análise desse contexto algumas hipóteses podem ser levantadas, tanto em relação à variação de temperaturas ao longo do perfil longitudinal da bacia, uma vez que os canais nas cabeceiras tendem a ter temperaturas mais baixas, em função da altitude, que na bacia em questão chega à 1210 m, presença ou não de áreas florestadas, e a própria questão das primeiras amostras terem sido coletadas no outono, estação de maior amplitude térmica em comparação com o inverno, momento de coleta do segundo conjunto de amostras, em Julho de 2022. Enfatiza-se que os dois conjuntos amostrais foram coletados no período da manhã. No entanto, além das hipóteses mencionadas, sabe-se que o aumento de temperatura no fluxo do canal fluvial, também pode indicar acúmulo de dejetos ou substância incorporadas ao volume de água do canal, o que aumentaria a capacidade de retenção de calor. De qualquer modo, esta tendência de aumento de temperatura foi observada em 2012 no trabalho de Rôdas (2013), que foca nos atributos da água, mas foi atribuída ao aumento da temperatura gradual durante o dia. Em comparação temporal, a temperatura média entre as amostras diminuiu entre 2021 e 2022 possivelmente devido à estação do ano. Assim, altitude, cobertura vegetal e estação do ano são as prerrogativas utilizadas pelo presente estudo para essa variação de temperatura.

Em relação ao oxigênio dissolvido, entre 2021 e 2022 houve significativa diminuição de mg/L, sendo que nas últimas amostras estão próximas a quantidade mínima, que pode ser atribuída pela diminuição da vazão, parâmetro não levantado nessa dissertação, que leva a diminuição do processo de reoxidação, bem como pode ser resultante de aumento de poluição,

sendo que não houve relação proporcional com a temperatura como na análise de RÔDAS (2013).

Considerando que quanto mais frias as águas, geralmente maior é a concentração de oxigênio, nos valores das primeiras amostras podemos observar supersaturação de oxigênio, já que poderia se esperar aumento da oxigenação da água nas últimas amostras. Isso pode ocorrer devido aos represamentos ao longo da rede de drenagem direcionados a agricultura e paisagismo. Dessa forma, outra possibilidade é que se tenha diminuído a quantidade de algas e bactérias nestes represamentos.

De qualquer modo, a partir de indicações da CETESB, as águas com temperaturas mais baixas têm maior capacidade de dissolver oxigênio, sendo que em maiores altitudes, onde é menor a pressão atmosférica, o oxigênio dissolvido apresenta menor solubilidade, o que pode justificar o cenário obtido para o caso da Bacia do Rio Sorocabuçu.

Em todos os pontos a condutividade elétrica diminuiu, que pode estar relacionada a diminuição de sais e/ou sólidos dissolvidos. Exceto pela amostra 3 em 2021, e todas apresentam condutividades acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com destaque as amostras 1 e 4, que pode indicar característica corrosiva, ou com grande quantidade de sólidos dissolvidos. Justamente em função dessa característica, em geral, há uma correspondência entre os valores de condutividade elétrica e sólidos totais (TDS).

A bibliografia técnica sobre o tema tende a indicar que valores anômalos de condutividade, em como flutuações de seus valores podem indicar perturbação do sistema, seja por causas naturais, como inundações e secas, seja por interferência humana, como, por exemplo, através do despejo de efluentes, inclusive de poluição.

Apenas a amostra 4 manteve-se acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em 2022, possivelmente pela baixa vazão notada em campo, vinculada à estiagem mais evidente em relação ao ano anterior. Além disso, não observou-se relação entre a variação de condutividade elétrica e pH como RÔDAS (2013), sendo necessário aprofundar pesquisa sobre os valores observados.

Houve ainda, diminuição de sólidos totais presente nas amostras entre 2021 e 2022, exceto pela amostra 4, que corresponde à amostra coleta no Rio Sorocaba, a poucos quilômetros da junção do rio Sorocabuçu com o Sorocamirim e Una. As primeiras amostras dos pontos 1 e 2 possuem as maiores concentrações de sólidos totais, que poderiam ser atribuídas a processos de erosão relacionados à supressão vegetal das APPs e manejo do solo para agricultura, porém entre as últimas amostras já não é possível fazer essa relação, mas que

pode estar relacionada ao período de baixa vazão. Deve-se ressaltar que os dados obtidos nesse parâmetros apresentam coerência com os valores de oxigênio dissolvido, pois como o sólidos totais correspondem à soma das concentrações de sólidos dissolvidos totais e de sólidos em suspensão, os mesmos diminuem a possibilidade de processos de dissolução de oxigênio, algo observado a partir dos dados obtidos.

A baixa variação próxima de 6 do pH mostra certa acidez, que pode se relacionar com possível influência de variações sazonais, planícies de inundação e poluição difusa. As amostras 1 e 2 estão ligeiramente abaixo, indicando que estão mais ácidas que o recomendado, atributo podendo ser produto da concentração do gás carbônico a partir da acidez orgânica ou resultante de resíduos industriais, sendo que o contexto observado pode estar mais relacionado à primeira opção. A amostra do ponto 1 em 2022 teve considerável aumento do pH, que pode indicar alteração química de seus afluentes, uma vez que o ponto de coleta envolve praticamente o setor do rio Sorocabuçu que marca o contato com a baixa bacia, constituindo um ponto de integração dos fluxos das sub-bacias à montante.

Entre as primeiras amostras, à medida que os valores de oxigênio dissolvido das amostras aumentam, os valores de ORP também aumentam, que pode ser resultado do processo de depuração, ou de alta na concentração de oxigênio devido à eutrofização. Nas amostras de 2022 não é possível fazer esta relação. A oxi-redução ou redox (ORP ou Eh) representa alterações no estado de oxidação de muitos íons ou nutrientes estando relacionado à solubilidade de metais e à disponibilidade de nutrientes para as comunidades aquáticas (TUNDISI ; TUNDISI, 2008).

Um aspecto importante e interessante a ser registrado é que durante as coletas de 2021 se deram em um momento onde havia ainda algumas restrições frente à Pandemia do COVID-19, e portanto, um tanto próximo ao contexto mais restritivo de 2020. Maiores análises e discussões e estudos devem ser efetuadas, mas não se deve descartar a possibilidade da alteração da qualidade da água nos sistemas fluviais em função dessa escala temporal.

Comparando os dados da amostra 5 coletada apenas em 2022, com as demais amostras, pode-se perceber que se mantém dentro das médias, demonstrando que a qualidade da água pouco se altera entre os cursos no meio rural e urbano, indicando que os efluentes provenientes da área urbana possuem pouca influência, possivelmente pela eficiência do serviço de tratamento de esgoto na sede do município.

A partir das análises desenvolvidas, há a interpretação que a Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu apresenta qualidade da água de boa qualidade ou qualidade aceitável, um indicativo de que mesmo o cenário ambiental sujeito a certas fragilidades, o município de Ibiúna ainda é referência de qualidade ambiental. De qualquer modo, um senso de alerta deve ser cada vez mais abordado regionalmente, para que o cenário não seja interpretado como algo passível de modificações, rompendo irremediavelmente a resiliência desse importante sistema ambiental.

5.3 ANÁLISE AMBIENTAL

As unidades de relevo podem ser diferenciadas pelas suas características geomorfológicas, mas também pelos aspectos ambientais. A unidade I possui declividades acentuadas e padrões de relevo em serras, devido à proximidade com a Serra de Paranapiacaba, fator que dificulta o uso do solo para atividades agrícolas, fazendo-a o setor melhor preservado, com relação aos recursos naturais. As unidades II e III possuem padrões em colinas, com formas mais suavizadas em comparação a unidade I, porém ainda assim possui declividades que dificultam a mecanização, fazendo com que se estabeleçam pontuais ocupações e chácaras de veraneio.

Já a unidade IV, possui padrões de relevo de planícies, com formas suavizadas e baixa declividade o que favorece a mecanização agrícola, pastagens e construção de moradias. Dessa forma, este é o setor em que mais se utiliza os recursos naturais, sendo o mais afetado pela ação antrópica, demandando maior atenção, no que diz respeito aos estudos dos aspectos ambientais.

Para Botelho e Silva (2012), deve-se entender a qualidade ambiental “como reflexo da ação do homem sobre o espaço e seus componentes em um dado momento.” (BOTELHO; SILVA, 2012, p. 54). Sendo a qualidade ambiental variável no tempo e no espaço de acordo com as demandas por recursos naturais pelas sociedades e também deve ser vista como condição intrínseca à qualidade de vida das populações.

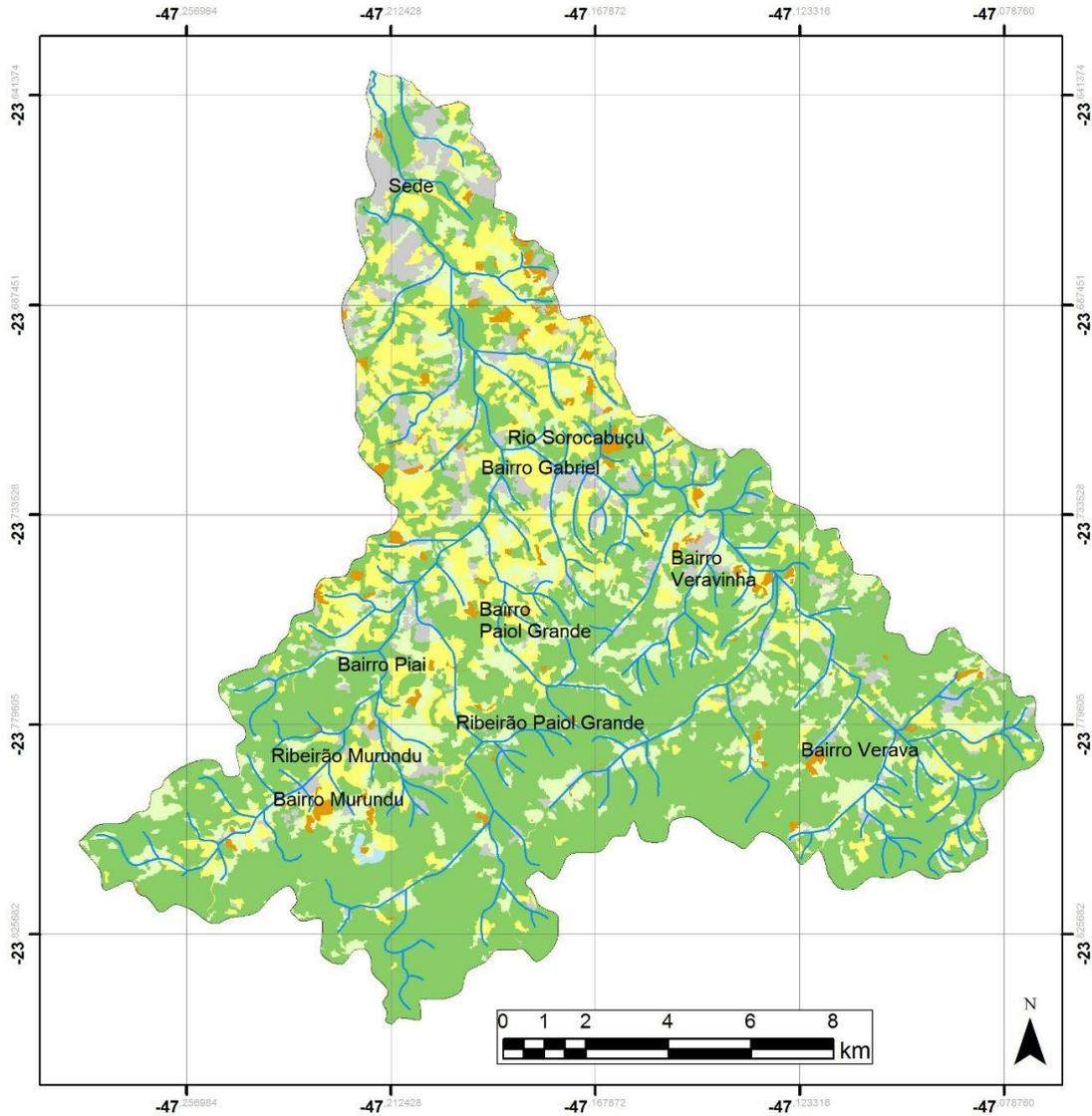
Através da análise das imagens de satélite foi possível elaborar o mapa de uso do solo da bacia através dos programas eCognition e ArcGIS (Figura 26). Foram considerados as classes de cultivo agrícola temporário; etapas de solo exposto que inclui a mineradora já

mencionada; habitação; represamentos; vegetação preservada; e vegetação rasteira, que inclui pastos e chácaras de veraneio e um campo de golfe.

O mapa de uso e ocupação do solo, ou da terra, é um dos instrumentos que possibilita a organização de conhecimento sobre estes usos, hoje necessários para atender demandas de questões ambientais, sociais e econômicas, além de servir de instrumento para o planejamento e gestão (IBGE, 2013).

A partir do mapa de uso e ocupação do solo pode-se verificar que o cultivo agrícola temporário se concentra na porção oeste, enquanto nas porções central e leste se concentra a vegetação rasteira, que representam os pastos e chácaras de veraneio. A classe de solo exposto é pouco recorrente por se tratar de uma etapa transitória entre um cultivo e outro. As áreas em que se concentram habitações configuram-se em setores de desenvolvimento pré-urbano e são cada vez mais recorrentes. A maior parte dos represamentos não foi reconhecida pelo *software*, devido à dificuldade em reconhecer automaticamente áreas de diferentes colorações como mesma categoria, pois há ocorrência de represamentos com superfície em tons de preto, marrom e verde, o que reflete as dinâmicas de sedimentação e eutrofização deles. Os represamentos reconhecidos aparecem na imagem de satélite em preto. A vegetação nativa se encontra preservada na alta bacia e em algumas áreas de cabeceira, porém no restante da bacia as áreas correspondentes a APPs são desconexas, resultado da supressão vegetal. A classe mais específica e pontual é a da mineradora de areia Bom Retiro II, no Bairro Verava, visível em destaque na imagem de satélite devido à porção de solo exposto.

Figura 26 – Mapa de Uso e Ocupação do Solo da Bacia Hidrográfica do Sorocabuçu, Ibiúna - SP.



Legenda

I - Classes da cobertura e uso da terra	II - Convenções cartográficas	III - Localização em São Paulo
<ul style="list-style-type: none"> Área Construída Cultivo Temporário Solo exposto Represamentos Vegetação Vegetação rasteira 	<ul style="list-style-type: none"> Delimitação da bacia Rede de drenagem 	 <p style="text-align: center;">UGRHI 10 Sub-bacia do Alto Sorocaba</p>
<p style="text-align: center;">Base de dados Limite municipal: IBGE Base: Sentinel-2</p>	<p style="text-align: center;">Informações Cartográficas: Projeção: UTM Zona 23S Datum: SIRGAS 2000</p>	

Além disso, o ciclo hidrológico das áreas rurais é semelhante ao dos ambientes florestados, pois a infiltração da água não é comprometida tanto quanto nas áreas urbanas (BOTELHO; SILVA, 2012). Portanto, são ambientes cuja importância deve ser reconhecida e deve haver monitoramento e avaliação das atividades executadas, devido ao manejo do solo, água, lançamento de dejetos animais e domésticos e uso de agroquímicos que podem contaminar recursos hídricos superficiais e subsuperficiais.

Procurou-se observar a variação de uso e ocupação conforme a declividade, o tratamento dado a efluente e resíduos sólidos, como esgoto doméstico, fossas caipiras, manejo do solo e a possibilidade de conciliação entre atividade agrícola e manutenção das condições ambientais.

A apropriação dos recursos naturais pela humanidade ocorreu historicamente de diversas formas, dependendo das demandas que os aspectos econômicos, políticos e sociais necessitavam para se desenvolver. A Bacia do Rio Sorocabaçu situa-se predominantemente na área rural do município de Ibiúna, onde se desenvolvem predominantemente atividades agrícolas de pequenos produtores. Durante a história, o relevo foi apropriado de diferentes formas a depender das legislações em vigência, necessidade de moradia e mudanças na produção agrícola. Assim como na maioria dos municípios da região, a ocupação do solo em área rural se deu de maneira irregular, no que diz respeito a tipos de construção, o terreno em que avançam e registros, embora algumas propriedades possuam contrato de compra e venda.

Em 1965 a Lei nº 4.771/1965 instituiu o novo Código Florestal, determinando que as florestas e demais formas de vegetação são bens de interesse comum, portanto devem ser preservados em função do bem coletivo. São determinadas as características das áreas que devem ser preservadas permanentemente, atribuições dos poderes Federal, Estadual e Municipal e da caracterização e restrições dos parques (BRASIL, 1965). Em Ibiúna, até o estabelecimento de tais normativas, utilizava-se a mata nativa para a produção de lenha, madeira e carvão. Então, a partir do novo Código Florestal abandonaram-se tais atividades, havendo recuperação de parte das áreas desmatadas.

Por meio de entrevistas não-estruturadas com moradores do município procurou-se traçar um histórico sobre o uso e ocupação da bacia. De 1965 até meados da década de 1970, houve tentativa de criação de gado, sobretudo nas áreas de planícies, pois seria possível aproveitar a rede de drenagem para a alimentação e abastecimento dos animais. As áreas de

planície da bacia anteriormente desmatadas possuem atualmente a maior concentração de ocupações habitacionais, sendo moradias irregulares do ponto de vista da legalidade, pois muitas não possuem documentação, bem como do ponto de vista ambiental, já que muitas avançam sobre as APPs.

Além disso, a partir da segunda metade da década de 1970 até 1990 houve o início da produção de hortaliças, mas o predomínio era de produção de tomates e batatas, presentes no brasão do município, fazendo de Ibiúna referência no setor de agricultura no Estado de São Paulo. A agricultura se desenvolveu principalmente nas encostas e aproveitando-se a água dos canais para a irrigação. Da década de 1990 em diante as atividades agrícolas passaram por transições de forma que as hortaliças se tornaram os produtos mais cultivados e em poucas propriedades ainda se mantém as criações de gado.

A Rodovia Presidente Tancredo Neves acompanha o percurso do Ribeirão Murundu por volta do Km 10 ao 20, oscilando entre as vertentes, mas acompanhando predominantemente os topos, sendo a principal via ao sentido sul do município. O Ribeirão Paiol Grande e o Rio Sorocabuçu são acompanhados por diversas estradas vicinais acessíveis pela mesma rodovia e pela Bunjiro Nakao. Inicialmente, as vias de terra batida foram abertas visando a exploração de minérios e madeira, além de servir para que os habitantes acessassem a Vila de Una. Posteriormente, quando já instituído o município de Ibiúna, foram asfaltadas e estruturadas as Rodovias Presidente Tancredo Neves e Bunjiro Nakao, o que contribuiu para o aumento do contingente populacional que se estabeleceu até os dias atuais na área.

Tomando como base imagens de satélite Sentinel-2 e observações feitas em trabalho de campo, podem-se classificar os usos e ocupação da terra atuais da Bacia do Sorocabuçu de acordo com os critérios do Sistema Básico de Classificação da Cobertura e do Uso da Terra (SCUT), utilizado pelo IBGE (2013), conforme o Tabela 04.

Com relação à apropriação do solo para tais usos, no Plano de Manejo da APA também se faz a seguinte consideração sobre a supressão de vegetação:

Facilmente observada na região, esta prática vem ao longo dos anos causando a drástica diminuição da cobertura vegetal nativa da região, principalmente nas áreas mais sensíveis como topos de morro (áreas de recarga), matas ciliares, microbacias (várzeas) e as áreas de maior declividade, ocasionando a perda de solo, diminuição do volume e, qualidade dos recursos hídricos, assoreamento dos córregos, entre outros. Essas áreas desmatadas acabam dando lugar aos loteamentos (por vezes

clandestino), habitações de apropriação inadequada e padrão inferior, áreas de produção agrícola e de reflorestamento. (SÃO PAULO, 2007, p. 25)

A partir da classificação dos usos do solo é possível organizar e identificar as ações antrópicas presentes na área para que se realize uma análise de forma sistêmica e integrada do meio. Pode-se observar que a maior parte trata-se de intervenções ligadas à agricultura, com ocorrências de criação de animais, algumas áreas preservadas e início de desenvolvimento de ocupação que perde as características rurais.

Quadro 02 - Sistema Básico de Classificação da Cobertura e do Uso da Terra (SCUT).

Nível I	Nível II	Nível III
Áreas antrópicas não agrícolas	Áreas urbanizadas	Urbanização pré-consolidada. Exemplo: Centro.
	Áreas de Mineração	Minerais não metálicos. Mineração Bom Retiro II.
Áreas antrópicas Agrícolas	Culturas temporárias	Hortícolas e floríferas, cultivos temporários diversificados. Exemplo: plantações de hortaliças, leguminosas, frutas.
	Pastagens	Pecuária de animais de grande, médio e pequeno porte. Exemplo: pastagens nos bairros Piaí e Gabriel.
	Silvicultura	Reflorestamento de eucalipto. Exemplo: plantações em propriedades no bairro Paiol Grande.
Áreas de Vegetação Natural	Área Florestal	Unidade de conservação de uso sustentável em área florestal. Exemplo: APA Itupararanga e proximidade com o Parque Estadual do Jurupará (PEJU).
		Floresta Ombrófila Densa e Aberta. Exemplo: Unidade de relevo I, fragmentos florestais e APPs.
Água	Águas Continentais	Unidades de conservação de uso sustentável em corpo d'água continental. Exemplo: APA Itupararanga.
		Captação para abastecimento em corpo d'água continental. Exemplo: tubulações em rios destinadas à irrigação.
		Receptor de efluentes em corpo d'água continental. Exemplo: despejo parcial de esgoto doméstico; resíduos de plantações e criação de animais que chegam à rede de drenagem com o escoamento superficial.
		Uso diversificado em corpo d'água continental. Exemplo: pesca; recreação; represamentos.

Fonte: IBGE, 2013. Organização: Jocasta Harue Tamataya, 2018.

Observa-se que nos setores correspondentes às unidades de relevo I e II a cobertura vegetal aparenta bom estado de preservação, o que é decorrente dos altos níveis de declividades nestes setores, que dificulta a mecanização. Na unidade III ocorrem intervenções relacionadas à agricultura e moradia nas médias encostas e topos com fragmentos florestais

preservados. Enquanto as planícies que correspondem à unidade IV são ocupadas e utilizadas com maior intensidade, sendo o setor que mais apresenta impactos ambientais, portanto será o que terá mais ênfase neste subitem. Assim, os pontos-chave foram selecionados de forma a abordar diferentes aspectos dos impactos ambientais verificados na bacia.

Devido à grande extensão da bacia, os pontos-chave representam aspectos relevantes no contexto da Geomorfologia e Meio Ambiente, abordando os setores da alta, média e baixa bacia. Assim, foram escolhidos os seguintes pontos: (1) da alta bacia, os bairros Murundu e Verava; (2) da média bacia, o Bairro Piaí; (3) da média bacia, o Bairro Paiol Grande; (4) da média bacia, o Bairro Gabriel e Veravinha; e (5) da baixa bacia, o Centro, ou perímetro urbano.

Nos trajetos realizados entre os pontos através da Rodovia Presidente Tancredo Neves foram observados arruamentos que acompanham a topografia do terreno, como forma de evitar o acúmulo de água em poças, muito utilizado em locais próximos a plantações de legumes, já que alguns vegetais não se desenvolvem em solos molhados e encharcados. No entanto, este tipo de método de arruamento favorece o escoamento superficial da água, que pode levar a aceleração da erosão das vertentes, resultando na abertura de sulcos nas estradas em épocas de alta precipitação; e o depósito de sedimentos nos canais, que em longo prazo podem acarretar na mudança do nível de base da área em função do processo de assoreamento em setores do canal. Além disso, o favorecimento do escoamento superficial pode levar a intensificação da vazão da rede de drenagem, ampliando a ocorrência de episódios de inundação.

Em toda a bacia há pequenos represamentos dos córregos relacionados ao uso dos recursos hídricos para o plantio, criações pontuais de peixes e recreação. Estas estruturas se configuram em pontos de retenção de água e sedimentos. Os represamentos alteram o regime de vazão e a densidade de drenagem, estabelecendo novos estados de equilíbrio.

Além disso, estes represamentos estão relacionados a episódios de cheia nas épocas de alta precipitação, sobretudo em situações em que não há limpeza e manutenção. Segundo relato de moradores, as lavouras próximas perdem área agricultável em função das inundações, o que indica alteração do nível de base no setor. Alguns represamentos apresentam sinais de assoreamento e eutrofização, fatores que implicam na alteração da vazão e deposição de sedimentos, devido a pouca manutenção.

A eutrofização ocorre pela adição de nutrientes inorgânicos e orgânicos, fazendo com que se desenvolvam fitoplânctons e algas. Trata-se de um processo natural, mas que pode ser acelerado pela ação antrópica, o que se denomina de eutrofização cultural. Ocorre o aumento da fotossíntese e a respiração nos corpos d'água, resultando na diminuição de oxigênio na água, prejudicando a vida aquática (CCOPA RIVERA, 2003). Portanto, se faz necessário o monitoramento e manutenção destes represamentos.

Na área rural, a maior parte dos bairros não conta com serviços de abastecimento de água e coleta de esgoto, assim são adotados os poços e fossas para atender tais necessidades. Apenas em 2020 os bairros Paiol Grande e Feital, abrangidos na área de estudo receberam estruturas para abastecimento de água (IBIÚNA, 2020). Dessa maneira, são utilizados poços artesianos ou semi-artesianos que captam as águas do subsolo, que é um recurso abundante, mas que já vem passando por alterações em relação à vazão. Cada gestão realiza ações pontuais em relação à estrutura sanitária do município, porém tais ações são desconexas umas das outras, e em alguns casos são ações com duração limitada, como a questão da coleta de resíduos sólidos nas áreas rurais.

Segundo Plano de Bacia Hidrográfica (FABH-SMT, 2016), em 2016 o município de Ibiúna possuía condições adequadas de coleta de resíduos sólidos, porém o abastecimento de água potável e coleta de esgoto se encontrava em condições ruins, sendo constatados nos mapas do Relatório I, diversos pontos de coleta de água superficial e subsuperficial.

As fossas caipiras, ou fossas negras, são utilizadas para o descarte de esgoto doméstico, sendo muitas vezes construídas próximas dos poços, podendo causar contaminação dos mesmos, bem como do lençol freático, por se tratar de estruturas sem filtro ou sumidouros, ao contrário das fossas sépticas. Tais fatores podem causar danos ambientais e impactos na saúde pública.

A coleta de resíduos sólidos no município é realizada periodicamente nos bairros do perímetro urbano em praticamente todas as ruas. Porém nos bairros da área rural os caminhões de coleta circulam apenas pelas rodovias e estradas pavimentadas coletando o lixo deixado pelos moradores em caçambas (Figura 27). Em locais mais distantes ou com acesso dificultado pela estrutura das estradas vicinais os resíduos sólidos são queimados, poluindo o ar, solo e água.

Fica evidenciada a precariedade de tais serviços nas áreas rurais do município, cuja população passa a sofrer com as consequências da contaminação dos recursos hídricos e do solo, bem como podem representar danos ao ambiente. Outros aspectos relevantes quanto à contaminação da água são o uso de agroquímicos e a criação de animais. Não há despejo direto dos dejetos destas atividades na rede de drenagem, porém as chuvas fazem com que infiltrem no solo e cheguem até curso d'água.

Figura 27 – Foto de um dos locais de descarte de resíduos no bairro Verava.



Autora: Jocasta Harue Tamataya, jan. de 2020.

Após a Segunda Guerra Mundial, o padrão agrícola adotou como base tecnológica os agroquímicos (fertilizantes, pesticidas e corretivos), mecanização, irrigação e cultivo de produtos com alto potencial de rendimento. Os agroquímicos possuem moléculas sintetizadas para realizar reações bioquímicas sobre os elementos que se queira controlar no ambiente. A função é proteger as plantações de pragas, doenças e plantas daninhas, além de favorecer o crescimento, mas pode representar riscos ambientais e para a saúde pública, portanto é importante atentar-se aos cuidados demandados e o monitoramento de seu uso. Os processos de retenção (sorção e absorção), transformação (química e biológica), transporte (carreamento superficial, lixiviação, deriva e outros) e as interações entre os mesmos influenciam a

destinação dos agrotóxicos no ambiente, bem como a composição do solo, manejo, relevo, microorganismos, presença de plantas e outros fatores (SPADOTTO et al., 2004).

O carreamento superficial favorece a contaminação das águas superficiais, com os agrotóxicos sendo levados adsorvidos às partículas do solo erodido ou em solução na água de escoamento. A lixiviação dos agrotóxicos através do solo tende a resultar em contaminação das águas subterrâneas e neste caso, as substâncias químicas são carregadas juntamente com a água que alimenta os aquíferos freáticos e os aquíferos. A permanência dos agrotóxicos no solo agrícola é inversamente dependente da taxa de ocorrência dos processos de transporte. (SPADOTTO et al., 2004, p. 12)

O primeiro ponto analisado foi o bairro Murundu, na alta bacia, próximo às nascentes do Ribeirão Murundu. É um dos bairros mais antigos de Ibiúna, com histórico de exploração de madeira e carvão, porém atualmente a principal atividade econômica é a agricultura, como é retratado na Figura 28.

Figura 28 - Foto do bairro Murundu, alta bacia.



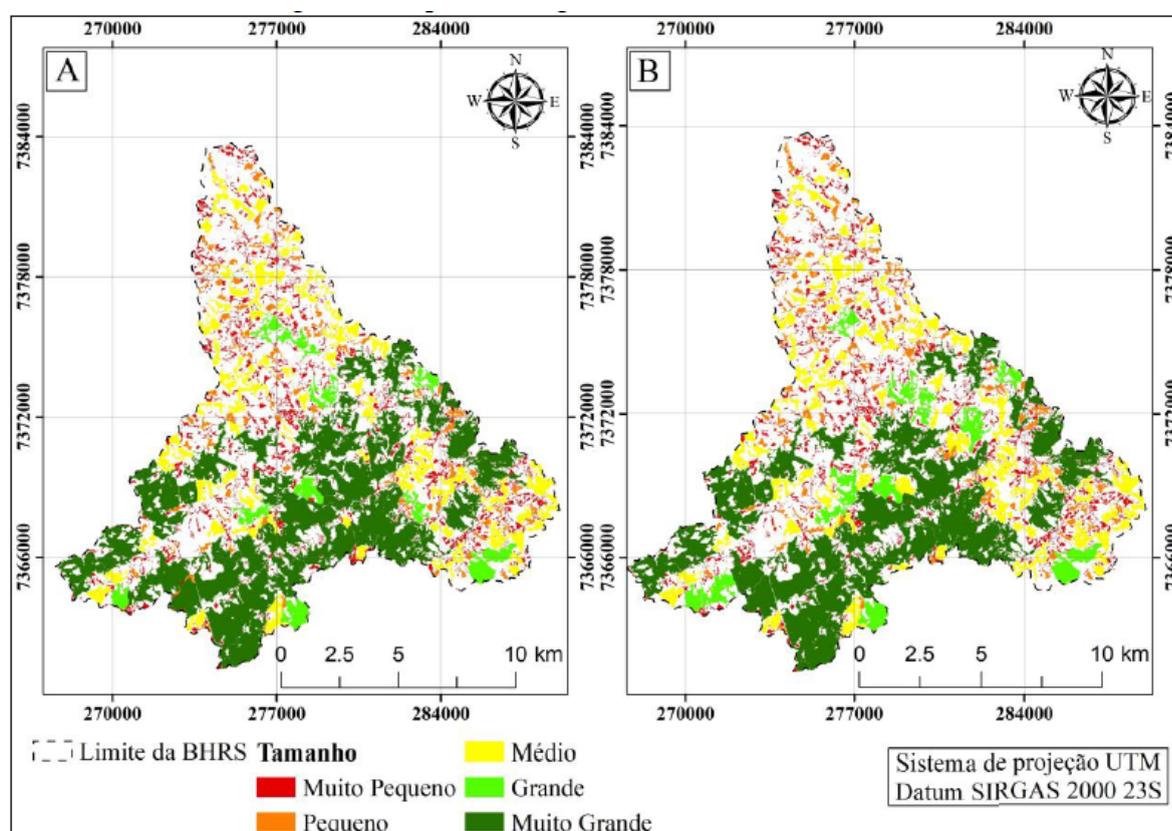
Autora: Jocasta Harue Tamataya, jun. de 2018.

Nas áreas correspondentes ao bairro Murundu, em comparação aos demais setores, pode-se observar que há mais fragmentos florestais preservados ou de reflorestamento, sobretudo nos topos dos interflúvios constituindo APPs. As atividades agrícolas temporárias e moradias se estabelecem principalmente a partir da média vertente.

Estes fragmentos e APPs exercem papel importante para a preservação da biodiversidade, contudo a conectividade entre os fragmentos florestais é tão significativa quanto sua existência e suas condições ambientais podem ser avaliadas por técnicas de geoprocessamento. Atualmente o isolamento de tais fragmentos ocorre principalmente pela intervenção do homem na paisagem, reduzindo o habitat de outros seres vivos, causando efeitos negativos com relação à movimentação e permanência da fauna, interação entre espécies e o funcionamento dos ecossistemas. Além disso, as características da paisagem circundante e o efeito de borda afetam a permanência das espécies que habitam o ambiente (MATOS, 2015).

Um estudo recentemente realizado também na bacia do rio Sorocabuçu refere-se à Costa (2020), sendo que a autora em questão, a partir do mapeamento do uso do solo e cobertura vegetal para 2010 e 2019, organiza o mapa dos fragmentos florestais para os respectivos anos, possibilitando uma leitura global sobre o tema na bacia (Figura 29).

Figura 29 - Mapa dos fragmentos florestais da bacia do Rio Sorocabuçu.

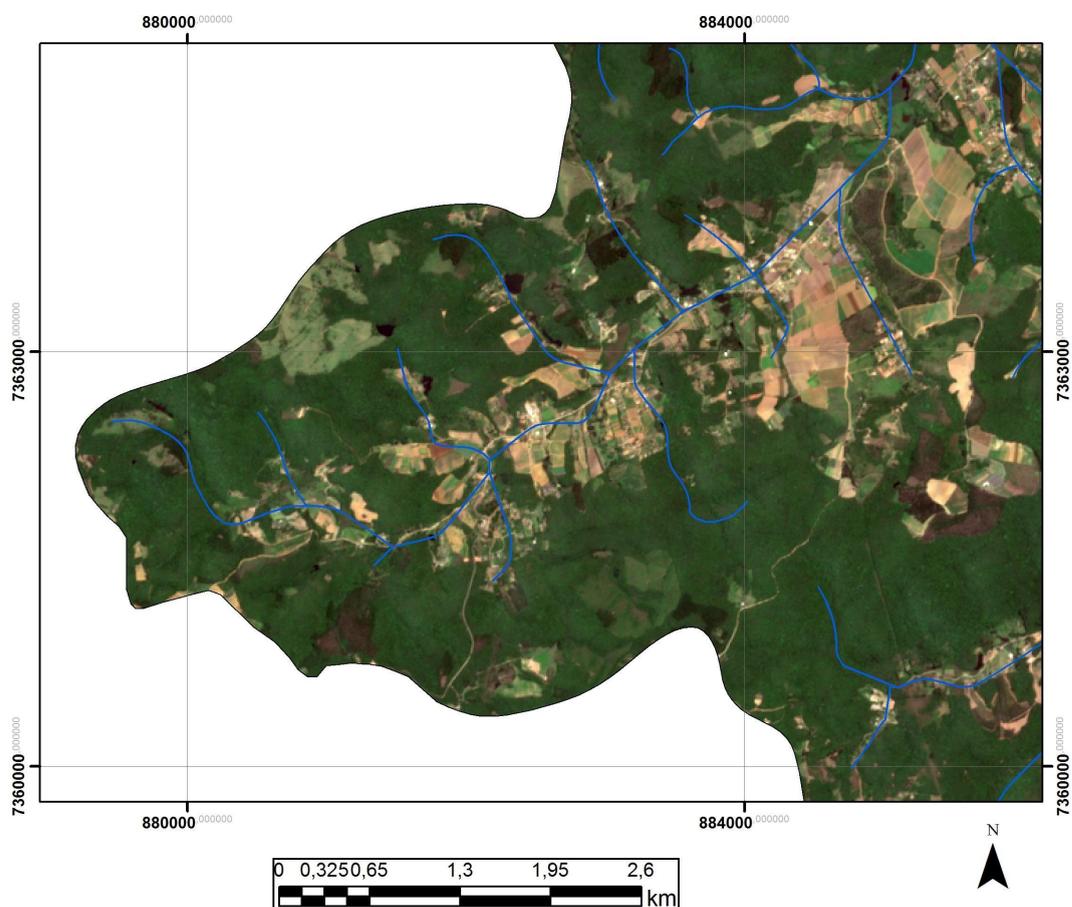


Legenda: A – Mapa dos Fragmentos Florestais de 2010. B - Mapa dos Fragmentos Florestais de 2019. Fonte: Costa (2020)

Segundo Costa (2020), a bacia do rio Sorocabuçu possuía 3.652 fragmentos florestais em 2010 e 3.613 em 2019, sendo a maior parte composta por fragmentos classificados como muito pequenos, menores que 5 hectares (3.437 em 2010 e 3.387 em 2019), evidenciando o aumento da fragmentação, resultado do manejo da área, uma bacia hidrográfica de caráter rural. A autora op. cit revela que, considerando a área ocupada pela classe, tem-se apenas 19,68% e 12,86% (2010 e 2019, respectivamente), sendo que sua diminuição entre os anos corrobora com a diminuição de área ocupada pela classe mata no uso do solo e cobertura vegetal.

Ao observar a imagem de satélite do setor (Figura 30), verifica-se que no Ribeirão do Murundu, as intervenções humanas se concentram nas áreas de menor declividade, ou seja, mais próximas ao canal, sendo o setor melhor preservado observado nos topos e altas encostas.

Figura 30 - Imagem de satélite do bairro Murundu.



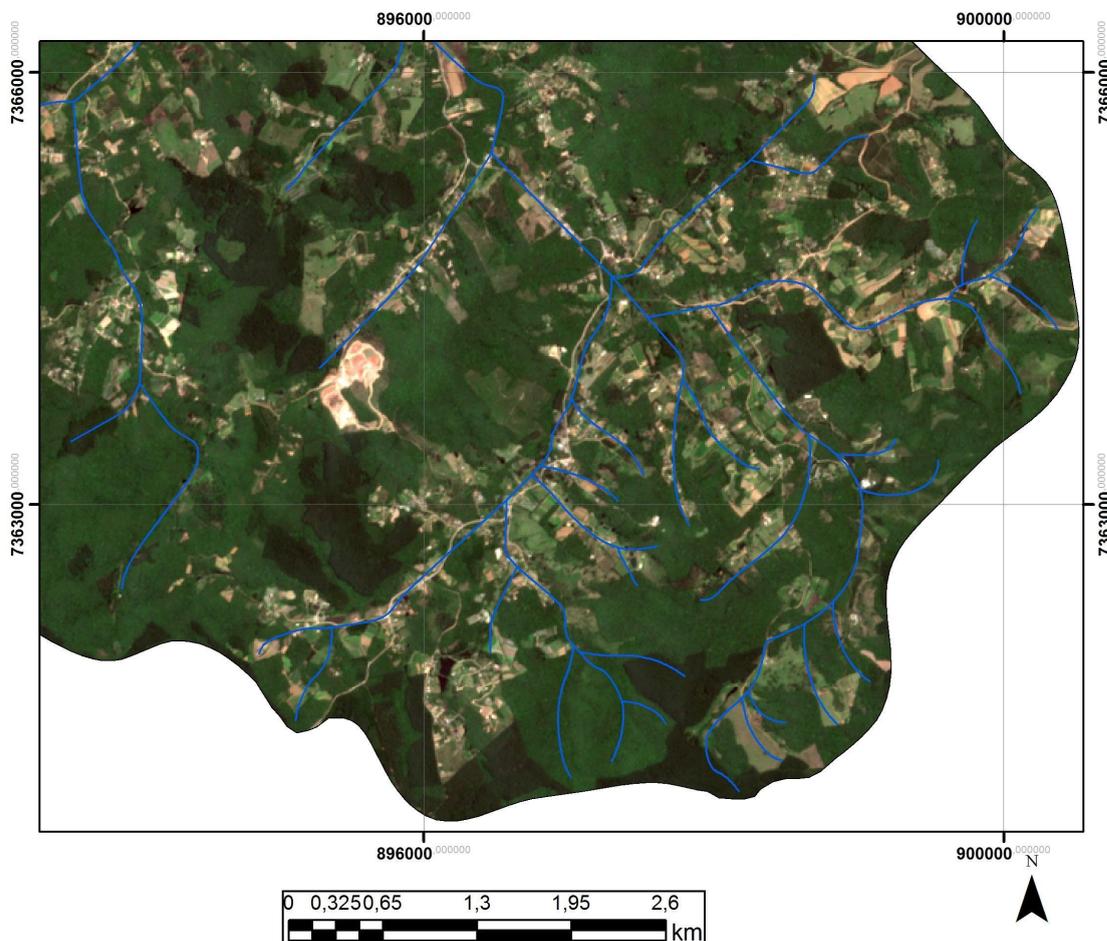
Fonte: Sentinel-2, imagem captada em 07 de nov. de 2021.

Dentre os aspectos que devem influenciar nessa diferenciação estão as questões da acessibilidade e mobilidade regional, pois as estradas entre os limites dos bairros Murundu e Paiol Grande são de difícil acesso, devido a distância e a precariedade das estradas vicinais, o que certamente também é obstáculo ao escoamento da produção agrícola. Outra questão que influencia a diferenciação de uso do solo envolve a restrição à supressão da cobertura vegetal, em função da bacia estar inserida em uma APA, estando sujeita assim, ao Plano de Manejo da unidade de conservação e orientações sobre sua zona de amortecimento, mesmo que, nem sempre essas orientações sejam seguidas do ponto de vista local. Vale ressaltar que a bacia analisada situa-se no bioma da Mata Atlântica, compreendendo parte da Serra de Paranapiacaba.

No bairro Verava (Figura 31) observam-se moradias e desenvolvimento de cultivos temporários, assim como nos demais setores, bem como considerável área de vegetação preservada devido às distâncias frente à sede municipal e demais núcleos urbanos. Porém, é acessível pela rodovia Bunjiro Nakao, sentido Cotia/SP, fazendo com que haja maior presença de instalações e empreendimentos voltados para o turismo, como *resorts*, pesqueiros e chácaras de veraneio, seja dentro de loteamentos fechados ou abertos. De acordo com Santoro (2014), normalmente nestas áreas há uma sobreposição de normas destinadas ao espaço urbano e rural, o que pode dificultar a preservação das APPs. Cursos d'água, nascentes, lagos e represas costumam ser atrativos, mas o estabelecimento destas propriedades pode contraditoriamente promover a deterioração dos aspectos que as tornam tão atraentes.

Além disso, no bairro Verava encontra-se a Mineração Bom Retiro II, que trabalha com a extração de areia destinada à indústria e construção civil. Segundo a própria empresa suas atividades atendem a norma internacional NBR ISO 9000:2015 e exigências de órgãos nacionais, inclusive promovendo compensação ambiental (BOM RETIRO, 2017). A várzea do Rio Sorocabuçu também é uma área de interesse para projetos de grande porte para extração de areia e argila, mas movimentos ambientalistas procuram contestar e debater a importância da utilização consciente dos recursos naturais (SOS Itupararanga, 2019).

Figura 31 - Imagem de satélite do bairro Verava, alta bacia.



Fonte: Sentinel-2, imagem captada em 07 de nov. de 2021.

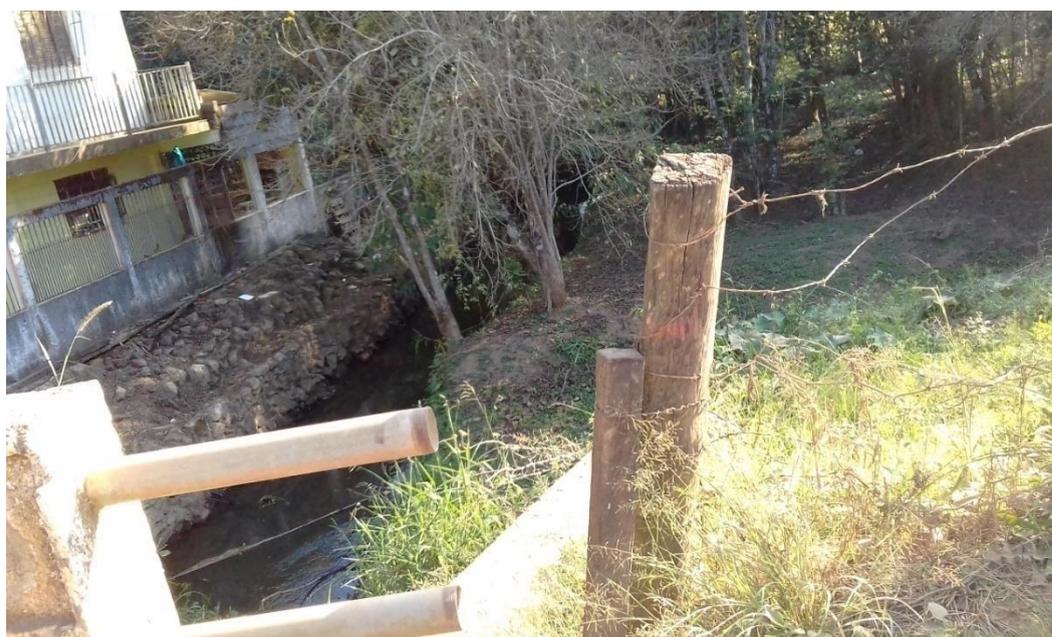
As estradas servem de acesso às vias principais e ligam propriedades e povoados vizinhos, permitindo que a população da zona rural tenha acesso aos serviços públicos e comércios. Normalmente as estradas vicinais não são pavimentadas e muitas delas não possuem iluminação. A degradação de tal estrutura viária ocorre em função da erosão provocada pelo escoamento superficial no leito e nas margens da estrada dificultando a sua utilização. Portanto, deve-se atentar para a manutenção do sistema de drenagem, evitando-se que o escoamento superficial se intensifique ou acumule (GRIEBELER, 2002).

Mesmo que a área de estudo tenha aspectos predominantemente rurais, há o desenvolvimento de atividades relacionadas à pré-urbanização. O bairro Piaí caracteriza-se economicamente como de classe baixa a média, contando com escolas de ensino básico, posto de saúde e rede de distribuição de energia elétrica.

Caiado e Santos (2006) discutem sobre ocupações urbanas em áreas rurais, nas quais se verifica crescimento e concentração populacional e gradual redução das atividades agrícolas na contribuição da renda e do emprego da população. Rodrigues (2005) aponta como fase de pré-intervenção morfológica, ou pré urbana, em que a morfologia e seus atributos, não sofreram grandes modificações pela ação antrópica, porém há sinais de degradação ambiental, que na bacia pode-se exemplificar a ocupação da planície fluvial para moradia, plantio e pastos. Segundo Nir (1983), nessas condições ocorre o aumento das atividades de construção e aumento da vazão. Estas características podem ser observadas no Bairro Piaí (Figura 32).

A cada estágio de urbanização surgem novos processos de intervenção, intensificando os impactos ambientais, fazendo-se relevante compreender a dinâmica ambiental de maneira integrada e o planejamento de forma estratégica. Distanto 12 km da sede do município, Ibiúna, os bairros rurais constituem amplos de expansão urbana, seja de moradores locais, bem como de casas de veraneio e pousadas. Como em função da declividade a ocupação desse núcleo ocorre predominantemente nos fundos de vale, é comum encontrar ocupações que avançam sobre o canal fluvial.

Figura 32 - Foto do setor central do bairro Piaí, média bacia.

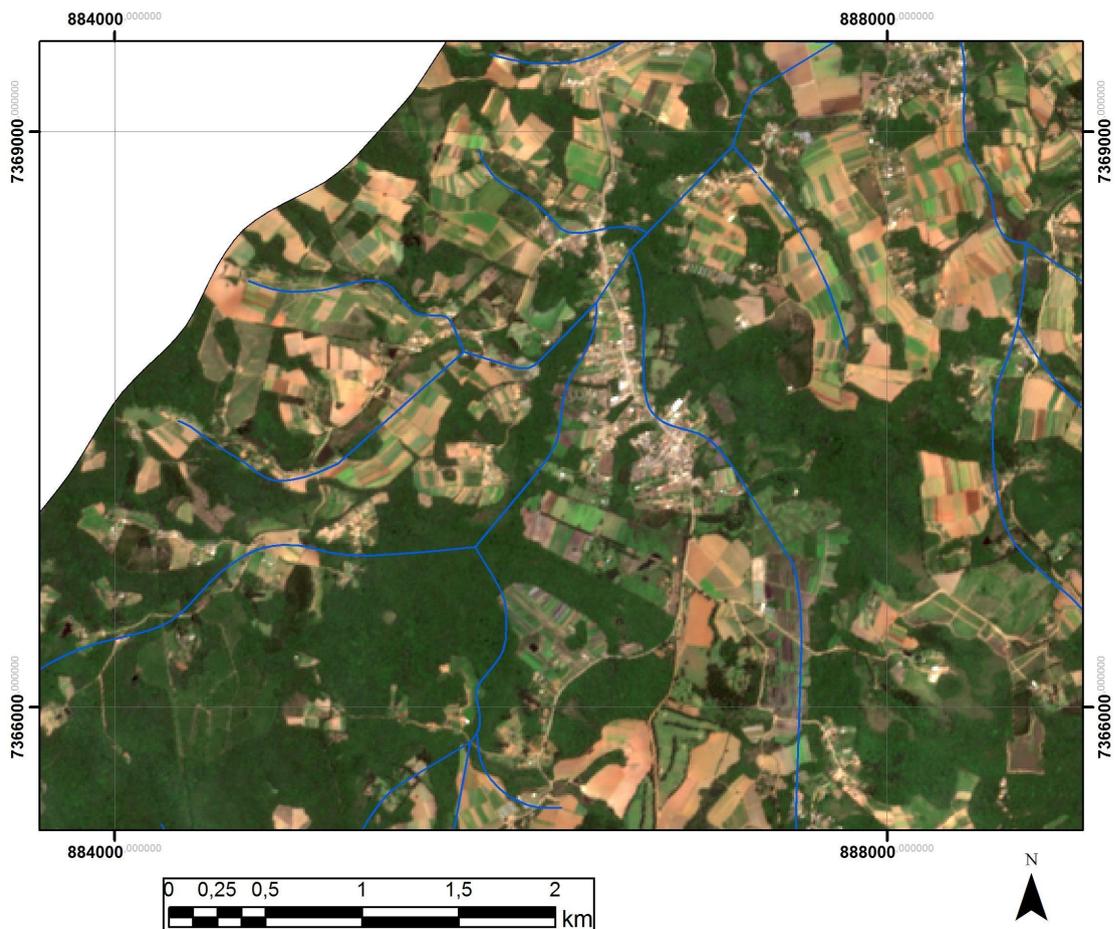


Autora: Jocasta Harue Tamataya, jun. de 2018.

As modificações ainda representam baixo impacto ambiental, porém são encontradas situações que caracterizam áreas de risco, por se tratar de locais em que não se recomenda a construção de residências, devido à possibilidade de eventos como inundações e escorregamentos. Observou-se no setor central do bairro Piaí a ocupação das planícies por pastagens e também moradias que em sua maioria não passaram por planejamento ou regulamentação, algumas delas são edificações improvisadas e construídas imediatamente ao lado da rede de drenagem, como é possível observar na foto acima.

A imagem de satélite (Figura 33) apresenta uma diversidade de elementos representados pelo mosaico de texturas que reflete a complexidade do uso do solo do bairro: o setor central com sinais de pré urbanização, fragmentos florestais e lavouras.

Figura 33 - Imagem de satélite do Bairro Piaí, média bacia.

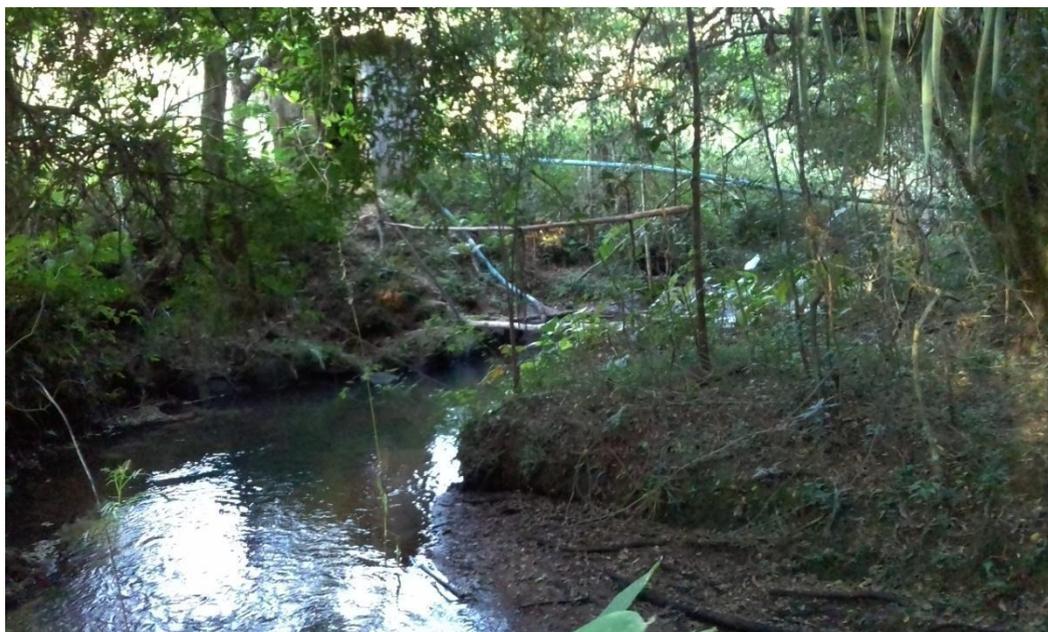


Fonte: Sentinel-2, imagem captada em 07 de nov. de 2021.

Trata-se de uma área que passou por várias modificações correspondentes às mudanças na legislação ambiental, sobretudo com o novo Código Florestal e a constituição da APA Itupararanga, portanto possui elementos que marcam diferentes temporalidades. Há ainda uma concentração de moradias e aumento do contingente populacional mais recente, que ocorreu nos últimos 20 anos. Pode-se verificar que a área é ocupada por moradias mais simples da população local, onde residem trabalhadores que desenvolvem suas atividades nas propriedades rurais do entorno deste pequeno núcleo urbano. De qualquer modo, parte destes moradores tem sua fonte de renda originada de atividades não vinculadas à agricultura, os quais se deslocam ao centro do município para trabalhar no comércio e prestação de serviços.

Para o desenvolvimento das atividades agrícolas temporárias no Bairro Piaí, é utilizada irrigação realizada através da captação de água do Ribeirão Murundu ou córregos afluentes por bombas, como mostra a Figura 34. Isso ocorre na maior parte da zona rural do município.

Figura 34 - Foto de tubulações no Ribeirão Murundu, bairro Piaí.



Autora: Jocasta Harue Tamataya, jun. de 2018.

Com base no conhecimento da área a contato com produtores e com a Secretaria do Meio Ambiente do município, estima-se que a maioria das bombas hidráulicas não possui outorga ou qualquer registro na prefeitura municipal, assim não há qualquer tipo de regulamentação ou dados numéricos sobre as influências da coleta de água sobre a vazão da

rede de drenagem. Em todos os setores da bacia foram observadas a presença de tubulações para coleta de água diretamente da rede de drenagem.

O uso da água para irrigação altera suas condições na medida em que é retirada do ambiente, sendo a maior parte consumida pela evapotranspiração das plantas e do solo, sem retorno aos corpos hídricos de onde é retirada, significando que apesar do ciclo hidrológico ser fechado, em curto prazo o recurso hídrico fica indisponível para outros usos. No Brasil, a irrigação é responsável por 46% da retirada e 67% do consumo dos recursos hídricos, havendo diferenças da quantidade de água utilizada a depender do tipo de cultura e condições climáticas locais (ANA, 2017).

Com relação à qualidade da água, Tucci (2009) argumenta que deve ser dada atenção aos aspectos biológicos e tóxicos da água quando utilizada para a irrigação dos diversos tipos de cultivos, principalmente quando se utiliza água de procedência duvidosa ou que possa haver algum tipo de contaminação. Além disso, quando utilizada para a criação de animais, deve ser realizada avaliação e constatada se a água está adequada para o consumo, podendo passar por tratamento.

O desenvolvimento de atividades agrícolas temporárias de pequenos e médios produtores, sobretudo de hortaliças e legumes, demandam arado, a utilização de fertilizantes, agrotóxicos e irrigação. Tais atividades podem levar a perda dos atributos físico-químicos do solo, bem como a sua movimentação através da vertente, a depender do manejo do solo (SOUZA, 2012). Em todos os setores da bacia são desenvolvidas tais atividades, contudo há um adensamento das mesmas entre a média e baixa bacia, possivelmente, aspecto relacionado à declividade, conforme mencionado anteriormente, como pode ser observado na Figura 35.

Além disso, como a maior parte da litologia é constituída de granitos fraturados, as características das águas subsuperficiais da região estão associados aos aquíferos fissurais, que embora não possuam a mesma capacidade de armazenamento se comparado a outros tipos de aquíferos, são essenciais para o abastecimento público e regularidade dos cursos fluviais da região. Gudmundsson et al. (2003) consideram que falhas ou fraturas de cisalhamento também são importantes condutos de água pelo fato de evoluírem a partir de fraturas menores, comumente grupos de fraturas extensionais.

Figura 35 - Foto de plantações de hortaliças, bairro Paiol Grande.

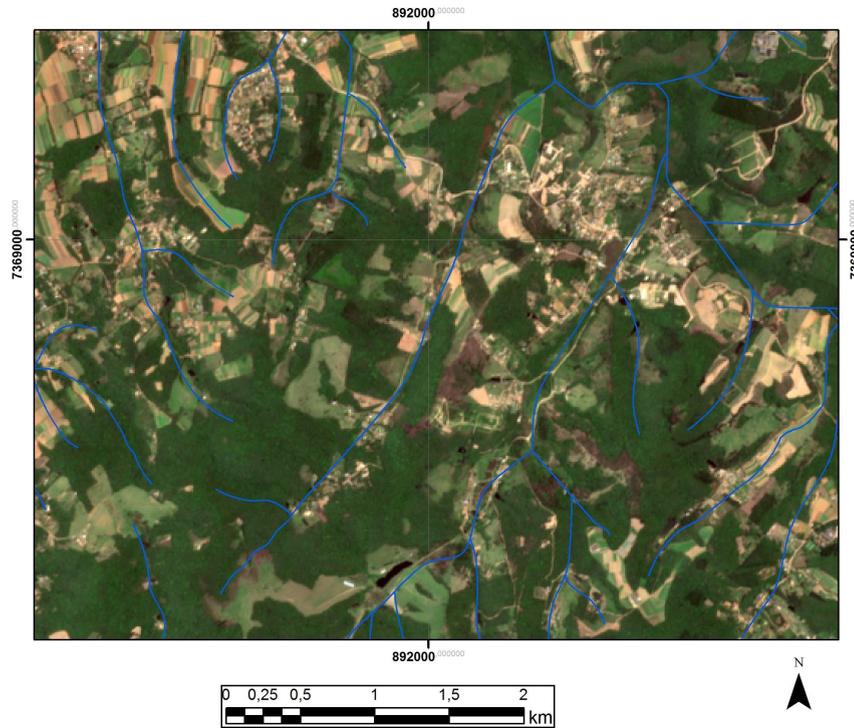


Autora: Jocasta Harue Tamataya, nov. de 2018.

Uma preocupação ambiental relacionada à área trata-se da possibilidade de infiltração de agrotóxicos no solo, pois existe a possibilidade de poluição destes aquíferos. Neves (2005) salienta a importância de monitoramento de tais reservatórios para evitar a contaminação por poluentes provenientes tanto das áreas urbanas como rurais.

Na área é possível identificar arruamentos, residências, vegetação nativa secundária, algumas espécies vegetais introduzidas e plantações na encosta, tratando-se de um recorte representativo das ações antrópicas na área estudada, sobretudo a partir da média bacia. A vegetação nativa preservada está relacionada às APPs e aos limites que dividem as propriedades, além disso, como se pode observar na Figura 36, esse tipo de vegetação é expressamente fragmentada, marcada por polígonos de forma e metragem quadrada variada.

Figura 36 - Imagem de satélite do bairro Paiol Grande, média bacia.



Fonte: Sentinel-2, imagem captada em 07 de nov. de 2021.

A partir da Figura 36 pode-se ter um panorama do contexto geográfico da área, e verificar a densidade de utilização dos recursos locais, sobretudo o solo e a água, para o desenvolvimento do plantio de culturas temporárias em pequenas propriedades. Considerando a importância econômica e social das atividades agrícolas e da preservação dos recursos utilizados, e por mais que o município de Ibiúna apresente iniciativas, relacionada ao governo municipal e ONGs, sobre a preservação municipal em seu território, ainda ocorre a necessidade de conscientizar os pequenos agricultores sobre o manejo do solo, da água e das regulamentações legais vigentes às áreas rurais e APPs.

Nos bairros Gabriel e Veravinha, localizados na baixa bacia, as atividades econômicas predominantemente realizadas estão relacionadas à agropecuária e são semelhantes aos demais bairros, porém por se tratar de um setor com formas de relevo mais suavizadas, ocorrem com mais intensidade e expressividade territorial, desde os topos dos interflúvios até a planície, do ponto de vista do relevo. Na Figura 37, já nas proximidades com a confluência entre os rios Paiol Grande e Sorocabuçu, constatou-se que se encontra bem preservada a APP,

embora em alguns trechos em todos os bairros haja interrupções da mesma, cabendo receber atenção com relação a sua manutenção e preservação.

Figura 37 - Foto próximo a confluência Sorocabuçu-Paiol Grande, bairro Gabriel.

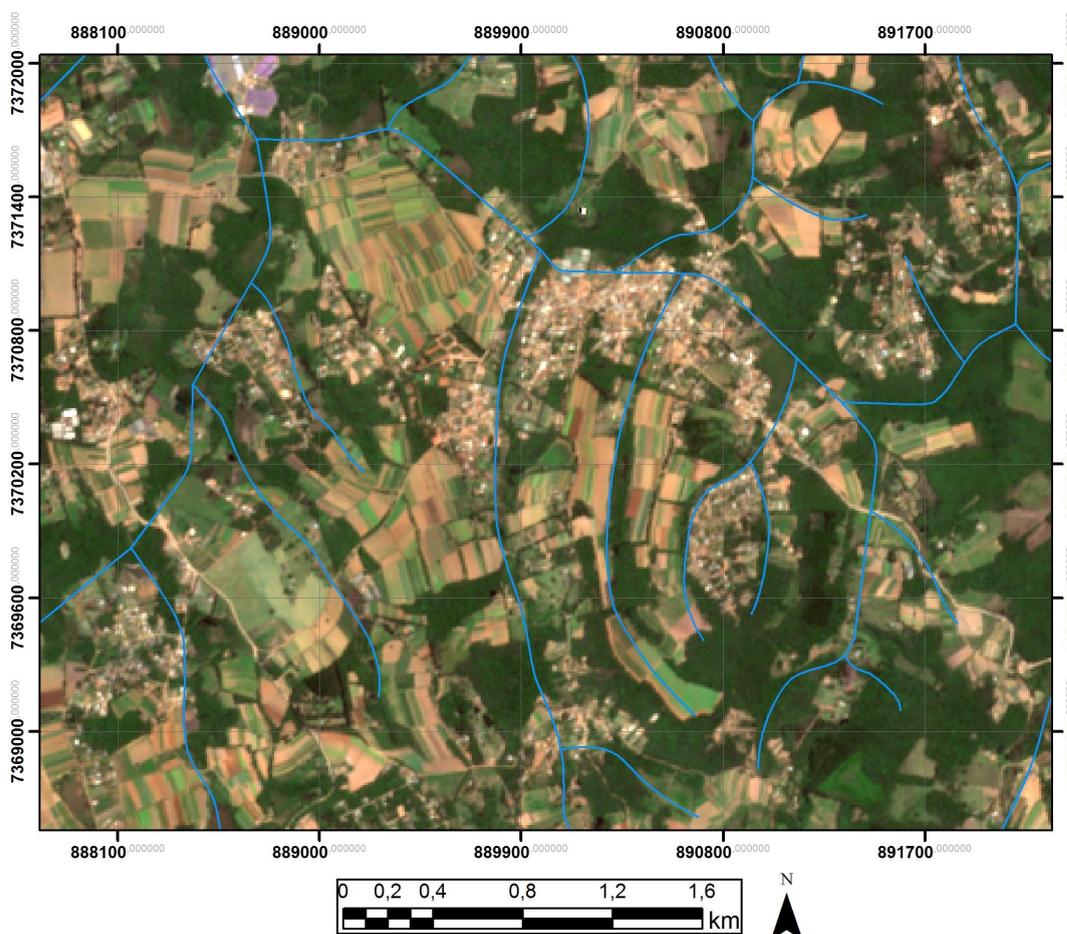


Autora: Jocasta Harue Tamataya, jun. de 2018.

Na foto observa-se uma tubulação de coleta de água, vegetação da APP e a coloração da água amarronzada, indicando presença de sedimentos em suspensão, não havia sinais de produtos químicos oléicos e nem detritos em flutuação. Porém, pode-se levantar a hipótese da existência de resíduos de produtos agroquímicos utilizados nas plantações e coliformes fecais provenientes da criação de animais.

Embora a Figura 37 apresente elementos bem preservados, a imagem de satélite (Figura 38) demonstra a intensa ocupação e utilização do solo no bairro, muito semelhante ao contexto observado no Bairro Paiol Grande. Na imagem estão presentes pequenos represamentos, moradias, plantações, fragmentos de vegetação secundária e uma área com arruamento retilíneo com chácaras de veraneio, que reflete o uso do solo tanto para a agricultura, quanto para o turismo. Além disso, podem-se observar interrupções dos trechos de APP, decorrentes do desmatamento e algumas áreas de plantio com o solo exposto, sendo estes fatores contribuintes para a intensificação do processo de erosão, por estarem mais suscetíveis aos processos erosivos superficiais.

Figura 38 - Imagem de satélite do bairro Gabriel, média bacia.



Fonte: Sentinel-2, imagem captada em 07 de nov. de 2021.

De acordo com Costa e Rodrigues (2015), o manejo do solo incorreto pode promover desequilíbrio ambiental, tendo por consequências a perda de solo, intensificando os processos erosivos, através do aumento do escoamento superficial influenciado pelo relevo, devido à declividade do terreno e pela supressão da vegetação, que atua como proteção frente à ação erosiva da água.

Além disso, a ausência de cobertura superficial deixa o solo exposto à amplitude térmica diária, ou seja, de dia os raios solares aumentam a temperatura, alterando a atividade biológica, podendo matar os microrganismos menos resistentes. E a queda de temperatura durante a noite causa estresse aos seres vivos que resistem ao calor intenso do dia. Também, a erosão dos solos por conta da supressão da cobertura vegetal, mecanização, queimadas,

pastoreio e outros, levam não apenas a degradação do solo, como também dos recursos hídricos, podendo causar assoreamento e poluição (CAPECHE, 2005).

De acordo com Souza (2012), as áreas rurais estão sujeitas a diversos riscos e impactos ambientais, por isso deve-se desenvolver práticas ambientais adequadas a partir da: (1) identificação de áreas com restrição ambiental; (2) avaliação da capacidade de uso do solo, desde os atributos do relevo até a composição do solo; e (3) práticas de conservação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo e da água, a fim de manter, melhorar ou recuperar. Além disso, o autor menciona as práticas edáficas, que se trata da

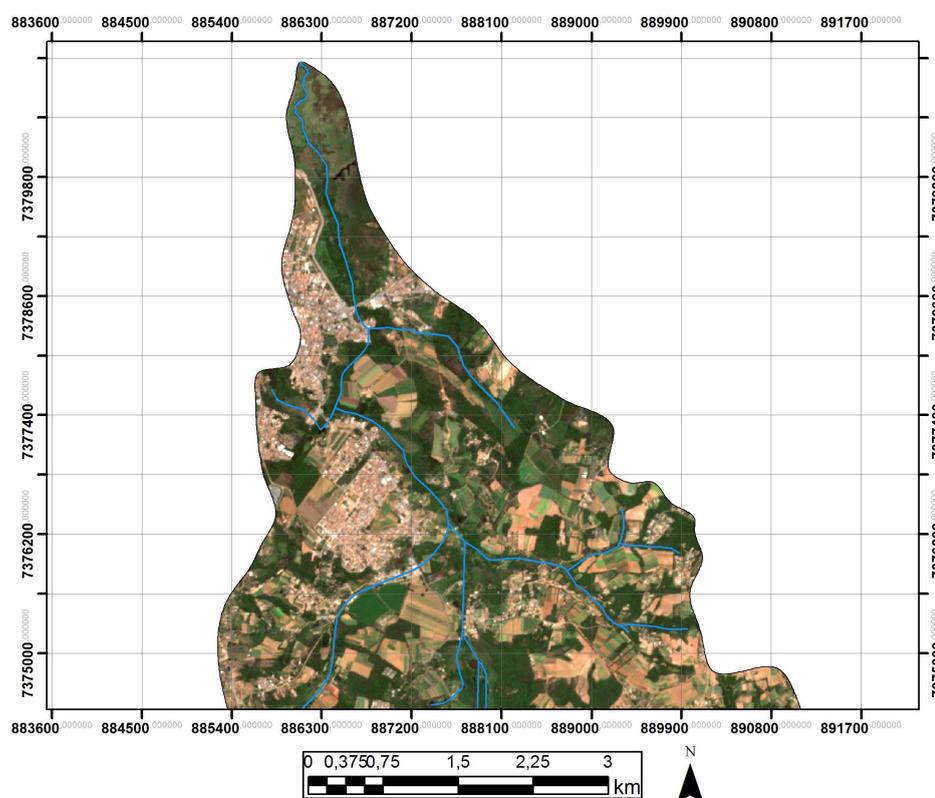
[...] seleção de glebas, de acordo com a aptidão e capacidade de uso; o controle de queimadas; a rotação de culturas; o preparo do solo e o plantio em nível; o cultivo mínimo; o plantio direto; a subsolagem; a adubação mineral (de correção e manutenção) e calagem; a adubação orgânica; a adubação verde; as capinas alternadas; entre outras. (SOUZA, 2012, p. 8)

O autor também fala sobre práticas mecânicas de conservação do solo e água, que são intervenções de manejo do solo por máquinas, demandando manutenção periódica e conhecimento sobre o solo, sendo recomendável apenas em latossolos e argissolos, em declividades de 3% a 12%.

As características da Bacia do Rio Sorocabuçu são predominantemente próprias de áreas rurais, porém o setor da baixa bacia abrange parte do perímetro urbano do município. O centro urbano do município se desenvolveu sobre o divisor d'água das bacias dos rios Sorocabuçu e Una. Na Figura 39 é possível verificar parte da mancha urbana da área central do município, que é margeada pela área de várzea dos rios Sorocabuçu, Sorocamirim e Una, conhecido popularmente como "Brejão".

A área de várzea é de propriedade da Companhia Brasileira de Alumínio (CBA), é considerada área de preservação permanente e utilizada pela empresa para compensação ambiental de suas atividades.

Figura 39 - Imagem de satélite do setor da baixa bacia do Sorocabuçu.



Fonte: Sentinel-2, imagem captada em 07 de nov. de 2021.

Na sede do município a mancha urbana e a área de várzea são delimitadas pela Avenida Antônio Falci, que juntamente a Avenida Maria La Farina Milani interligam os trechos da Rodovia Bunjiro Nakao Piedade/Ibiúna e Ibiúna/Vargem Grande Paulista, a principal via de escoamento dos produtos agrícolas do município.

No setor em questão, há uma extensa planície, formada pela confluência dos rios Sorocamirim, Sorocabuçu e Una, setor de intensa dinâmica geomorfológica e migração lateral de canais, verificada inclusive pela dificuldade na identificação da rede de drenagem nos mapeamentos consultados e/ou elaborados, a planície caracterizada também pela presença de meandros abandonados. Através da utilização das imagens da Sentinel-2 com definição de dez metros foi possível realizar as correções da drenagem manualmente nesta área.

Em campo observou-se vegetação rasteira típica de várzea e locais alagados, bem como espécies exóticas ao ambiente, tanto vegetais, quanto animais. Além disso, nos trabalhos de campo realizados também foram observados a presença de resíduos sólidos às

margens dos cursos da área (Figura 40), destacando-se ainda a estrutura precária das pontes locais.

Figura 40 - Rio Sorocabuçu no início do perímetro urbano.



Autora: Jocasta Harue Tamataya, mar. de 2022.

Na área há três estações elevatórias de esgoto: Brejão, na Bacia do Rio Sorocabuçu; Final, na Bacia do Rio Una; e Vila Lima, também na Bacia do Rio Una, que têm por objetivo tratar o efluente doméstico gerado no sítio urbano de Ibiúna.

Neste setor ocorrem eventos de inundações e alagamentos nos períodos de maior precipitação, sobretudo no verão e mudanças de estação, que a cada ano pioram devido à expansão da área urbana e ao excesso de acúmulo de sedimentos advindos da montante que ocasionam assoreamento dos canais fluviais. Segundo dados de 2020 do IBGE (2022), nos últimos quatro anos o município foi atingido por alagamentos e inundações em áreas naturalmente inundáveis, desde eventos graduais a bruscos, sendo 2017 o ano de maior

impacto em que edificações foram atingidas e pessoas ficaram desabrigadas, especificamente em locais com ocupações irregulares.

Além disso, ocorrem nos setores periféricos, loteamentos e novas construções processos erosivos acelerados, com escorregamentos de encostas sujeitas a deslizamentos. Dentre as ações sinalizadas pelo governo municipal para minimizar os danos causados estão o desassoreamento de corpos hídricos, obras de contenção; realocação da população que vive em áreas de risco e limpeza periódica de bueiros. De acordo com informações da administração local e do IBGE (2022), o município ainda possui plano de prevenção de escorregamentos e deslizamento de encostas; plano de implantação de obras e serviços para redução de riscos e desastres; mapeamento de áreas de risco de enchentes ou inundações; programa de realocação de população de baixa renda em áreas de risco; fiscalização de áreas suscetíveis a desastres; projetos de engenharia relacionados aos eventos; e coordenação municipal de proteção e defesa civil. Considera-se que, infelizmente, esse conjunto de ações ainda não é o bastante para minimizar os problemas socioambientais da área de estudos.

Outro aspecto importante a ser considerado sobre a área, e que tem gerado discussões no âmbito local e regional é o fato de que nos últimos 10 anos vêm sendo propostos projetos de licenciamento para exploração de areia e argila pela Votorantim Cimentos com expectativa de extração mensal de 30.000 toneladas de areia e 10.000 de argila. Em 2012, o projeto recebeu parecer desfavorável do Conselho Gestor da APA Itupararanga e do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê (CBH-SMT). Em 2015 a SOS Itupararanga realizou um abaixo-assinado repudiando o projeto. Estima-se que na área encontram-se 140 espécies de aves, sendo três em ameaça de extinção, 16 espécies de mamíferos e 11 de peixes. Dentre os possíveis impactos ambientais estão o assoreamento da represa; contaminação através de derramamento de óleo; e perda de biodiversidade (OLIVEIRA, 2015). Em 2017, Raul Marcelo (Psol), então deputado estadual, protocolou junto ao Ministério Público Federal em Sorocaba o pedido de apuração se a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) fiscaliza adequadamente o projeto, até dado momento o projeto havia sido arquivado, mas a gestão da APA não havia recebido notificação de desistência do projeto, necessária para formalizar a suspensão e a Fundação Florestal não havia ratificado o parecer desfavorável do Conselho Gestor da APA Itupararanga (CRUZEIRO do Sul, 2017). Para a

SOS Itupararanga a solução definitiva seria instituir uma unidade de conservação no local, sendo que desde 2014 são desenvolvidos estudos para tal (SOS Itupararanga, 2019).

Na Tabela 06 estão sintetizados os impactos ambientais constatados ao longo da realização do trabalho, bem como unidades de relevo e bairros em que os mesmos ocorrem. Pode-se fazer uma evidente correlação entre os padrões de relevo e os usos e ocupação, pois se percebe que a maior proporção de intervenção humana se dá na unidade IV, com padrão de planícies e formas suavizadas, que facilitam a mecanização e se tem fácil acesso aos recursos hídricos locais.

Quadro 03 - Síntese de impactos ambientais na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu.

Unidade de relevo	Bairros	Características do relevo	Uso e Ocupação	Intervenção Antrópica	Impacto Ambiental
I	Murundu	Padrões em serra; declividade alta; topos convexos; vertentes retilíneas a convexas.	Plantio de culturas temporárias	Plantio em encostas íngremes	Perda de solo; risco de movimentos de massa; aumento do escoamento superficial
II	Murundu, Verava e Paiol Grande	Padrões em colinas; topos convexos; vertentes retilíneas a convexas.	Plantio de culturas temporárias, pastoreio e habitação	Arruamentos acompanhando a topografia e demais estradas vicinais	Aumento do escoamento superficial; ravinamento.
			Plantio de culturas temporárias e pastoreio	Supressão vegetal	Perda de solo; diminuição da quantidade e qualidade da água, assoreamento; desconectividade entre fragmentos florestais.
			Plantio de culturas temporárias	Represamentos	Alteração do nível de base; inundações; eutrofização.
				Uso de agroquímicos	Contaminação do solo, a água e alimentos; alteração das características bioquímicas do solo; favorecimento da erosão; infertilidade; danos à saúde.
				Irrigação	Alteração da vazão.
			Etapa de solo exposto	Perda de solo; aumento da erosão; alteração das atividades biológicas.	
Habitação	Captação de água superficial e subsuperficial; utilização de fossas sépticas	Deficiência nas infraestruturas de saneamento básico, acarretando contaminação do solo e da água e danos à saúde pública.			
III	Verava, Piai, Paiol Grande, Veravinha	Padrões em colinas suavizadas; topos convexos; vertentes retilíneas a convexas.	Plantio de culturas temporárias e pastoreio	Supressão vegetal	Perda de solo; diminuição da quantidade e qualidade da água, assoreamento; desconectividade entre fragmentos florestais.
			Plantio de culturas temporárias, pastoreio e habitação	Arruamentos acompanhando a topografia e demais estradas vicinais	Aumento do escoamento superficial; ravinamento.
			Plantio de culturas temporárias	Uso de agroquímicos	Contaminação do solo, a água e alimentos; alteração das características bioquímicas do solo; favorecimento da erosão; infertilidade; danos à saúde.

				Mecanização	Aumento do escoamento superficial e da erosão, compactação do solo, remobilização do solo, mobilização de sedimentos e agroquímicos.
				Irrigação	Alteração da vazão.
				Etapa de solo exposto	Perda de solo; aumento da erosão; alteração das atividades biológicas.
			Habitação	Captação de água superficial e subsuperficial; utilização de fossas sépticas	Deficiência nas infraestruturas de saneamento básico, acarretando contaminação do solo e da água e danos à saúde pública.
IV	Piai, Gabriel e Sede do Município	Padrões em planícies; topos convexos; vertentes retilíneas a convexas.	Plantio de culturas temporárias e pastoreio	Supressão vegetal	Perda de solo; diminuição da quantidade e qualidade da água, assoreamento; desconectividade entre fragmentos florestais.
			Plantio de culturas temporárias, pastoreio e habitação	Arruamentos acompanhando a topografia e demais estradas vicinais	Aumento do escoamento superficial; ravinamento.
			Plantio de culturas temporárias	Uso de agroquímicos	Contaminação do solo, a água e alimentos; alteração das características bioquímicas do solo; favorecimento da erosão; infertilidade; danos à saúde.
				Mecanização	Aumento do escoamento superficial e da erosão, compactação do solo, remobilização do solo, mobilização de sedimentos e agroquímicos.
				Irrigação	Alteração da vazão.
				Etapa de solo exposto	Perda de solo; aumento da erosão; alteração das atividades biológicas.
			Habitação	Ocupação de planícies com características de pré-urbanização e urbanização	Retirada de APP, representando risco de inundação e assoreamento.
				Captação de água superficial e subsuperficial; utilização de fossas sépticas	Deficiência nas infraestruturas de saneamento básico, acarretando contaminação do solo e da água e danos à saúde pública.

Organização: Jocasta Harue Tamataya, 2022.

Trata-se de uma área inserida em uma unidade de conservação e estância turística, cujo contingente populacional tende a aumentar significativamente aos finais de semana e temporada de férias escolares, o que gera a possibilidade de desenvolvimento de práticas de turismo rural. Para tal, deve ser desenvolvido o diálogo entre os moradores e projetos que viabilizem estruturas para fins turísticos de forma sustentável, que sejam de fácil acesso à população local e exterior e que se faça a manutenção dos mesmos.

Com a construção dos represamentos, poços e captação de água para irrigação diretamente do curso d'água, ocorrem alterações na dinâmica hídrica tanto superficial como subsuperficial. Consequentemente, novo estado de equilíbrio de vazão é estabelecido, tornando as avaliações ambientais imprescindíveis para que novas intervenções possam ser realizadas. Além disso, os represamentos tornam-se pontos de retenção de água e sedimentos, sendo necessária a manutenção periódica.

O Relatório de Situação 2018 do Comitê da Bacia Hidrográfica Sorocaba-Médio Tietê indica que da UGRHI-10, o município de Ibiúna é um dos que ainda possui sistema de saneamento deficiente, índices de qualidade da água ruim, carência de estruturas de saneamento básico nas áreas rurais, necessidade de alternativas de destinação e reutilização de resíduos sólidos, e de modo geral o limite de uso das águas dos rios Tietê e Sorocaba já é quase uma realidade. Estas informações aumentam ainda mais a importância de ações que de planejamento e regulamentação das ocupações e atividades em áreas rurais sejam efetivas.

Já existem alguns instrumentos legais de regulamentação ambiental de propriedades e atividades desenvolvidas em áreas rurais, porém o que se observa é que não se coloca em prática. Nesse contexto, a gestão pública tem o papel de tomar iniciativas e administrar investimentos que permitam a regulamentação das atividades destas áreas, sem que haja ônus aos produtores e trabalhadores rurais.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da bacia hidrográfica como unidade espacial possibilitou abranger os diferentes elementos do espaço geográfico de maneira a compreender como as dinâmicas do relevo e da água são alterados pela ação antrópica. Nesse contexto, não se utilizou o Geossistema como unidade, mas sim a abordagem integrada das relações no meio, atendendo às demandas da pesquisa. O conjunto de metodologias permitiu realizar as análises necessárias de forma ampla, podendo se concluir a maior parte dos objetivos do projeto, dentro das limitações logísticas.

Os trabalhos de campo foram essenciais para que a partir da análise da Paisagem pudesse elucidar as diferentes características da Bacia do Sorocabuçu e verificar os dados das perspectiva vertical gerada pelas imagens de satélite e documentos cartográficos.

Ao longo do tempo a análise hidrológica pode ser aperfeiçoada com o mapeamento de nascentes e aplicação de outras técnicas. Também percebeu-se a necessidade de estabelecimento de prazos de revisão dos estudos da qualidade da água, pois os índices apresentados tiveram alterações significativas em relação a estudos anteriores e não há periodicidade no monitoramento destes índices.

Em relação ao mapa de uso e ocupação do solo, constatou-se que o *software* eCognition apresenta funções que facilitam a delimitação de amostras e correções manuais de polígonos se comparado ao ArcGIS.

A Bacia Hidrográfica do Rio Sorocabuçu é uma referência aos estudos ambientais em Ibiúna pela sua representatividade, já que abrange os principais elementos do espaço rural, que é predominante no município. Além disso, devido a sua importância no abastecimento de água local, regional e a sua colocação na hierarquia na rede de drenagem do Sorocaba/Médio Tietê, o monitoramento do cenário ambiental se faz necessário para a melhor preservação da água como recurso à sociedade e como meio de vida à biodiversidade regional. A respeito do relevo, pode-se verificar compartimentações distintas e uma relação entre as declividades e os usos da terra empregados na área. Quanto à água, ainda é possível afirmar que a qualidade dos cursos fluviais se mantém aceitável a boa, embora sejam retratadas alterações da vazão em função dos represamentos e captação sem monitoramento.

Dessa forma, a etapa do mestrado contribuiu não apenas para o enriquecimento curricular da autora, mas principalmente para o aperfeiçoamento de técnicas e

amadurecimento acadêmico, que até o período da graduação ainda eram principiantes. E diante dos percalços impostos pela pandemia de Covid-19, foi necessário desenvolver habilidades de resiliência e independência para além das expectativas no ingresso.

Através da publicação dos dados desta pesquisa espera-se de alguma forma contribuir com conhecimento de base que possibilite a melhoria na gestão e planejamento de políticas públicas de saneamento básico, saúde pública, ocupação de terras, regulamentação de atividades econômicas e outras.

Sobre Ibiúna, onde se encontra a bacia hidrográfica analisada, existem várias pesquisas científicas sobre o município, porém o território é extenso, e os estudos produzidos são de temáticas diversas, sobre setores distintos, havendo assim escassez de dados para a realização de novos estudos de algumas áreas. Portanto, cada nova abordagem gera perspectivas significativas para o desenvolvimento científico, político, econômico e social.

E por fim, no que diz respeito a gestão pública, é de suma importância que seja realizado trabalho de conscientização dos munícipes sobre a utilização dos recursos naturais locais já que a área possui relevância econômica e de abastecimento de alimentos. Outro ponto relevante é a regularização das propriedades e estruturas de saneamento básico para melhor monitoramento da situação ambiental e de saúde pública. Além disso, a área possui potencial para estabelecimento de atividades de turismo que podem contribuir com as demais áreas de desenvolvimento econômico.

REFERÊNCIAS

ABREU, A. A. A teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo: Instituto Geológico, Coordenadoria da Pesquisa de Recursos Naturais, v. 4, n. 1/2, p. 5-53, 1983.

AB'SÁBER, A. N. A terra paulista. **Boletim Paulista de Geografia**. São Paulo, SP, nº 23, 1956. Disponível em:
<<http://www.agb.org.br/publicacoes/index.php/boletim-paulista/article/view/1299/1137>>. Acesso em: 19 de mar. de 2019.

AB'SABER, Aziz Nacib. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 18, p. 1-23, 1969.

AB'SÁBER, A. N. Potencialidades Paisagísticas Brasileiras. In: _____. **Os domínios de natureza no Brasil – Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. Cap. 1. P. 09-26.

AGRITEMPO - Sistema de Monitoramento Agrometeorológico. **Estatísticas**. 2020. Disponível em:
<<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estatisticas/index.jsp?siglaUF=SP>>. Acesso em: 19 de mai. de 2021.

AGUIAR, A. M. **Análises hidrogeomorfológicas e hidrossedimentológicas para comparação de duas bacias hidrográficas contribuintes do reservatório de Itaipu**. 2009. 157 f. Dissertação (Mestrado em Geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ALBUQUERQUE, A. R. DA C. Bacia hidrográfica: unidade de planejamento ambiental. **Revista GEONORTE**. Manaus, AM, v.4, n.4, 2012, p. 201 – 209. Disponível em:
<<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/1913/1788>>. Acesso em: 02 de nov. de 2018.

ALMEIDA, F. F. M. **Fundamentos Geológicos do Relêvo Paulista**. Série Teses e Monografias, IGEOG-USP, São Paulo, n. 14, 99 p., 1974.

ALMEIDA, N. V. et al. Cobertura vegetal e sua importância na análise morfodinâmica da bacia hidrográfica do Rio Taperoá – nordeste do Brasil/ Paraíba. **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.3, N.4, 2012, p. 365-378. Disponível em:
<<http://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/1953>>. Acesso em: 21 de mar. de 2019.

ANA. **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2017.

ARAÚJO, I. B. DE et. al. Caracterização hidrogeomorfológica das paisagens componentes da bacia hidrográfica do rio Tapajós. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11, n.22, 2015. P. 3301-3327. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/exatas/caracterizacao%20hidrogeo.pdf>>. Acesso em: 21 de mar. de 2019.

BABAR, M. **Hydrogeomorphology: Fundamentals, Applications and Techniques**. New Delhi: New India Publishing Agency, 2005.

BERTALANFFY, L. **Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. 5ª ed. Petrópolis: Vozes, 1973. Tradução de Francisco M. Guimarães.

BISHOP, P. Stability or change: a review of ideas on ancient drainage in eastern New South Wales. **Australian Geographer**, v. 15, p. 219-230, 1982.

BOM RETIRO, Mineração. **Empresa**. 2017. Disponível em: <<http://mineracaobomretiro.com.br/empresa>>. Acesso em: 25 de mai. de 2021.

BORGES, A. L. DE O.; BORDAS, M. P. Choix de bassins représentatifs et expérimentaux pour l'étude dell'érosion sur le plateau basaltique sudamericain. **Sediment Budget**. IAHS. Porto Alegre, n. 174, 1988. P. 161-170. Disponível em: <http://hydrologie.org/redbooks/a174/iahs_174_0161.pdf>. Acesso em: 22 de mar. de 2019.

BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. DA. Bacia Hidrográfica e Qualidade Ambiental. Cap. 6. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a geografia física do Brasil**. 6. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012. 282 p. P. 153-188.

BOTTINO, F. **Estudo experimental e matemático de qualidade da água com base na ecologia fluvial de pequenas bacias: estudo de caso do rio Canha, Baixo Ribeira de Iguape, SP**. 2008. 208f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos: 2008.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, 16 de set. de 1965, Seção 1, p. 9529.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 1 de 1986, de 24 de Janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF: 17 de fev. de 1986.

BRASIL. Congresso Nacional. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF 09 de mai. de 1997, Seção 1, Página 470.

BRASIL. Congresso Nacional. Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Poder Legislativo, Brasília, DF, de 28 de mai. de 2012, Seção 1, p. 1.

BRIGUENTI, E. C. et. al. Identificação de riscos hidrogeomorfológicos em unidades geossistêmicas da Bacia do Ribeirão das Anhumas, Campinas/SP. In: **Anais do Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada**, 12, 2007, Natal-RN. Natal: UFRN, 2007. p. 1629-1648.

BROUSSE G. et al. Evolution hydrogéomorphologique de la bande active de l'Ubaye (Alpes françaises du Sud) de 1956 à 2004: contribution à la gestion des crues. **Géomorphologie: relief, processus, environnement**. Vol. 17, nº 3, 2011. P. 307-318. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/geomorphologie/9510#tocto1n3>>. Acesso em: 21 de mar. de 2019.

CAIADO, A. S. C.; SANTOS, S. M. M. DOS. Ocupações urbanas em áreas rurais: estudo sobre processos socioespaciais em curso no Estado de São Paulo. In: **XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais**. Caxambú-MG: ABEP, 2006. P. 1-17. Disponível em: <<http://www.abep.org.br/publicacoes/index.php/anais/article/download/1610/1573>>. Acesso em: 02 de nov. de 2018.

CAPECHE, C. L. **Processos erosivos em áreas da Usina Hidrelétrica Franca Amaral**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2005. 27 p.

CAZULA, L. P.; MIRANDOLA, P. H. Bacia hidrográfica – conceitos e importância como unidade de planejamento: um exemplo aplicado na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado/SP - Brasil. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**. Três Lagoas, MS, n. 12, ano 7, 2010. P. 101-124. Disponível em: <<http://www.seer.ufms.br/index.php/RevAGB/article/download/638/438>>. Acesso em 02 de nov. De 2018.

CCOPA RIVERA, E. A. **Modelo sistêmico para compreender o processo de eutrofização em um reservatório de água**. 2003. 152 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

CEPAGRI – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. **Clima dos Municípios Paulistas - Ibiúna**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_228.html>. Acesso em: 01 de fev. de 2018.

CETESB. **Autorização para Supressão de Vegetação Nativa / Intervenção em Áreas de Preservação Permanente –Aspectos correlacionados ao licenciamento**. 2019. Disponível

em: <https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/cetesb/intervencoes_doc_nativa.asp>. Acesso em: 21 de mar. de 2019.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Apêndice E: Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem. **Relatório da Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**, São Paulo, 2019b. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Apendice-E-Significado-Ambiental-e-Sanitario-das-variaveis.pdf>. Acesso em: 11 de mai. de 2021.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

COELHO, A. L. N. **Alterações hidrogeomorfológicas no Médio-Baixo Rio Doce/ES**. 2007. 227f. Tese (doutorado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

COELHO NETTO, A. L.. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. DA. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2015. Cap. 3. P. 93-148.

COMITÊ da Bacia Hidrográfica Sorocaba-Médio Tietê. **Relatório de Situação 2018 – Ano Base 2017**. Fundação Agência de Bacia Hidrográfica Sorocaba e Médio Tietê FABH-SMT: 2018. Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/events//CBH-SMT/6684/3brelatorio-situao-2018.pdf>>. Acesso em: 29 de dez. de 2018.

CONAMA. Resolução n.1 de 23 de janeiro de 1986. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Dispõe sobre os critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília: DOU, 1986.

CONAMA, Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 de mar. de 2005, Seção 1, p. 58-63.

COSTA, H. B. **Hidrogeomorfologia e Sistemas de Informação Geográfica integrados a um modelo hidrológico na bacia do Córrego Poá, Taboão da Serra-SP**. 2011. 147f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

COSTA, H. F. **Análise temporal da fragilidade ambiental na Bacia Hidrográfica do Alto Sorocabaçu, Ibiúna, SP**. 2020. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual Paulista, Sorocaba, 2020.

COSTA, Y. T.; RODRIGUES, S. C. Relação entre cobertura vegetal e erosão em parcelas representativas de Cerrado. **Revista Geográfica Acadêmica**. Boa Vista, RR, v.9, n.2, 2015, p.

61-75. Disponível em: <<https://revista.ufr.br/rga/article/view/3160/1816>>. Acesso em: 29 de mar. de 2019.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Breve Descrição das Unidades Litoestratigráficas Aflorantes no Estado de São Paulo. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo: Escala 1:750.000**. 2006. Disponível em:

<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/2966/1/breve_descri%C3%A7%C3%A3o_unidades.pdf>. Acesso em: 08 de mai. de 2021.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Zona de cisalhamento. In: _____. **Glossário geológico ilustrado**. 2019. Disponível em:

<http://sigep.cprm.gov.br/glossario/verbete/zona_de_cisalhamento.htm>. Acesso em: 26 de mar. de 2019.

CRUZEIRO do Sul, Jornal. **Projeto de extração de areia e argila em rios é questionado no Ministério Público Federal**. 08/04/2017. Disponível em:

<<https://www2.jornalcruzeiro.com.br/materia/778200/projeto-de-extracao-de-areia-e-argila-e-m-rios-e-questionado-no-ministerio-publico-federal>>. Acesso em: 29 de abr. de 2022.

DE BIASI, M. Cartas de declividade de vertentes: confecções e utilização. **Geomorfologia**. São Paulo, SP, n. 21, 1970, p. 08-13.

EMBRAPA. **Prosa Rural - Erosão do solo, seus efeitos e práticas de controle**. Região Nordeste/Vale do Jequitinhonha: 2013. Disponível em:

<<https://www.embrapa.br/prosa-rural/busca-de-noticias/-/noticia/2289436/prosa-rural---erosao-do-solo-seus-efeitos-e-praticas-de-controle>>. Acesso em: 21 de mar. de 2019.

ENR – Environment and Natural Resources. **Oxidation-Reduction Potential (ORP)**.

Governo dos Territórios do Noroeste do Canadá, 2021. Disponível em:

<https://www.enr.gov.nt.ca/sites/enr/files/oxidation-reduction_potential.pdf>. Acesso em: 19 de mai. de 2021.

ESA – EUROPEAN SPACE AGENCY. **Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services (07 November 2021)**. Disponível em:

<[https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products\('e41c9248-0253-472f-b5bc-7a81df6098ae'\)/\\$value](https://scihub.copernicus.eu/dhus/odata/v1/Products('e41c9248-0253-472f-b5bc-7a81df6098ae')/$value)> . acesso em: 10 de nov 2021.

FABH-SMT, Fundação Agência de Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba e Médio Tietê. **Plano de Bacia Hidrográfica: 2016-2027**. 2016.

FLORES, Diego Moraes; DE OLIVEIRA, Déborah. Aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) para análise de bacias hidrográficas e para traçado de lineamentos estruturais. **Geografia Ensino & Pesquisa, UFSM**, v. 20, n. 3, p. 125-139, 2016.

GODOY et. al. Evolução Geológica dos batólitos granitóides Neoproterozóicos do Sudeste do Estado de São Paulo. **Geociências**. São Paulo, SP, v. 29, nº 2, 2010, p. 171-185. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/71883?locale-attribute=em>>. Acesso em: 06 de fev. de 2018.

GOERL, R. F. et al. Hidrogeomorfologia: princípios, conceitos, processos e aplicações. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. V. 13, n. 2, 2012. P.103-111. Disponível em: <http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/hidrogeo_principios_conc.pdf>. Acesso em: 08 de abr. de 2018.

GOMES. **Poluição do solo causada pelo uso excessivo de agrotóxicos e fertilizantes – zona rural, Viçosa - MG**. In: Anais do Simpósio de Meio Ambiente, 6, 2010, Viçosa: CBCN, 2010. p. 1-6.

Disponível em: <<http://www.cbcn.org.br/simposio/2010/palestras/agrotoxicos.pdf>>. Acesso em: 16 de mar. de 2019.

GONTIJO-PASCUTTI, A. H. F. et al. As serras do Mar e da Mantiqueira. In: HASUI, Y. et al. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. 900p.

GRIEBELER. **Modelo para o dimensionamento de redes de drenagem e de bacias de acumulação de água em estradas não pavimentadas**. 2002. 134 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

GUDMUNDSSON, A.; GJESDAL, O.; BRENNER S.L.; FJELDSKAAR, I. 2003. Effects of linking up of discontinuities on fracture growth. **Hydrogeology Journal**, 2003, v. 11, n. 1, p. 84-99.

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 8. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993. 446 p.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. Erosão dos solos e a questão ambiental. Cap. 8. In: GUERRA, A. J. T.; VITTE, A. C. **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. 6ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

HASUI, Y. et al. Geologia da Folha de São Roque. **Boletim IG**, São Paulo, SP, v. 6, 1975, p. 175-183. Disponível em: <<http://www.journals.usp.br/bigusp/article/download/45231/48843>>. Acesso em: 01 de fev. de 2018.

HASUI, Y. A grande colisão pré-cambriana do sudeste brasileiro e a estruturação regional. **Geociências**, São Paulo, SP, v. 29, n. 2, 2010, p. 141-169. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/71882>>. Acesso em: 26 de mar. de 2019.

HIRATA, R. Recursos Hídricos. Cap. 20. In: TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008. 558p. P. 421-444.

IBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República. **Folha Topográfica Juquitiba, escala 1:50.000**. Rio de Janeiro, 1984.

IBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República. **Folha Topográfica Jurupará, escala 1:50.000**. Rio de Janeiro, 1984.

IBGE, Secretaria de Planejamento da Presidência da República. **Folha Topográfica São Roque, escala 1:50.000**. Rio de Janeiro, 1984.

IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Geologia**. Rio de Janeiro, 1998. 306 p.

IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Mapa de Unidades de Relevo do Brasil**. Rio de Janeiro, 2006.

IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Geomorfologia**. Rio de Janeiro, 2009. 182 p.

IBGE. **Censo demográfico do município de Ibiúna**. 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ibiuna/panorama>>. Acesso em: 19 de jan. de 2018.

IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de Pedologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro, 2015. 430 p.

IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3ª Ed. Rio de Janeiro, 2013. 171 p.

IBGE. **Brasil / São Paulo/ Ibiúna**. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ibiuna/panorama>>. Acesso em: 19 de jan. de 2018.

IBGE. **Pedologia - 1:250.000**. 2021. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/10871-pedologia.html?=&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em: 19 de out. de 2021.

IBGE. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais - 2020**. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ibiuna/pesquisa/1/21682>>. Acesso em: 29 de abr. de 2022

IBIÚNA (Município). **Números e Dados**. Ibiúna: 2013. Disponível em: <http://www.ibiuna.sp.gov.br/ibiuna/numeros_e_dados>. Acesso em: 27 de fev. de 2018.

IBIÚNA, Secretaria do Meio Ambiente. **Plano municipal de conservação e recuperação da Mata Atlântica de Ibiúna | São Paulo**. Ibiúna: 2019.

IBIÚNA, Prefeitura Municipal. **Parceria entre Prefeitura de Ibiúna e Sabesp leva água encanada para mais 300 famílias nos bairros Paiol Grande e Feital**. 2020. Disponível em: <<https://ibiuna.sp.gov.br/noticias/noticias-1/2020/maio/parceria-entre-prefeitura-de-ibiuna-e-sabesp-leva-agua-encanada-para-mais-300-familias-nos-bairros-paiol-grande-e-feital>>. Acesso em: 25 de mai. de 2021.

INSTITUTO FLORESTAL. Mapa Florestal dos Municípios dos municípios do Estado de São Paulo - Ibiúna. In: _____. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2001. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/sifesp/mapas-municipais/>>. Acesso em: 01 de fev. de 2018.

INSTITUTO FLORESTAL. **Inventário Florestal do Estado de São Paulo - 2020: Mapeamento da cobertura vegetal nativa**. São Paulo: 2020.

LEINZ, V.; AMARAL, S. E. DO. **Geologia Geral**. 14. ed. ver. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2003.400 p.

LIMA, Walter de Paula; ZAKIA, M. J. B. **As florestas plantadas e a água: implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: RiMa, 2006.

LIMA, W. DE P.; ZAKIA, M. J. B. **Hidrologia de Matas Ciliares**. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais: 2019. Disponível em: <<https://www.ipef.br/hidrologia/mataciliar.asp>>. Acesso em: 23 de mar. de 2019.

LOPES, L. N. et. al. Caracterização hidrogeomorfológica da Bacia Hidrográfica do Rio João Mendes. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental**, 16, 2018, São Paulo. São Paulo: ABGE, 2018.p. 1-10.

MACHADO, P. J. DE O.; TORRES, F. T. P. **Introdução à hidrogeografia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

MANFRÉ, L. A.; SILVA, A. M. DA; URBAN, R. C. **Avaliação Geomorfológica para o planejamento ambiental da bacia hidrográfica do Alto Sorocabaçu, Ibiúna, SP**. VI Simpósio de Meio Ambiente. Viçosa: 2010. Disponível em: <<http://www.cbcn.org.br/simposio/2010/palestras/bacia.pdf>>. Acesso em: 11 de jan. de 2018.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

MATOS, T. P. V. DE. **Avaliação da conectividade de remanescentes de vegetação nativa em matriz agrícola, considerando os índices ecológicos para aves**. 2015. 58 f. Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação). – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2015.

MENDONÇA, P. R. **Características hidrogeomorfológicas das bacias hidrográficas dos rios Santa Maria do Rio Doce e Santa Joana/ES**. 2013. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2013.

MENESCAL, R. A. et. al. Quantificação dos riscos ambientais e efeito das ações mitigadoras – estudo de caso: Açude Aracoiaba. In: VIEIRA, V. P. P. B. **Análise de Risco em Recursos Hídricos-Fundamentos e Aplicações**. Porto Alegre: ABRH, 2005. 372p. P. 295-302.

MENEZES, J.M.; SABINO, H.; CRISTO, V.; PRADO, R.B.; LIMA, L.A.; DI LULO, L.B.; JR, G.C.S. Comparação entre os Índices de Qualidade de Água Cetesb e Bascarán. **Anuário do Instituto de Geociência**, V. 41, n.1, 2018 p. 194-202.

MONTEIRO, C.A.F. **A dinâmica climática e as chuvas do estado de São Paulo: estudo geográfico sob forma de atlas**. São Paulo: IGEOG-USP, 1973.

MORAES, G. A. DE S. **Breve estudo da hidrogeomorfologia no Brasil e em Portugal**. 2017. 43f. Monografia (Bacharelado em Geografia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

NEVES, M. A. **Análise integrada aplicada à exploração de água subterrânea na Bacia do Rio Jundiá (SP)**. 2005. Xiv, 200 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2005.

NIR, D. **Man, a geomorphological agent**. Jerusalém: Keter Publishing House, 1983.

OLIVEIRA, V. **Votorantim Cimentos pretende extrair areia e argila de mananciais ibiunenses**. *Jornal Voz de Ibiúna*. 03/09/2015. Disponível em: <<http://jornalvozdeibiuna.com.br/votorantim-cimentos-pretende-extrair-areia-e-argila-de-mananciais-ibiunenses/#.Ymv4QtrMJPY>>. Acesso em: 29 de abr. de 2022.

OMS – Organização Mundial da Saúde. Water safety plans. **Guidelines for Drinking-water Quality: incorporating 1st and 2nd addenda, Recommendations**. 3ª ed., v. 1, Genebra, 2018. Cap. 4. P. 48-83. Disponível em: <https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf?ua=1>. Acesso em: 10 de mai. de 2021.

PASCHOAL, L. G. et. al. Alterações hidrogeomorfológicas devido à dinâmica de uso da terra na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Gertrudes (SP). **Revista Brasileira de Geociências**. V. 42 (Suppl 1), 2012, p. 70-83. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/73959/2-s2.0-84876911019.pdf;sequence=1>>. Acesso em: 02 de nov. de 2018.

PEIXOTO, M. **Extensão Rural no Brasil – uma abordagem histórica da legislação**. Brasília: 2008.

PESSÔA, F. DA S.; FAÇANHA, A. C. A Bacia Hidrográfica como unidade geossistêmica e territorial: em questão a Bacia do Parnaíba. **Revista de Geociências do Nordeste**. Caicó, RN, v. 2, nº especial, 2016, p.735-744. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10522>>. Acesso em: 02 de nov. de 2018.

PIASENTIN, A. M. **Índice de Qualidade da Água - IQA da bacia contribuinte do Reservatório Tanque Grande, Município de Guarulhos, SP. 2009**. 165 f. Dissertação (Mestrado em Análise Geoambiental) – Universidade Guarulhos, Guarulhos, 2009.

PRIMAVESI, A. **Agricultura sustentável**. São Paulo: Nobel, 1992.

QUEIROZ, A. M. **Caracterização limnológica do lagamar do Cauípe – Planície Costeira do município de Caucaia – CE**. 2003. 204 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza: 2003.

RAMALHO-FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPQ, 1995.

RÔDAS, R. D. **Variáveis limnológicas e utilização do modelo hidrológico QUAL 2 Kw na proposição de cenários para o rio Sorocabaçu (SP)**. 2013. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos: 2013.

RODRIGUES, V. A. Morfometria e Mata Ciliar da Microbacia Hidrográfica. In: _____; STARZYNSKI, R. **Workshop em Manejo de Bacias Hidrográficas**. Botucatu: UNESP, 2004. 170 p. P. 07-18.

RODRIGUES, C. Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, v. 17, 2005, p.101-111. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47278/51014>>. Acesso em: 10 de mar. de 2019.

ROSA, F. S. et. al. Estrutura da paisagem, relevo e hidrografia de uma microbacia como suporte a um programa de pagamento por serviços ambientais relacionados à água. **Rev.**

Ambient. Água, Taubaté, vol. 9 n. 3, 2014, p. 526-539. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2014000300013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 21 de mar. de 2019.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico e a questão da taxonomia do relevo. **Revista de Geografia**, São Paulo: 1992.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 8ª ed. São Paulo: Contexto, 2005.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000**. Geografia- FFLCH-USP, IPT/FAPESP, vol. 1. São Paulo, 1997.

ROSSI, M. **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: revisado e ampliado**. São Paulo: Instituto Florestal. 2017, v. 1. 118 p.

SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. Norma Técnica Interna SABESP NTS 013: Sólidos. **Normas Técnicas**. São Paulo, 1999. Disponível em: <<https://www3.sabesp.com.br/normastecnicas/nts/nts013.pdf>>. Acesso em: 10 de mai. de 2021.

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

SANTOS, Grazielle R. et al. Avanços analíticos baseados em modelos de calibração de primeira ordem e espectroscopia uv-vis para avaliação da qualidade da água: Uma revisão-parte 1. **Química Nova**, v. 45, p. 314-323, 2022.

SANTORO, P. F. Entre o rural e o urbano: zonas de chácaras, sítios de recreio ou ranchos e a preservação do meio ambiente. **III Seminário Nacional sobre o Tratamento de Áreas de Preservação Permanente em Meio Urbano e Restrições Ambientais ao Parcelamento do Solo**. Belém: 2014. Disponível em: <<https://anpur.org.br/app-urbana-2014/anais/ARQUIVOS/GT3-180-35-20140518153453.pdf>>. Acesso em: 25 de mai. de 2021.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Diário Oficial do Estado**. Poder Executivo, São Paulo, de 30 de dezembro de 1991, p. 2.

SÃO PAULO (Estado). **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental (APA) Itupararanga**. Instituto Lótus. São Paulo: Fundação Florestal, 2007.

SÃO PAULO (Estado). Lei Complementar nº 1.241, de 08 de maio de 2014. Cria a Região Metropolitana de Sorocaba e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado**. Poder Executivo, São Paulo, de 09 de mai. de 2014, p. 1.

SÃO PAULO (Estado). Lei Complementar nº 1.261, de 29/04/2015. Estabelece condições e requisitos para a classificação de Estâncias e de Municípios de Interesse Turístico e dá providências correlatas. São Paulo: 2015. **Diário Oficial do Estado**. Poder Executivo, São Paulo, de 30 de abr. de 2015, p.1.

SÃO PAULO (Estado). **Programa Município VerdeAzul - PMVA**. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. São Paulo: 2021. Disponível em: <<https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/verdeazuldigital/>>. Acesso em: 15 de out. de 2021.

SATAKE, F. M. et. al. Qualidade da água em propriedades rurais situadas na bacia hidrográfica do córrego rico, Jaboticabal – SP. **ARS VETERINARIA**. Jaboticabal, SP, v.28, n.1, 2012. P. 048-055. Disponível em: <<http://arsveterinaria.org.br/index.php/ars/article/download/430/418>>. Acesso em: 16 de mar. de 2019.

SCHEIDEGGER, A. E. Hydrogeomorphology. **Journal of Hydrology**. Viena, v. 20, n. 3, 1973. P. 193-215. Institute of Geophysics, Technical University of Vienna. DOI CODE: <[https://doi.org/10.1016/0022-1694\(73\)90061-9](https://doi.org/10.1016/0022-1694(73)90061-9)>. Acesso em: 12 de jul. de 2022.

SCHNEIDER, S. As novas formas sociais do trabalho no meio rural: a pluratividade e as atividades rurais não-agrícolas. **Redes**, Santa Cruz do Sul, vol. 9, n. 3, 2004. P. 75-109. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/178372>>. Acesso em: 22 de mar. de 2019.

SigRH. **1. Caracterização Geral da UGRHI-10**. Capítulo I: Conteúdo, tratamento e apresentação de dados. 2018. Disponível em: <www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents/6525/relsmstseg.pdf>. Acesso em: 11 de jan. de 2018.

SILVA, G. H. G. **O que é limnologia?**. 2009. Disponível em: <<http://www2.ufersa.edu.br/portal/laboratorios/limnoaqua/1737>>. Acesso em: 26 de jan. de 2018.

SILVA, N. L. S. DA. **Estudo da sustentabilidade e de indicadores de desenvolvimento rural**. 2017, 217 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2017.

SILVEIRA, P. R.; GUIMARÃES, G. M. **Gestão Ambiental em Espaços Rurais: do Imperativo Técnico a Construção Sócio-Ambiental – O Caso do Plano Diretor Urbano e**

Ambiental de Santa Maria-RS. International Society for the Systems Sciences, 2018.
Disponível em: <http://issbrasil.usp.br/artigos/tcms_12.pdf>. Acesso em: 02 de nov. de 2018.

SOS Itupararanga. Preservação da várzea dos rios que formam Itupararanga é pauta de novo encontro com a FUNDAÇÃO FLORESTAL. **Informativo: Fevereiro de 2019.** 2019.

Disponível em:

<<http://sositupararanga.com.br/novo/wp-content/uploads/2019/08/informativo-fevereiro2019.pdf>>. Acesso em: 25 de mai. de 2021.

SOTCHAVA, V. B. **Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre.** São Paulo: IGEO/USP, 1978.

SOUSA, F. A. DE. **A contribuição dos solos originados sobre granitos e rochas alcalinas na condutividade hidráulica, na recarga do lençol freático e na suscetibilidade erosiva: um estudo de caso na alta bacia hidrográfica do rio dos bois em Iporá- GO.** 2013. 207 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2013.

SOUZA, E. R. DE. **Gestão ambiental de propriedades rurais.** Belo Horizonte: EMATER-MG, 2012.

SOUZA, E. R. DE; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: Unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. **Informe Agropecuário**, v.21, p.15-20, 2000.

SOUZA, D. M. G. DE; LOBATO, E. **Podzólicos / Argissolos.** Embrapa: 2019. Disponível em:
<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_97_10112005101957.html>. Acesso em: 14 de fev. de 2019.

SPADOTTO, C. A. et. al. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29 p.

STAFUZA, A. M. **Hino de Ibiúna – Noiva Azul.** Letra: José Marchi.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. DE O. M. **Introdução a climatologia.** São Paulo: Cengage Learning, 2011.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação.** 4. ed. 1ª reimp. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. 944 p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 631 p.

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico rural participativo: guia prático DRP**. Brasília: MDA/Secretaria da Agricultura Familiar, 2006. P. 62.

VIDAL et. al. Produção de serapilheira em floresta Atlântica secundária numa paisagem fragmentada (Ibiúna, SP): importância da borda e tamanho dos fragmentos. **Revista Brasil**. São Paulo, SP, vol. 30, nº 3, 2007, p. 521-532. Disponível em: <http://www.ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/Artigos/serapilheira_RBB_30-3.pdf>. Acesso em: 01 de fev. de 2018.