

CARTOGRAFIA MORFOLÓGICA DE DETALHE COMO INSTRUMENTO PARA AVALIAÇÃO DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM BACIAS HIDROGRÁFICAS: O EXEMPLO DE UMA SUB-BACIA DO RIO JACAREÍ (SP) – SUDESTE DO BRASIL

 Fabiana Pegoraro Soares*

Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, CEP 05508-900, São Paulo, SP, Brasil. *E-mail:* fabianapegoraro@usp.br

*Autor correspondente



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License.

RESUMO

Os estudos que envolvem temas ambientais têm se mostrado cada vez mais urgentes. Com base nessa premissa, o presente artigo propõe investigar os impactos antrópicos na rede de drenagem e no meio físico em uma sub-bacia hidrográfica do rio Jacareí, parte do Sistema Cantareira, essencial para o abastecimento hídrico da Região Metropolitana de São Paulo. O trabalho busca demonstrar como a produção de mapas morfológicos detalhados, associados a cartas de uso da terra, pode contribuir para a avaliação da degradação ambiental e a proposição de estratégias de mitigação e recuperação. A metodologia baseou-se em revisão bibliográfica, técnicas de aerofotointerpretação e mapeamento morfológico, trabalhos de campo e análise comparativa de documentos. O estudo considerou a abordagem da antropogeomorfologia, avaliando intervenções humanas nos processos ambientais, como desmatamento, urbanização e infraestrutura turística. Os resultados indicam que a ocupação antrópica alterou significativamente a morfologia do relevo e o fluxo hídrico da sub-bacia, intensificando riscos de degradação ambiental. O mapeamento revelou padrões de intervenção antrópica que podem comprometer a qualidade e a disponibilidade hídrica. A análise cartográfica evidencia a necessidade de planejamento ambiental integrado para garantir a preservação da bacia hidrográfica e do abastecimento hídrico regional.

Palavras-chaves: Geomorfologia antropogênica; Cartografia morfológica de detalhe; Degradação ambiental; Sistema Cantareira.

ABSTRACT

DETAILED MORPHOLOGICAL MAPPING AS A TOOL FOR ASSESSING ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN RIVER BASINS: A CASE STUDY OF THE JACAREÍ RIVER SUB-BASIN (SÃO PAULO, SOUTHEAST BRAZIL). Studies addressing environmental issues have become increasingly urgent. The present article proposes to investigate the anthropogenic impacts on the drainage network and the physical environment of a hydrographic sub-basin of the Jacareí River, which is part of the Cantareira System, essential for the water supply of the Metropolitan Region of São Paulo. The objective of this study is to demonstrate the potential of producing detailed morphological maps, in combination with land use maps, to support the assessment of environmental degradation and the development of mitigation and recovery strategies. The methodology was based on a bibliographic review, aerial photointerpretation and morphological mapping techniques, fieldwork and comparative analysis of documents. An anthropogeomorphological approach was adopted to evaluate human interventions in

environmental processes, such as deforestation, urbanization and tourist infrastructure. The results indicate that human occupation has significantly altered the relief and water flow of the sub-basin, intensifying the risks of environmental degradation. The mapping revealed the slope sectorization and patterns of human intervention that may compromise water quality and availability. The cartographic analysis highlights the need for integrated environmental planning to ensure the preservation of the river basin and the regional water supply.

Keywords: Anthropogenic geomorphology; Detailed morphological cartography; Environmental degradation; Cantareira System.

RESUMEN

CARTOGRAFÍA MORFOLÓGICA DETALLADA COMO HERRAMIENTA PARA EVALUAR LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL EN CUENCAS HIDROGRÁFICAS: EL EJEMPLO DE UNA SUBCUENCA DEL RÍO JACAREÍ (SP) – SURESTE DE BRASIL. Los estudios sobre temas ambientales son cada vez más urgentes. Con base en esta premisa, este artículo propone investigar los impactos antrópicos en la red de drenaje y en el medio físico de una subcuenca del río Jacaré, parte del Sistema Cantareira, esencial para el suministro de agua de la Región Metropolitana de São Paulo. El trabajo busca demostrar cómo la producción de mapas morfológicos detallados, asociados a cartas de uso del suelo, puede contribuir a evaluar la degradación ambiental y proponer estrategias de mitigación y recuperación. La metodología se basó en una revisión bibliográfica, técnicas de aerofotografía y cartografía morfológica, trabajo de campo y análisis comparativo de documentos. El estudio consideró el enfoque de la antropogeomorfología, evaluando intervenciones humanas en los procesos ambientales, como deforestación, urbanización e infraestructura turística. Los resultados indican que la ocupación antrópica alteró significativamente la morfología del relieve y el flujo hídrico de la subcuenca, intensificando los riesgos de degradación ambiental. El mapeo reveló patrones de intervención antrópica que pueden comprometer la calidad y disponibilidad del agua. El análisis cartográfico evidencia la necesidad de planificación ambiental integrada para garantizar la preservación de la cuenca hidrográfica y del suministro hídrico regional.

Palabras clave: Geomorfología antropogénica; Cartografía morfológica detallada; Degradación Ambiental; Sistema Cantareira.

1 INTRODUÇÃO

O atual cenário de mudanças climáticas que o planeta tem enfrentado e suas consequências – situações que podem ser associadas ao modelo de sociedade predominante no mundo atual – assinalam urgência com relação às pesquisas que envolvem temas ambientais, sobretudo no que diz respeito às ações relacionadas à prevenção, adaptação, mitigação e resiliência frente a essas mudanças.

Nesse contexto, ressalta-se que a questão da água, substância indispensável para a vida no planeta, desponta como um dos fatores que serão gravemente afetados pelos eventos climáticos extremos, que podem resultar em inundações e alagamentos decorrentes de chuvas intensas, ou escas-

sez hídrica, em virtude da ocorrência de períodos de secas rigorosas. Dessa maneira, aponta-se que o conhecimento da rede de drenagem e seu histórico de modificações antrópicas (que influenciam o escoamento superficial, as taxas de infiltração e os fluxos hídricos) podem colaborar para o planejamento de ações diante dos quadros de escassez ou inundações (Zanatta et al., 2015).

Entre exemplos recentes desses extremos, destaca-se a crise hídrica de abastecimento ocorrida em São Paulo, em 2014, que comumente é associada à falta de chuvas, mas, na verdade, envolve também políticas públicas de gestão de recursos hídricos e conservação dos sistemas hidrológicos (Custódio, 2015; Jacobi et al., 2021; Rodrigues &

Villela, 2015). Eventos da mesma natureza também foram observados em outras regiões do Brasil, como na bacia do Rio Negro, em 2024, que atingiu seu nível de vazante mais baixo em 120 anos (Oliveira Neto & Rafael, 2024). Ainda nesse contexto, é importante mencionar as enchentes ocorridas no Rio Grande do Sul, também em 2024, consideradas por Magalhães Filho et al. (2024, p. 24) como “o maior desastre hidrológico do país em extensão”, ocasião em que um evento de chuva extrema trouxe à tona as fragilidades de políticas públicas relacionadas à questão, afetando drasticamente as pessoas e o ambiente.

Apona-se que as primeiras ideias sobre ecologia e preservação da natureza teriam surgido entre as elites científicas no final do século XIX. Porém, as discussões envolvendo questões ambientais e os movimentos ambientalistas se popularizaram e ganharam força apenas nas décadas de 1960 (com o movimento de contracultura na Europa Ocidental e nos Estados Unidos) e 1970, após seu reconhecimento internacional na Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972 (Carvalho, 2012; Castells, 1999).

De maneira geral, considera-se que os estudos envolvendo degradação ambiental devem partir de uma visão geossistêmica, considerando as características, relações e dinâmicas entre os processos históricos naturais e antrópicos (Rodrigues, 2001, 2024; Sotcheva, 1977). A importância da abordagem sistêmica também é ressaltada na antropogeomorfologia, que tem Nir (1983) como um de seus precursores, e parte do reconhecimento do ser humano como agente geomorfológico (Embleton & Verstappen, 1988; Hart, 1986; Rodrigues, 1997). Morari e Villela (2024, p. 2) definem a antropogeomorfologia como “o estudo da modificação antrópica nas formas da superfície e as consequentes mudanças nos processos geomorfológicos atuantes”. Evidencia-se, desta forma, que as intervenções humanas no meio físico, sobretudo a partir do período industrial, trouxeram intensidade e alterações nos processos naturais e geomorfológicos, sobretudo no que envolve a retirada da vegetação e a mobilização de materiais para a agricultura, a mineração, a construção de estradas e ferrovias, o manejo dos rios e a urbanização (Morari & Villela, 2024; Nir, 1983; Zanatta et al., 2015).

Assim, entre os princípios da antropogeomorfologia estão a mensuração do grau de ação antrópica no relevo ao longo do tempo e do espaço e seu dimensionamento, comparando as áreas

modificadas e não-modificadas; a investigação dos riscos terrestres; e a preocupação com o ambiente e advertências acerca dos impactos da atividade humana, incluindo as alterações no ciclo hidrológico e nos processos hidrogeomorfológicos e suas consequências (Gregory, 1992; Nir, 1983; Rodrigues, 2005, 2024; Zanatta et al., 2015).

Nesse sentido, ressalta-se que a cartografia morfológica e geomorfológica retrospectiva (ou evolutiva), associada a cartas de uso da terra e outros documentos, pode ser uma das ferramentas para subsidiar análises de degradação e impactos ambientais e identificar ações antrópicas que contribuem para essas degradações, tendo em vista recomendações para mudanças dessas ações, tanto em caráter preventivo como de recuperação ou planejamento (Rodrigues, 2005; Zanatta et al., 2015). Dentre as reflexões que podem ser realizadas em um trabalho de mapeamento morfológico, considerando-se que as degradações analisadas interferem diretamente no fluxo hídrico da rede de drenagem, podem ser apontadas as seguintes questões: quais foram as mudanças ocorridas no meio físico da região mapeada? Em quais combinações de morfologia original, morfologia antrópica e uso da terra observa-se um maior potencial de degradação ambiental? Como essas mudanças podem afetar o ciclo e os processos hidrológicos e a disponibilidade de água?

Partindo dessas questões, o presente trabalho tem como objetivo compreender e apontar como a produção de mapas morfológicos de detalhe e sua associação a mapas de uso da terra pode contribuir para a avaliação do nível de preservação do meio físico e a identificação de mudanças ambientais rápidas em áreas com interferência antrópica.

Para isso, com base nos princípios da antropogeomorfologia e da cartografia geomorfológica, foram elaborados mapas da área de uma sub-bacia do rio Jacaré, que compõe o Sistema Cantareira de abastecimento, o maior produtor de água da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) (Agência Nacional de Águas [ANA], 2025), compondo um conjunto cartográfico que permitiu a correlação de dados e o apontamento de indicadores de degradação da área estudada.

2 A ÁREA MAPEADA E O ABASTECIMENTO HÍDRICO DA RMSP

A área de estudo localiza-se ao norte da RMSP, no município de Joanópolis (SP), em seu limite com o município de Extrema (MG). Tanto

ambientalmente quanto em relação à questão de recursos hídricos, trata-se de uma área relevante por compreender parte da rede hidrográfica que forma o reservatório Jaguari-Jacareí, o primeiro do conjunto de quatro reservatórios ligados ao Sistema Cantareira, que abastece aproximadamente 46% da população da RMSP (ANA, 2023, 2025).

Os quatro reservatórios (também chamados de represas) do Sistema Cantareira estão situados em cotas decrescentes: (a) Jaguari-Jacareí, (b) Cachoeira, (c) Atibainha e (d) Paiva Castro. Estes são interligados por túneis e canais, ocorrendo bombeamento das águas na Estação Elevatória de Santa Inês para a Estação de Tratamento do Guaraú, após a passagem pelo reservatório Águas Claras, conforme ilustrado na Figura 1.

Geologicamente, a área localiza-se no setor central da Província Mantiqueira, em região de embasamento cristalino pré-cambriano com presença de zonas de cisalhamento e litologias representadas por granitos e granitóides e gnaisses e migmatitos intercalados por quartzitos, mármore, xistos e rochas calciossilicáticas (Almeida & Hasui, 1984; Bistrichi, 2001), conforme visto na Figura 2.

Com relação aos aspectos geomorfológicos, a área situa-se no domínio dos mares de morros tendo suas redes hidrográficas ligadas à estrutura gnáissica da região, com padrão de drenagem den-

drítico e vertentes assimétricas (Ab'Saber, 1973; Almeida, 2018/1964; Bistrichi, 2001) (Figura 3). As altitudes da região mapeada variam de 850 m, em área de planície fluvial próxima ao reservatório, a 1.418 m, no interflúvio a NE, na região da Serra do Lopo, próximo ao limite entre Joanópolis (SP) e Extrema (MG).

O município de Joanópolis insere-se em sua totalidade no Sistema Cantareira, respondendo a 16% de participação em relação à área total do sistema (Whately & Cunha, 2007). No estado de São Paulo, as sub-bacias do município de Joanópolis estão inseridas na sub-bacia do rio Jaguari, pertencente à Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 5 (UGRHI-5) – Piracicaba, Capivari, Jundiá (PCJ) (porção paulista) (Comitês das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari, Jundiá [CBH-PCJ], 2024). A sub-bacia hidrográfica escolhida como área de estudo é formadora do rio Jacareí, que compõe a bacia do rio Piracicaba, e localiza-se a noroeste do centro urbano do município de Joanópolis, seguindo a estrada que leva ao Bairro dos Pires, entre as coordenadas 22°52'56" e 22°57'41" latitude Sul e 46°15'58" e 46°18'52" longitude Oeste (Figura 4). De acordo com Whately e Cunha (2007), a maioria das nascentes do rio Jacareí está localizada em Joanópolis.



FIGURA 1 – Ilustração, sem escala, do Sistema Cantareira. Fonte: ANA (2023).

FIGURE 1 – Illustration, without scale, of the Cantareira System. Source: ANA (2023).

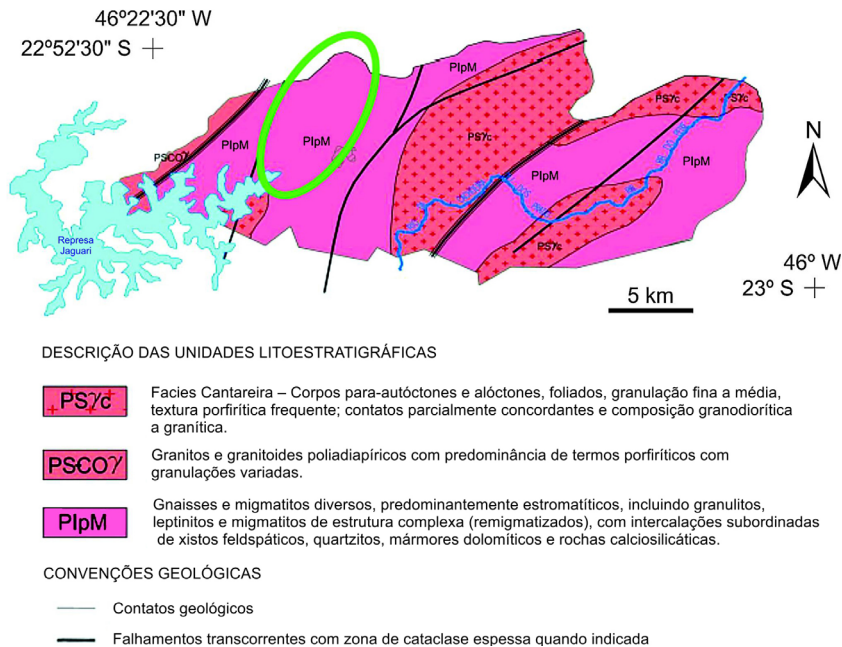


FIGURA 2 – Mapa geológico do município de Joanópolis, com localização aproximada da área de estudo (em verde). Fonte: B & B Engenharia (2016, p. 27), adaptado de Bistrichi et al (1981).

FIGURE 2 – Geological map of the Municipality of Joanópolis, with approximate location of the study area (in green). Source: B & B Engenharia (2016, p. 27), adapted from Bistrichi et al (1981).

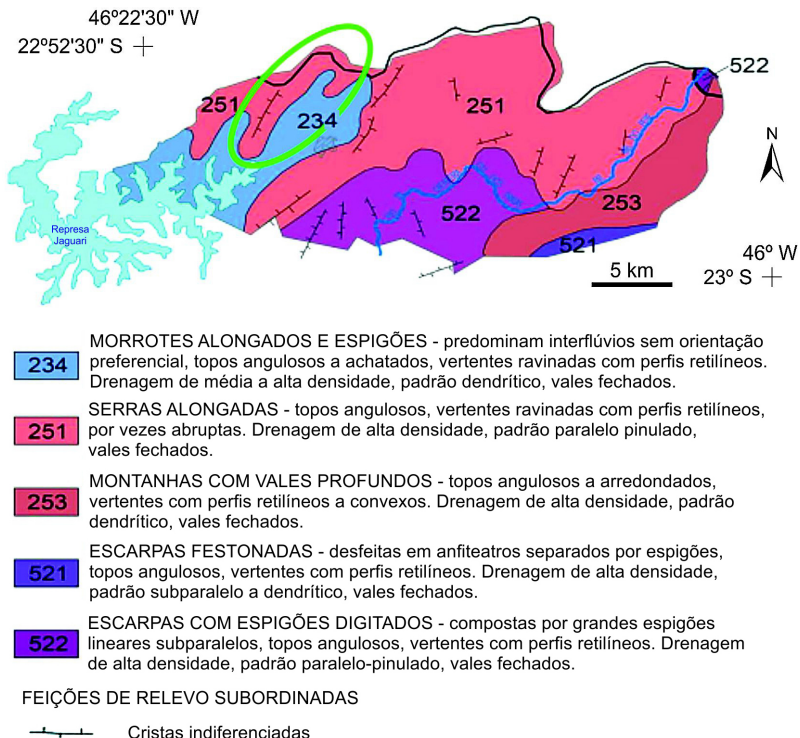


FIGURA 3 – Mapa geomorfológico do município de Joanópolis, com localização aproximada da área de estudo (em verde). Fonte: B & B Engenharia (2016, p. 28) adaptado de Ponçano et al. (1981).

FIGURE 3 – Geomorphological map of the Municipality of Joanópolis, with approximate location of the study area (in green). Source: B & B Engenharia (2016, p. 28) adapted from Ponçano et al. (1981).

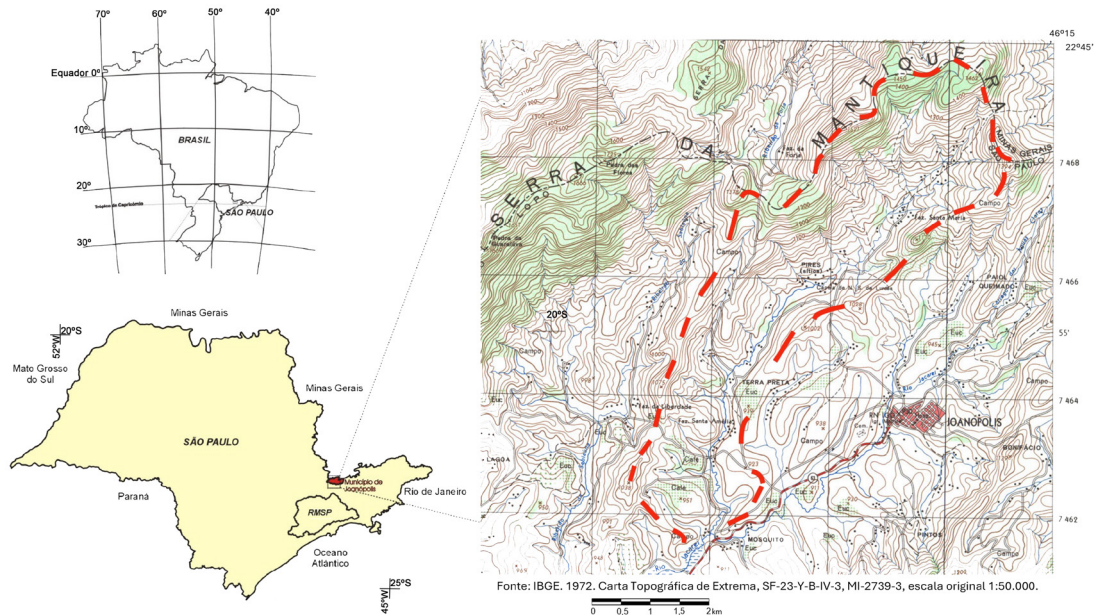


FIGURA 4 – Localização da área mapeada. Fonte: Soares (2008, p. 62).

FIGURE 4 – Location of the mapped area. Source: Soares (2008, p. 62).

Antes mesmo do local passar a integrar a região abrangida pelo Sistema Cantareira, seu meio natural já apresentava marcantes alterações decorrentes de ação antrópica. Tanto a expansão das lavouras de café, associada ao desmatamento, quanto a pecuária extensiva e a construção da rodovia Fernão Dias, em 1961, trouxeram transformações ao meio físico local (Gomes, 1992).

Em 1982, houve a inauguração dos reservatórios dos rios Jaguari e Jacareí, fato que marcou a intervenção humana na rede de drenagem da região e fortaleceu novas atividades econômicas, como o comércio e o turismo – em 2001, o município de Joanópolis passou a ser considerado Estância Turística (Lei Estadual nº 10.759) –, que se somaram às atividades de pastagem predominantes na época (Câmara Municipal de Joanópolis, 2025; Gomes, 1992). De acordo com Gomes (1992), no início da década de 1990 não existiam, por exemplo, hotéis-fazenda em Joanópolis, havendo apenas um hotel-restaurante que funcionava em um velho casarão adaptado no centro da cidade e uma pensão-restaurante na praça principal. Atualmente, existem diversos hotéis, pousadas, restaurantes, marinas, atividades náuticas, pesqueiros e passeios ditos ‘ecoturísticos’ que ajudam a sustentar a economia da região.

Assim, após a construção do reservatório, as ações antrópicas se intensificaram, sobretudo de-

vido ao avanço da urbanização, à abertura de estradas e à instalação de infraestruturas turísticas – fatores que podem comprometer tanto a qualidade quanto a disponibilidade hídrica na região (Gomes, 1992; Rodrigues, 2005; Silva, 2012; Zanatta et al., 2015). Em pesquisa relacionada à vulnerabilidade ambiental em sub-bacias vizinhas à deste estudo, Silva (2012) identificou lacunas nos mecanismos de gestão e resiliência ambiental na área como, por exemplo, a deficiência no tratamento de efluentes e a demora na inserção da região mineira nos CBH - PCJ.

Ressalta-se que a ocupação desordenada em áreas de mananciais, resultado do crescimento populacional, da especulação imobiliária e da falta de políticas públicas efetivas de habitação para a população de baixa renda, não apenas acarreta prejuízos socioambientais tradicionais, mas também reduz o potencial de produção de água na bacia hidrográfica afetada (Santoro et al., 2009).

3 MÉTODOS E TÉCNICAS

O presente trabalho apresenta a aplicação de uma proposta de cartografia morfológica de detalhe em uma sub-bacia hidrográfica do rio Jacareí, que se baseia principalmente no reconhecimento dos aspectos morfológicos e morfométricos, pro-

posta por Savigear (1965), para uma relação com as atividades antrópicas e seu impacto no meio físico. O princípio básico desta técnica de representação é reconhecer as discontinuidades da superfície terrestre e mapeá-las, evidenciando as diferentes partes das vertentes e suas inclinações e direções. Segundo Cooke e Doornkamp (1990), o ponto positivo principal desta técnica é combinar pesquisa de campo com aerofotointerpretação.

A técnica proposta por Savigear (1965) tem como base o reconhecimento, a medição e o mapeamento (em escalas até 1: 75.000) das características e discontinuidades (rupturas de declividade e inflexões) das superfícies terrestres planas e curvas. Para definir os símbolos da legenda, o autor segue o princípio das discontinuidades côncavas e convexas, angulares ou curvas da superfície, estabelecendo discontinuidades angulares como rupturas de declividade e discontinuidades curvas como mudanças de vertente.

Para realizar este trabalho, primeiramente foi realizado um levantamento bibliográfico para definição de métodos, técnicas e legenda, tendo-se op-

tado por Demek (1972) e Savigear (1965). Esse levantamento foi fundamental, ainda, para conhecer os aspectos geomorfológicos e geológicos da área estudada, tais como os apresentados em Ab'Saber (1973), Almeida (1974), Almeida e Hasui (1984), Bistrichi (2001), Coltrinari (1992), Gomes (1992), Whately e Cunha (2007) e Vargas (1995).

Em seguida, procedeu-se ao mapeamento morfológico, realizado de forma analógica (posteriormente sobreposto à base topográfica digitalizada), por meio de fotointerpretação de fotografias aéreas de 1962 e 2003, na escala de 1:25.000. Somando-se ao conjunto cartográfico, para identificar atividades antrópicas que podem ser associadas a riscos de degradação ambiental e impactos no meio físico, foram realizados mapeamentos do uso da terra, também por meio de fotointerpretação de fotografias aéreas de 1962 e de 2003. Posteriormente, foi realizada a análise dos produtos de fotointerpretação, que foram conferidos em trabalhos de campo. O trabalho resultou em um conjunto de mapas que foram submetidos a uma análise comparativa dos resultados (Figura 5).

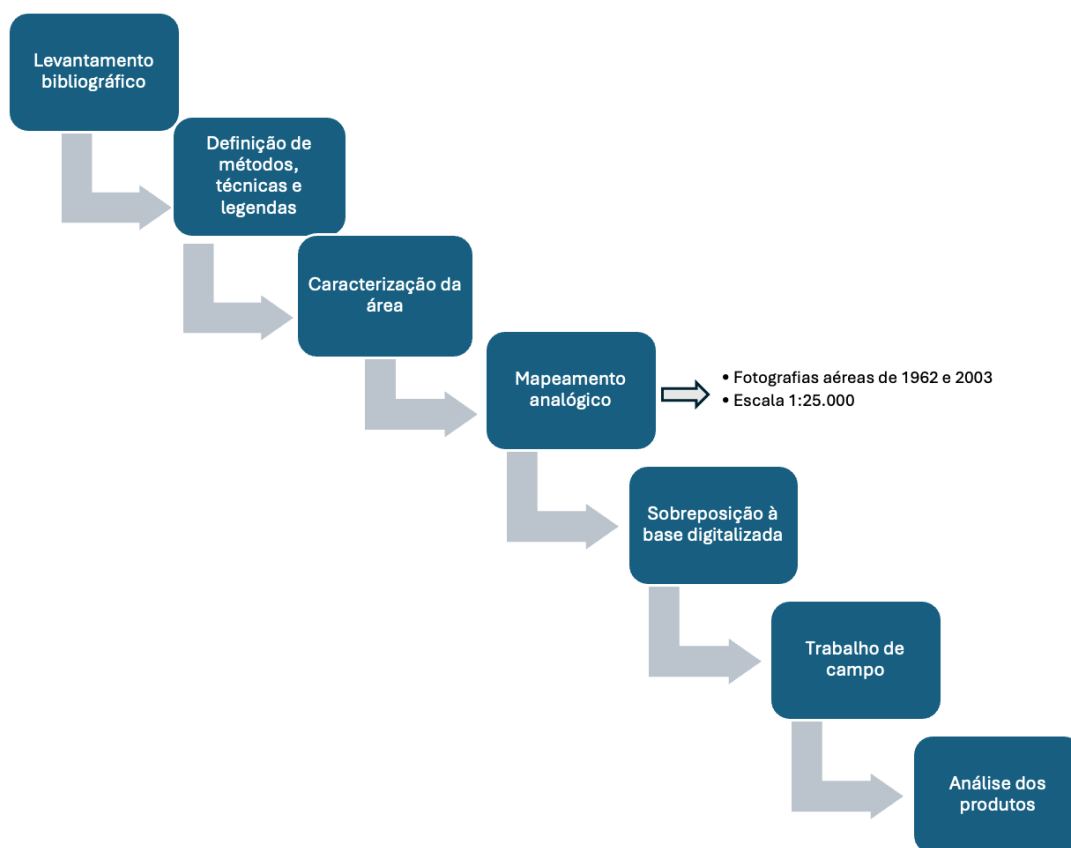


FIGURA 5 – Fluxograma das etapas de trabalho.

FIGURE 5 – Flowchart of work steps.

Segundo Savigear (1965), entre os aspectos positivos das técnicas adotadas estão a legenda sucinta, a sua possível aplicação em mapas, plantas e fotografias aéreas em várias escalas e a possibilidade de uso tanto para regiões áridas como para as áreas tropicais úmidas. Para complementação dos dados do mapa morfológico e realização de correlações, optou-se também pela elaboração de cartas de declividade, de uso da terra, e de indicadores de degradação.

Contudo, a confecção do mapa morfológico apresentou algumas dificuldades de representação, pois o trabalho de campo revelou que nas formas de maior dimensão estão embutidas diversas formas de menor dimensão que divergem os fluxos hídricos. Desse modo, as metodologias consagradas não se mostraram completamente adequadas para áreas com complexidade morfológica desse tipo, havendo a necessidade de adaptações da técnica utilizada. Primeiramente, a elevada declividade do terreno na área de estudo gerou distorções significativas, impondo um desafio metodológico. Para contornar esse problema, optou-se por utilizar apenas a área útil das fotografias aéreas, realizando ajustes no mapeamento com base nos dados da cartografia topográfica oficial (Instituto Geográfico e Cartográfico [IGC], 1979).

Ainda para o mapa morfológico, dentre as adaptações realizadas sobre a técnica proposta por Savigear (1965), optou-se pela utilização de recursos de cor para delimitar as áreas dos topos dos interflúvios, facilitando a identificação de formas geomorfológicas embutidas em formas maiores. Além disso, seguindo a abordagem de Rodrigues e Rodrigues (2000), e considerando a distinção nos processos geomorfológicos atuantes, adotou-se uma diferenciação de cores para os segmentos de vertente: os terços superiores foram representados em tonalidade marrom, enquanto os terços médios e inferiores – sujeitos à recepção de materiais provenientes das porções superiores – foram demarcados em laranja. Para fins de delimitação, considerou-se como terço superior todas as formas geomorfológicas que mantêm conectividade imediata com o divisor interfluvial e que simultaneamente se situam no intervalo superior da amplitude topográfica específica de cada vertente analisada. Como resultado, observa-se que o mapa morfológico apresenta uma setorização de vertentes.

Finalmente, para a elaboração do mapa de indicadores de degradação ambiental, foram mapeadas feições erosivas como sulcos, ravinas, áreas com solo exposto e ocorrências de movimentos de

massa ou escorregamentos. A definição da legenda fundamentou-se na proposta de Journaux (1975) e nos trabalhos de Coutard et al. (2020a/1978, 2020b/1978).

A metodologia utilizada também pode ser encontrada em trabalhos posteriores e mais recentes, como em Luz e Rodrigues (2013), Aranha e Ferreira (2020), Silva (2022), Morari e Villela (2024) e Luz (2024), que incorporaram os avanços tecnológicos, sobretudo das ferramentas para elaboração de mapas mais precisos, e evidenciam a cartografia geomorfológica antropogênica como uma ferramenta valiosa para comunicar os resultados de estudos geomorfológicos, avaliar impactos e degradação, e auxiliar no planejamento territorial de áreas urbanas e rurais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O trabalho de fotointerpretação realizado, associado aos trabalhos de campo, resultou em um conjunto de mapas: morfológico (Apêndice – Mapa 1); uso da terra – 1962 (Apêndice – Mapa 2); uso da terra – 2003 (Apêndice – Mapa 3); indicadores de degradação (Apêndice – Mapa 4) e padrões morfológicos (Apêndice – Mapa 5).

O mapa morfológico (Apêndice – Mapa 1) evidencia, com os detalhes pertinentes à escala escolhida, a complexidade da área estudada, e os métodos e técnicas propostos por Savigear (1965) e Demek (1972), ainda que adaptados, se mostraram adequados. Neste mapa encontram-se desde grandes topos alongados até vertentes de pequena extensão, configurando pequenos divisores secundários. O interflúvio principal, que delimita a área da bacia hidrográfica, possui diversos colos e está conectado a interflúvios secundários tanto pela margem esquerda quanto pela direita do rio principal. Conforme o distanciamento das cabeceiras e em direção ao reservatório, a paisagem vai mudando: as formas íngremes e dissecadas vão dando lugar às planícies fluviais e a morros com topos mais arredondados.

As vertentes, por sua vez, apresentam formas heterogêneas e complexas. Observam-se formas menores inseridas em um conjunto maior, ou seja, em uma vertente principal são encontradas vertentes menores que formam subunidades da vertente e apresentam formas e orientações variadas. Como citado anteriormente, optou-se, no trabalho, por separar as vertentes, no conjunto da bacia hidrográfica, em terço superior e terço inferior, consideran-

do a variabilidade dos processos geomorfológicos conforme sua posição.

Verifica-se ainda uma diferença morfológica entre as vertentes das margens direita e esquerda do rio. Na margem esquerda, as vertentes tendem a ser mais amplas e apresentar menos rupturas, enquanto na margem direita apresentam, de maneira geral, maior declividade, mais rupturas e um número expressivo de formas menores que fazem parte de um conjunto maior, muitas delas desconectadas do interflúvio principal.

Em determinadas regiões onde ocorrem vales com fundo plano, nos limites dos terraços, notam-se microfacetas indicativas do início da planície de inundação. Os fundos de vale apresentam formas variadas: na parte superior da bacia hidrográfica, predominam vales em v bem encaixados, ao passo que nas porções inferiores observam-se vales mais abertos e assimétricos.

O rio principal (3ª ordem) tem sua nascente em um desses vales encaixados e evolui para um vale com fundo plano, porém com vários pontos de estrangulamento em seu caminho, onde surgem alguns pontos de afloramento rochoso. A drenagem apresenta, de maneira geral, padrão dendrítico com alguns setores de padrão paralelo, e algumas confluências entre tributários e o rio principal em ângulo reto, o que, segundo Christofletti (1980, p. 103), “constitui anomalias atribuídas a fenômenos tectônicos”, em um padrão que “é tipicamente desenvolvido sobre rochas de resistência uniforme”.

O rio principal, Jacaré de 3ª ordem, ao alcançar a 4ª ordem, passa a ser chamado Córrego dos Lima, desaguando diretamente no reservatório Jaguari/Jacaré. O canal possui padrão meandrante ao longo de boa parte de sua extensão, com presença de meandros abandonados em alguns segmentos.

Os mapas de uso da terra em 1962 (Apêndice – Mapa 2) e 2003 (Apêndice – Mapa 3) permitem uma comparação da evolução da ocupação da área em um intervalo de 41 anos. No mapa de 1962 verifica-se que as áreas de mata ocupam principalmente as maiores altitudes, a norte e noroeste da área da bacia hidrográfica, protegendo algumas nascentes da margem direita do rio. Na margem esquerda do rio, onde as vertentes apresentam menor declividade, observa-se menor presença de matas, com nascentes protegidas apenas por vegetação arbustiva ou expostas em áreas de pastagem. A presença de edificações era esparsa e dispersa, indicando o predomínio de uso rural da terra. As áreas de cultivo eram reduzidas, reforçando a transição

histórica da agricultura para a pecuária extensiva, com o declínio das lavouras de café já consolidado nas décadas anteriores (Gomes, 1992). As vias de acesso eram poucas e, à época, a área urbana de Joanópolis (fora dos limites da bacia e, portanto, não representada no mapa) mantinha dimensões reduzidas. O reservatório ainda não havia sido construído e a Rodovia Fernão Dias permanecia em pista simples, conforme descrito por Gomes (1992).

Comparado ao de 1962, o mapeamento de uso da terra de 2003 (Apêndice – Mapa 3) evidencia um aumento da área de mata e de vegetação arbustiva, principalmente nas partes norte e noroeste da área da bacia hidrográfica. Já nas partes nordeste, leste (margem esquerda do rio principal) e sul da área da bacia hidrográfica observa-se uma diminuição na vegetação, que passou a ocorrer em manchas fragmentadas, acompanhada por uma intensificação das atividades antrópicas, sobretudo a expansão de chácaras, edificações, estradas e pastagem/campo antrópico, com destaque para as construções próximas a cursos d'água e às principais vias de acesso, que ainda permaneciam sem pavimentação. O trabalho de campo revelou que muitas dessas construções estão associadas ao turismo, funcionando como pousadas ou hotéis. Apesar disto, foi observado que a atividade agropecuária ainda tem presença marcante na região, dividindo espaço com as atividades turísticas. Identificou-se também um aumento na densidade da malha viária e a presença de diversas áreas com sinais de movimentação de terra, terraplenagens e exposição do solo, reflexo direto da intensificação do uso e ocupação do solo na região.

Com o avanço da ocupação antrópica ao longo das décadas, verificou-se um crescimento proporcional na ocorrência de formas erosivas (Apêndice – Mapa 4), evidenciando a correlação direta entre uso inadequado do solo e processos de degradação. No mapa de indicadores de degradação, observa-se que, em 1962 (Apêndice – Mapa 4), não havia sinais de movimentos de massa/escorregamentos. As áreas que foram desmatadas para a criação de chácaras ou de pasto são as que apresentam a maior quantidade de sulcos e ravinas recentes. Observações de campo indicaram que muitas vertentes locais, sobretudo as convexas, apresentam marcas de terracetes formados pelo pisoteio do gado o que, de acordo com Modenesi e Jordão (1992), constitui um dos principais agentes de intensificação dos processos erosivos e uma feição concentradora do escoamento superficial, pois o pisoteio constante: (a) compromete a cobertura vegetal ao favorecer a

permanência apenas de espécies mais resistentes e menos exigentes, reduzindo, assim, a diversidade de espécies; (b) deixa o solo desprotegido; (c) contribui para a intensificação dos impactos causados pelas chuvas e pela radiação solar direta; (d) causa compactação do solo, que tem sua estrutura física alterada e passa a apresentar crostas superficiais, o que dificulta a infiltração da água e favorece a impermeabilização. Essas marcas de pisoteio, na área estudada, foram analisadas, posteriormente, no trabalho de Giroldo (2013). Verificou-se, além, disso, que outras vertentes sofreram interferência direta por cortes e movimentação de terra para abertura de estradas e caminhos. As concavidades que predominam nas áreas de nascentes apresentam-se um pouco mais preservadas.

A partir da correlação entre a declividade e o mapa morfológico (Apêndice – Mapa 1), foi elaborado um mapa de padrões morfológicos (Apêndice – Mapa 5). Este agrupamento permitiu a identificação de padrões de unidades morfológicas em uma escala menor, trazendo uma nova categoria para a análise e correlação dos dados das diferentes cartas elaboradas.

A partir da setorização baseada em unidades morfológicas (Apêndice – Mapa 5), o estudo comparativo entre os mapas de uso da terra de 1962 e 2003 permite observar, de maneira geral, as seguintes modificações:

- Unidade I: recomposição de vegetação de mata;
- Unidade II: aumento das áreas de pastagem/campo antrópico e pasto sujo;
- Unidade III: aumento de edificações e chácaras;
- Unidade IV: reordenamento de estradas, redução de vegetação, represamento de cursos d'água (incluindo a criação do reservatório Jacaréi) e aumento de edificações.

Nesse contexto, evidencia-se, portanto, uma contradição: apesar de ter havido uma recomposição da vegetação e aumento dos espaços de mata na Unidade I, o aumento das atividades antrópicas nos demais setores, associados às altas declividades e suas rupturas, pode ter resultado em alterações no escoamento superficial e nas taxas de infiltração, aumentando os riscos de surgimento de sulcos, ravinas, solo exposto e movimentos de massa.

Finalmente, como síntese dos resultados e discussões apresentadas, o Quadro 1 expõe uma sistematização das correlações entre os diferentes mapas apresentados e os dados levantados em

campo.

Tais correlações permitem identificar a intensificação das atividades antrópicas e o aumento das feições erosivas relacionadas a elas. Por exemplo, na Unidade II, verifica-se o aumento na quantidade de sulcos e ravinas, provavelmente associados à abertura de estradas e à pastagem e pisoteio de gado. Esse aumento também é percebido nas Unidades Ib, IIIe e IVg, incluindo feições erosivas associadas às movimentações de massa, também provavelmente devido à abertura de estradas e caminhos.

O aumento de feições erosivas e movimentações de massa em uma região que abriga uma rede hidrográfica que integra o Sistema Cantareira deve ser visto com preocupação, pois pode resultar em alterações no balanço hidrológico e na quantidade e qualidade de água disponível. A crise hídrica de abastecimento de 2014 acendeu um alerta e esperase que ocorra o aperfeiçoamento e implantação de políticas públicas de gestão de recursos hídricos e de conservação dos sistemas hidrológicos, sobretudo diante do aumento da demanda e da intensificação dos eventos climáticos extremos atuais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A correlação dos mapas possibilitou uma análise evolutiva comparativa da área da sub-bacia hidrográfica e a identificação das mudanças ambientais ocorridas na área ao longo do tempo. Além disso, forneceu embasamento para posterior monitoramento geomorfológico dos processos e materiais associados às formas mapeadas (originais ou antropogênicas).

O estudo comprovou que, apesar de alguns setores apresentarem recomposição da vegetação de mata, os sinais de degradação do meio físico estão disseminados por toda a área de estudo, reflexo de um histórico de uso do solo que remonta ao período das lavouras cafeeiras. No período mais recente (2003), verifica-se o aumento das intervenções voltadas ao turismo, especialmente a abertura de novas estradas, bem como o pisoteio por gado e o remanejamento de materiais, os quais se configuram, então, como os principais indicadores da atividade antrópica. Em campo, foram identificados inúmeros terracetos de pisoteio do gado, de diversas amplitudes, e ravinamentos e sulcos associados a eles, uma vez que tais feições são indícios de mobilização e compactação do solo e interferem no escoamento superficial da água, facilitando, assim, o surgimento das ravinas e sulcos.

QUADRO 1 – Correlação dos dados e síntese dos resultados.

TABLE 1 – Data correlation and summary results.

<i>Unidade</i>	<i>Localização</i>	<i>Sub-unidade</i>	<i>Variações Altimétricas</i>	<i>Padrões de declividade predominante</i>	<i>Aspectos morfológicos</i>	<i>Uso do solo 1962</i>	<i>Uso do solo 2003 comparação</i>	<i>Indicadores de degradação</i>
I - Serras e Morros Alongados	Setor Ocidental - margem superior direita da bacia hidrográfica	a	De 1000 -1500 m Predomínio da classe 1200 - 1400 m	$\geq 30^{\circ}$	Vertentes com generalizadas rupturas côncavas em áreas superiores. Significativo número de interflúvios secundários sem conectividade atual com o interflúvio principal. Vertentes com alta heterogeneidade e densidade de mudanças e rupturas. Predomínio de vales profundos, topos superiores estreitos e secundários mistos.	Presença de mata nas áreas de maior altitude. Presença de vegetação herbácea e pastagem, com poucas manchas de mata com a diminuição das altitudes.	Aumento considerável de matas, principalmente nas áreas de nascentes, substituindo os pastos sujos identificados em 1962. Ainda predominam grandes manchas de vegetação herbácea e/ou pastagem/campo antrópico.	Presença diminuta de ravinas recentes (2003) em áreas côncavas e próximas aos anfieatros (nichos de nascentes).
		b	Em torno de 1000 m	$\geq 21^{\circ}$	Área com grande número de concavidades e vários anfieatros. Vertentes com generalizadas rupturas côncavas e, secundariamente, convexas, em áreas superiores, e poucas mudanças nas partes médias e inferiores. Interflúvios secundários conectados ao interflúvio principal. Vale apresenta dissimetria. Canal com trechos retilíneos.	Predomínio de vegetação arbustiva. Poucas manchas de mata, localizadas em áreas superiores, e de vegetação herbácea. Predominam os pastos sujos e as pastagens/campos antrópicos.	Aumento significativo nas áreas de mata ao norte da bacia hidrográfica. Manchas espalhadas de reflorestamento. No setor sul predomínio de pastagens/campos antrópicos.	Grande quantidade de sulcos e ravinas antigos (1962) e recentes (2003) concentrados em área de grande concavidade provavelmente relacionados ao uso da terra para pastagens e cortes viários.
II - Serras e Morros Alongados	Setor Oriental - margem superior esquerda da bacia hidrográfica.	c	De 950 m a cerca de 1350 m Predomínio da classe 1000 - 1400 m	$\geq 11^{\circ}$	Vertentes mistas com grande desnível altimétrico e variedade de declividade. As vertentes apresentam rupturas e mudanças convexas desconexas aos interflúvios. Presença de interflúvios secundários conectados e desconectados ao interflúvio principal. Muitas concavidades nas áreas de nascentes. Apresenta vales mistos (profundos e de pouca profundidade), topos superiores estreitos e secundários mistos.	Predomínio de vegetação arbustiva nas áreas superiores. Nas áreas de menor altitude predominam os pastos sujos e as pastagens/campos antrópicos. Presença de algumas edificações, chácaras e manchas de solo exposto.	Aumento significativo de atividades antrópicas: pastagens/campos antrópicos, edificações, chácaras e estradas. Diversos lagos pequenos são observados, formados pelo represamento de rios intermitentes. Poucas manchas de mata ou vegetação arbustiva.	Em 1962, sulcos, ravinas e solo exposto concentrados à margem esquerda do ribeirão Jacarei, nas concavidades próximas aos anfieatros (nichos de nascentes) e ao longo dos canais. Em 2003 observa-se um significativo aumento do número de ravinas, principalmente à margem direita do ribeirão Jacarei, provavelmente relacionadas ao aumento do desmatamento para pastagens e ao pisoteio do gado.
		d	De 900 - 1000 m Predomínio da classe 900 m	$\geq 11^{\circ} - \leq 20^{\circ}$	Vertentes amplas, com poucas rupturas. Área sem presença de interflúvios secundários representativos. Menor presença de canais de drenagem, os quais são intermitentes. Topos superiores estreitos.	Predomínio de vegetação arbustiva ao norte e de pastagem/campo antrópico ao sul. Apresenta manchas de solo exposto.	Aumento da ocupação antrópica ao norte: pastagens/campos antrópicos, pastos sujos e abertura de estradas secundárias / caminhos. Ao sul, verificam-se aumento de edificações e de manchas de vegetação de mata, arbustiva e herbácea, diminuindo as áreas de pastagem.	Comparando-se os mapas de 1962 e 2003, observa-se um grande aumento na quantidade de sulcos diversos ao longo das vertentes, provavelmente relacionados à pastagem e pisoteio do gado e à abertura de estradas/caminhos.

QUADRO 1 (continuação) – Correlação dos dados e síntese dos resultados.
BOX 1 (continuation) – Data correlation and summary results.

<i>Unidade</i>	<i>Localização</i>	<i>Sub-unidade</i>	<i>Variações altimétricas</i>	<i>Padrões de declividade predominante</i>	<i>Aspectos morfológicos</i>	<i>Uso do solo 1962</i>	<i>Uso do solo 2003 comparação</i>	<i>Indicadores de degradação</i>
III - Base de Vertentes e Fundos de Vale	Área central da bacia hidrográfica, próxima ao rio principal.	f1	Em torno de 930 m	$\leq 10^\circ$	Alternância entre vales estreitos (em v) e com fundo plano. Presença de uma larga planície fluvial que se estreita e depois reabre, formando solieras com rocha à mostra.	Predomínio de vegetação de várzea. Atividade antrópica pouco significativa. Além da estrada de terra, verificam-se apenas duas pequenas chácaras com edificações e uma pequena área de pastagem/campo antrópico.	Aumento do número de chácaras edificações, mas também de áreas reforestadas. Verificam-se manchas de mata e de vegetação arbustiva, herbácea e de várzea.	Não há indicadores de degradação significativos nesta área.
		f2	Em torno de 900 m	$\leq 10^\circ$	Vales fluviais com fundo plano ou em v com pouca profundidade. Formação de planícies fluviais estreitas delimitadas por micro-flechas ou por mudança de declividade nas vertentes.	Área ocupada predominantemente por pastagens. Verificam-se a presença de poucas edificações e pequenas manchas de mata e vegetação herbácea próximas ao rio.	Aumento do número de edificações, de chácaras e de estradas. Os pastos sujos, a área de cultivo e praticamente toda a vegetação deram lugar às pastagens/campos antrópicos, chácaras ou áreas com movimento antrópico de terra/terraplenagem.	Aumento do número de sulcos, ravinas e solo exposto de 1962 a 2003, que aparecem nas áreas côncavas, próximos aos antilheos (nichos de nascentes) e em algumas vertentes convexas de maior declividade, mas sempre próximas aos canais. Verificam-se duas áreas com movimentos de massa (2003), provavelmente de origem antrópica, em convexa, próxima ao canal de escoamento.
		g	De 870 - 1000 m Predomínio da classe 800 - 900 m	$\leq 30^\circ - \leq 10^\circ$	Predomínio das vertentes convexas, as cavidades se restringem exclusivamente às áreas de nascentes. Presença significativa de interflúvios secundários com topos largos, conectados ou não ao interflúvio principal. Presença maior de mudanças de declividade e menor de rupturas, caracterizando a suavidade do relevo.	Predomínio de vegetação de várzea junto ao rio, rodeada por vegetação arbustiva ou pastagem (localizada à margem esquerda do canal). Estrada de terra que leva ao baíro dos Pires corta a planície do rio.	Aumento da heterogeneidade na área. Aumento significativo do número de chácaras com edificações, pastos sujos, áreas de cultivo e solo exposto. Pequenas manchas de mata ao sul. Manchas maiores de mata e de vegetação herbácea ao norte.	Não há indicadores de degradação significativos nesta área.
		f3	Em torno de 850 m	$\leq 10^\circ$	Vales fluviais com fundo plano ou em v com pouca profundidade. Formação de planícies fluviais delimitadas por mudanças ou rupturas nas vertentes.	Predomínio de pastos sujos e de pastagens/campos antrópicos. Poucas edificações e chácaras. Várias estradas principais e secundárias/caminhos. Poucas manchas, porém relativamente extensas, de mata e vegetação arbustiva.	Aumento da heterogeneidade na área. Aumento significativo do número de chácaras com edificações, pastos sujos, áreas de cultivo e solo exposto. Pequenas manchas de mata ao sul. Manchas maiores de mata e de vegetação herbácea ao norte.	Não há indicadores de degradação significativos nesta área.
IV - Morros Arredondados e Fundos de Vale	Terço inferior da bacia hidrográfica.	h	Em torno de 900 m	$\leq 20^\circ - \leq 10^\circ$	Vertentes com maior presença de mudanças de declividade e menor de rupturas, caracterizando a suavidade do relevo. Predomínio das vertentes convexas. Presença de interflúvios secundários de topos largos, sendo que apenas um deles não está conectado ao interflúvio principal. Há apenas um canal de drenagem, sendo este intermitente.	Predomínio de pastos sujos e de pastagens/campos antrópicos. Poucas edificações e chácaras. Várias estradas principais e secundárias/caminhos. Poucas manchas, porém relativamente extensas, de mata e vegetação arbustiva.	Aumento da heterogeneidade na área. Aumento significativo do número de chácaras com edificações, pastos sujos, áreas de cultivo e solo exposto. Pequenas manchas de mata ao sul. Manchas maiores de mata e de vegetação herbácea ao norte.	Não há indicadores de degradação significativos nesta área.

O mapeamento morfológico detalhado do local antes desta intervenção, correlacionado aos mapas de uso da terra e de declividade e ao estudo em campo, evidenciou mudanças morfológicas no local e permitiu análises sobre a degradação ambiental da área, além de fornecer subsídios para posteriores pesquisas voltadas ao balanço hidrológico do Sistema Cantareira, que envolve a produção de água para a maior região metropolitana do país.

6 REFERÊNCIAS

- Ab'Saber, A. N. (1973). Geomorfologia da área das barragens do Alto Jaguari. *Geomorfologia*, 42, 1–22.
- Almeida, F. F. M. (2018). Fundamentos geológicos do relevo paulista. *Revista do Instituto Geológico*, 39(3), 9–75. <https://doi.org/10.33958/revig.v39i3.600> (Original publicado em 1964 no *Boletim do Instituto Geográfico e Geológico*, 41, 169–263)
- Almeida, F. F. M., & Hasui, Y. (Eds). (1984). *O Pré-Cambriano do Brasil*. Edgard Blücher.
- Agência Nacional de Águas. (2023, 7 de Março). *Sistema Cantareira (SP) atinge maior nível de armazenamento de água desde agosto de 2012* [Notícia] <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/sistema-cantareira-sp-atinge-maior-nivel-de-armazenamento-de-agua-desde-agosto-de-2012>
- Agência Nacional de Águas. (2025). *Sistema Cantareira*. <https://www.gov.br/ana/pt-br/sala-de-situacao/sistema-cantareira/sistema-cantareira-saiba-mais>
- Aranha, R. D., & Dias Ferreira, R. P. (2020). Morfologia do relevo e formações superficiais do ribeirão do Baú, São Bento do Sapucaí, SP. *Revista do Instituto Geológico*, 41(1), 87–115. <https://doi.org/10.33958/revig.v41i1.688>
- B&B Engenharia. (2016). *Joanópolis: plano municipal de saneamento básico e plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos – 2016-2035*. Fundação Agência das Bacias PCJ. <https://agencia.baciaspcj.org.br/docs/pmsb-pmgirs/p7-joanopolis-vol1.pdf>
- Bistrichi, C. A., Carneiro, C. D. R., Dantas, A. S. L., Ponçano, W. L., Campanha, G. A. C., Nagata, N., Almeida, M. A., Stein, D. P., Melo, M. S., & Cremonini, O. A. (1981). *Mapa geológico do Estado de São Paulo – escala 1:500.000*. IPT, São Paulo.
- Bistrichi, C. A. (2001). *Análise estratigráfica e geomorfológica do Cenozóico da região de Atibaia-Bragança Paulista, Estado de São Paulo* [Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista].
- Câmara Municipal de Joanópolis. (2025). *História do município*. <https://camarajoanopolis.sp.gov.br/historia/>
- Carvalho, I. C. M. (2012). *Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico* (6ª ed.). Cortez.
- Castells, M. (1999). *O poder da identidade – volume II*. Paz e Terra.
- Christofoletti, A. (1980). *Geomorfologia* (2ª ed.). Edgard Blücher.
- Coltrinari, L. (1992). Geomorfologia e Dinâmica Quaternária no Sudeste do Brasil. *Revista do Departamento de Geografia*, 6, 7–16. <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0001>
- Comitês de Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí. (2024). *Relatório de situação dos recursos hídricos 2024 – UGRHI 05*. <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/cnrh/reunioes-e-eventos/reunioes-do-cnrh/plenarias/6.5.RelatriodeSituaoDosRecursosHdricosdasBaciasPCJ20242.pdf>
- Cooke, R. U., & Doorkamp, J. C. (1990). *Geomorphology in environmental management – A new introduction*. Clarendon Press.
- Coutard, J. P., Ferreira, R. P. D., Pellerin, J., & Queiroz Neto, J. P. (2020a). Carta Geomorfológica de São Pedro, SP. (1:50.000). *Revista do Instituto Geológico*, 41(1), 35–41. <https://doi.org/10.33958/revig.v41i1.691> (original publicado em 1978 em *Sedimentologia e Pedologia*, 12).
- Coutard, J. P., Pellerin, J., Aguiar, M. B., & Coltrinari, L. (2020b). Carta do Modelado e

- das Formações Superficiais do Médio Vale do Rio Parateí, SP (1:25.000). *Revista do Instituto Geológico*, 41(1), 21–27. <https://doi.org/10.33958/revig.v41i1.689> (Original publicado em 1978 em *Sedimentologia e Pedologia*, 9, 3–18).
- Custódio, V. (2015). Crise hídrica na região metropolitana de São Paulo (2014–2015). *GEOUSP*, 19(3), 445–463. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.102136>
- Demek, J. (1972). *Manual of detailed geomorphological mapping*. Academia.
- Embleton, C., & Verstappen, H. T. (1988). The nature and objectives of Applied Geomorphological Mapping. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 68 (Supplementband).
- Giroldo, L. (2013). *Terracetes de pisoteio de gado e mudanças morfo-pedológicas em vertente amostral na bacia hidrográfica do rio Jacareí, Serra da Mantiqueira-SP* [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <http://www.doi.org/10.11606/D.8.2013.tde-13032014-124205>
- Gomes, N. R. (1992). *Joanópolis - Jóia da Mantiqueira: inventário de recursos naturais e culturais para turismo* [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo].
- Gregory, J. (1992). *A Natureza da Geografia Física*. Bertrand Brasil.
- Hart, M. G. (1986). *Geomorphology – Pure and Applied*. Routledge.
- Instituto Geográfico e Cartográfico. (1979). *Carta topográfica, escala 1:10.000. Folhas: Joanópolis – SF-23-Y-B-IV-3-SE-D; Bairro dos Pires – SF-23-Y-B-IV-3-SE-B; Fazenda Liberdade – SF-23-Y-B-IV-3-SE-C*. São Paulo.
- Jacobi, P. R., Buckridge, M., & Ribeiro, W. C. (2021). Governança da água na Região Metropolitana de São Paulo - desafios à luz das mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, 35(102), 209–226. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.013>
- Journaux, A. (1975). Légende pour une carte de l'environnement et de sa dynamique. In E. Helluin-Quinejre, *Les Sources de Documentation* (15 pp.). Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Caen.
- Luz, R. A. (2024). A cartografia geomorfológica pré-urbana e antropogênica da planície do rio Pinheiros, São Paulo (SP). *Derbyana*, 45, Artigo e834. <https://doi.org/10.69469/derb.v45.834>
- Luz, R. A., & Rodrigues, C. (2013). Reconstituição geomorfológica de planícies fluviais urbanizadas: o caso do rio Pinheiros, São Paulo - SP. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 14(1), 47–57. <https://doi.org/10.20502/rbg.v14i1.354>
- Magalhães Filho, F. J. C., Mendes, A. T., Santos, G. R., Benetti, A. D., & Dornelles, F. (2024). Enchentes e inundações no Rio Grande do Sul em 2024: impactos e desafios para a gestão integrada de políticas públicas no saneamento básico. *Boletim regional, urbano e ambiental*, 33, 23–32. <http://dx.doi.org/10.38116/brua33art1>
- Modenesi, M. C., & Jordão, S. (1992). A erosão acelerada em Caçapava - São Paulo. *Boletim do Instituto Geológico*, 9, 1–31. https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/233/2019/02/Boletim_IG_09_A_Erosao_Acelerada_em_Cacapava-1992.pdf
- Morari, E. L., & Villela, F. N. J. (2024). Geomorfologia antropogênica e cartografia geomorfológica em uma área urbana do município de Diadema – Sudeste do Brasil. *Revista do Departamento de Geografia*, 44, 1–13. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2024.213049>
- Nir, D. (1983). *Man, a geomorphological agent*. Keter Publishing House.
- Oliveira Neto, T., & Rafael, C. E. S. S. (2024). As águas baixas e um outro cenário amazônico: Manaus e rio Negro em seu dia de vazante extrema em 120 anos. *Confins*, 65. <https://doi.org/10.4000/130iw>
- Ponçano, W. L., Carneiro, C.D.R., Bistrichi, C.A., Almeida, F.F.M., & Prandini, F.L. (1981). *Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo*. IPT, São Paulo.

- Rodrigues, C. (1997). *Geomorfologia Aplicada: avaliação de experiências e de instrumentos de planejamento físico-territorial e ambiental brasileiros* [Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo].
- Rodrigues, C. (2001). A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. *Revista do Departamento de Geografia*, 14, 69–77. <https://doi.org/10.7154/RDG.2001.0014.0007>
- Rodrigues, C. (2005). Morfologia original e morfologia antropogênica na definição de unidades espaciais de planejamento urbano: exemplo na metrópole paulista. *Revista do Departamento de Geografia*, 17, 101–111. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0008>
- Rodrigues, C. (2024). Mapas geomorfológicos de paisagens antrópicas: metodologia, bases conceituais, conteúdos e estrutura de legenda. *Derbyana*, 45, Artigo e844. <https://doi.org/10.69469/derb.v45.844>
- Rodrigues, C., & Villela, F. N. J. (2015). Disponibilidade e escassez de água na Grande São Paulo. Elementos-chave para se compreender a origem da atual crise de abastecimento. *GEOUSP*, 19(3), 399–421. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geousp.2015.111496>
- Rodrigues, R., & Rodrigues, C. (2000). Cartografia morfológica de detalhe como subsídio às avaliações ambientais: Experiência na bacia hidrográfica do ribeirão Avecuia, Porto Feliz (SP). *Anais do III Simpósio Nacional de Geomorfologia, Campinas*, v. 1.
- Santoró, P. F., Ferrara, L. N., & Whately, M. (Orgs.). (2009). *Mananciais: diagnóstico e políticas habitacionais*. Instituto Socioambiental. https://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/BibliotecaDigital/BibDigitalLivros/TodosOsLivros/Mananciais-diagnosticos-e-politicas-habitacionais.pdf
- Saviegar, R. A. G. (1965). A technique of morphological mapping. *Annals of the Association of American Geographers*, 55(3), 514–538. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1965.tb00532.x>
- Silva, G. D. (2012). *A dinâmica temporal da vulnerabilidade ambiental do Sistema Cantareira: o caso de duas sub-bacias hidrográficas formadoras do Reservatório Jaguari-Jacaré* [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <http://doi.org/10.11606/D.18.2012.tde-06112012-093038>
- Silva, N. R. (2022). *Mudanças hidrogeomorfológicas decorrentes da urbanização na bacia hidrográfica rio Aricanduva, São Paulo/SP* [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho]. Repositório Institucional UNESP. <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/00a90499-2e9b-4d41-9848-6afbbfa47885>
- Soares, F. P. (2008). *Cartografia morfológica de detalhe e intervenções antrópicas no Alto Jacaré: subsídios à avaliação da degradação ambiental do Sistema Cantareira* [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://doi.org/10.11606/D.8.2008.tde-16012009-125423>
- Sotchava, V. B. (1977). O estudo de geossistemas. *Métodos em Questão*, 16, 51 p.
- Vargas, M. S. (1995). *Mapeamento morfológico de um trecho das vertentes da Serra do Mar entre as Praias das Galhetas e do Guaecá, São Sebastião, SP* [Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo].
- Whately, M., & Cunha, P. (2007). *Cantareira 2006: um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo*. Instituto Socioambiental.
- Zanatta, F. A. S., Lupinacci, C. M., & Boin, M. N. (2015). O uso da terra e alterações do relevo na Alta Bacia do ribeirão Areia Dourada, Marabá Paulista (SP): um estudo a partir de princípios da antropogeomorfologia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 16(1), 3–17. <https://doi.org/10.20502/rbg.v16i1.560>

Manuscrito submetido em 16 de abril de 2025, aceito em 7 de julho de 2025.

Como citar: Soares, F. P. (2025). Cartografia morfológica de detalhe como instrumento para avaliação de degradação ambiental em bacias hidrográficas: o exemplo de uma sub-bacia do rio Jacaré (SP) – sudeste do Brasil. *Derbyana*, 46, Artigo e855.

Contribuição do autor: F.P.S.: Conceitualização, Análise de dados, Metodologia, Redação, Edição.

Conflito de interesses: O autor declara que não há conflito de interesses.



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License.