

Mapeamento e Análise das Unidades da Paisagem no Trópico Úmido Brasileiro: um Estudo Integrado no Município de Rio Claro (Rio de Janeiro, Brasil)

Mapping and Analysis of the Landscape Units in the Brazilian Humid Tropics: An Integrated Study in the Municipality of Rio Claro (Rio de Janeiro, Brazil)

Marcelo Costa¹ 

Eduardo Salinas Chavez² 

Rafael Martins Brito³ 

Andréa Aparecida Zacharias⁴ 

Marcilene dos Santos⁵ 

Palavras-chave

Unidades da Paisagem
Cartografia
Integração de Dados
SIG

Resumo

O sistema montanhoso da Serra do Mar, região nuclear de Mata Atlântica, possui elevada relevância ambiental e geomorfológica no Sudeste do Brasil. Trata-se de um território que se caracteriza por intensa dinâmica morfoclimática, contrastes topográficos e recorrentes eventos hidrogeomorfológicos. Apesar dessas particularidades, ainda são insuficientes os estudos detalhados e a produção cartográfica sistemática voltados à compreensão plena de suas paisagens e sua dinâmica. O presente estudo tem como objetivo realizar o mapeamento e a análise cartográfica das unidades da paisagem no município de Rio Claro, localizado no estado do Rio de Janeiro, na porção fluminense da Serra do Mar. A metodologia adotada baseou-se na integração de variáveis físico-geográficas e socioambientais – precipitação, temperaturas médias anuais, litologia, hipsometria, declividade, formas do relevo, uso e cobertura da terra e tipos de solo – por meio de técnicas de geoprocessamento e análise espacial. Essa abordagem possibilitou a cartografia das unidades de paisagem em três níveis hierárquicos, permitindo compreender sua estrutura, dinâmica e inter-relações. A síntese cartográfica resultante constitui uma representação detalhada da paisagem e oferece uma base consistente para estudos futuros voltados à análise de riscos hidrogeomorfológicos, ao planejamento ambiental e ao ordenamento territorial. Ademais, a metodologia empregada, ao viabilizar a transição de dados de caráter mais genérico para um nível de detalhamento compatível com a escala municipal, demonstra elevado potencial de replicabilidade em outras áreas da Serra do Mar e em regiões com condições morfoestruturais e climáticas semelhantes.

Keywords

Landscape Units
Cartography
Data Integration
GIS

Abstract

The Serra do Mar mountain system, which is a fundamental region for Atlantic Forest, has high environmental and geomorphological relevance for the southeast of Brazil. It is a territory that is characterized by an intense morphoclimatic dynamic, topographic contrasts, and recurrent hydrogeomorphological events. Despite these particularities, there is a lack of detailed studies and systemic cartographic production aimed at fully understanding its landscapes and its dynamic. The present study aims to carry out mapping and cartographic analysis of the landscape units in the municipality of Rio Claro, located in the state of Rio de Janeiro, in the Fluminense area of the Serra do Mar. The adopted methodology was based on the integration of physical-geographic and socioenvironmental variables – precipitation, mean annual temperatures, lithology, altitude, slope, relief forms, land use and coverage, and soil types – through geoprocessing and spatial analysis techniques. This approach enabled the mapping of the landscape units on three hierarchical levels, enabling understanding of their structure, dynamic, and inter-relations. The resulting cartographic synthesis constitutes a detailed representation of the landscape and offers a consistent basis for future studies aimed at hydrogeomorphological risk analysis, environmental planning, and territorial planning. Furthermore, by enabling the transition of more generic data to a level of detail compatible with the municipal scale, the employed methodology demonstrates high potential for replicability in other areas of the Serra do Mar and in regions with similar climatic and morphostructural conditions.

1

¹Universidade Estadual Paulista – UNESP, SP, Brasil. srrcostam@gmail.com

²Universidade de Granada – UGR, Granada, Espanha. esalinasc@yahoo.com

³Universidade de Granada – UGR, Granada, Espanha. rafaelmbrito@ugr.es

⁴Universidade Estadual Paulista – UNESP, SP, Brasil. andrea.zacharias@unesp.br

⁵Universidade Estadual Paulista – UNESP, SP, Brasil. marcilene.santos@unesp.br

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os estudos em cartografia de paisagem têm se consolidado como abordagens metodológicas fundamentais para a identificação e delimitação das unidades da paisagem. Ao articularem múltiplos métodos, técnicas e procedimentos analíticos, subsidiam de forma qualificada a gestão ambiental e territorial (Medeiros *et al.*, 2022; Rosa; Ferreira, 2022; Schiattarella *et al.*, 2024; Brito *et al.*, 2023; Medeiros *et al.*, 2023; Salinas; Medeiros, 2024; Menjibar-Romero *et al.*, 2024; Cribari *et al.*, 2025). Esses estudos tornam-se especialmente relevantes diante da intensificação das atividades antropogênicas (Simensen *et al.*, 2018; Albuquerque *et al.*, 2023) e dos efeitos socioambientais das mudanças climáticas (Salinas *et al.*, 2019; IPCC, 2023) sobretudo em áreas de elevada complexidade geomorfológica, reforçando o papel central do planejamento territorial e ambiental.

Como base teórico-metodológica, a Geoecologia da Paisagem interpreta a paisagem como um geossistema, fundamentando-se em uma abordagem holística, inter e transdisciplinar, que integra os aspectos físico-geográficos e socioeconômicos. Nessa concepção, a paisagem é compreendida como um sistema espaço-temporal complexo e aberto, resultante da interação entre sociedade e processos físicos naturais do planeta, dotado de estrutura, funcionamento, dinâmica e evolução próprios, cujos limites e hierarquias são passíveis de classificação e análise (Salinas *et al.*, 2019).

Sob essa perspectiva, diversas propostas metodológicas para a classificação das unidades da paisagem foram desenvolvidas, variando conforme os objetivos da pesquisa e as particularidades territoriais (Giné *et al.*, 2019). Embora muitos procedimentos apresentem potencial de aplicação ampla (Alcántara-Manzanares; Muñoz-Álvarez, 2015), especialmente com os avanços dos Sistemas de Informação Geográfica e das tecnologias geoespaciais (Qin *et al.*, 2024), torna-se fundamental a adaptação metodológica aos contextos específicos, assegurando coerência entre os resultados e a paisagem analisada (Mücher *et al.*, 2010; Herr *et al.*, 2024). Nesse processo, o olhar do pesquisador assume papel central, tanto na adaptação metodológica quanto na interpretação dos resultados.

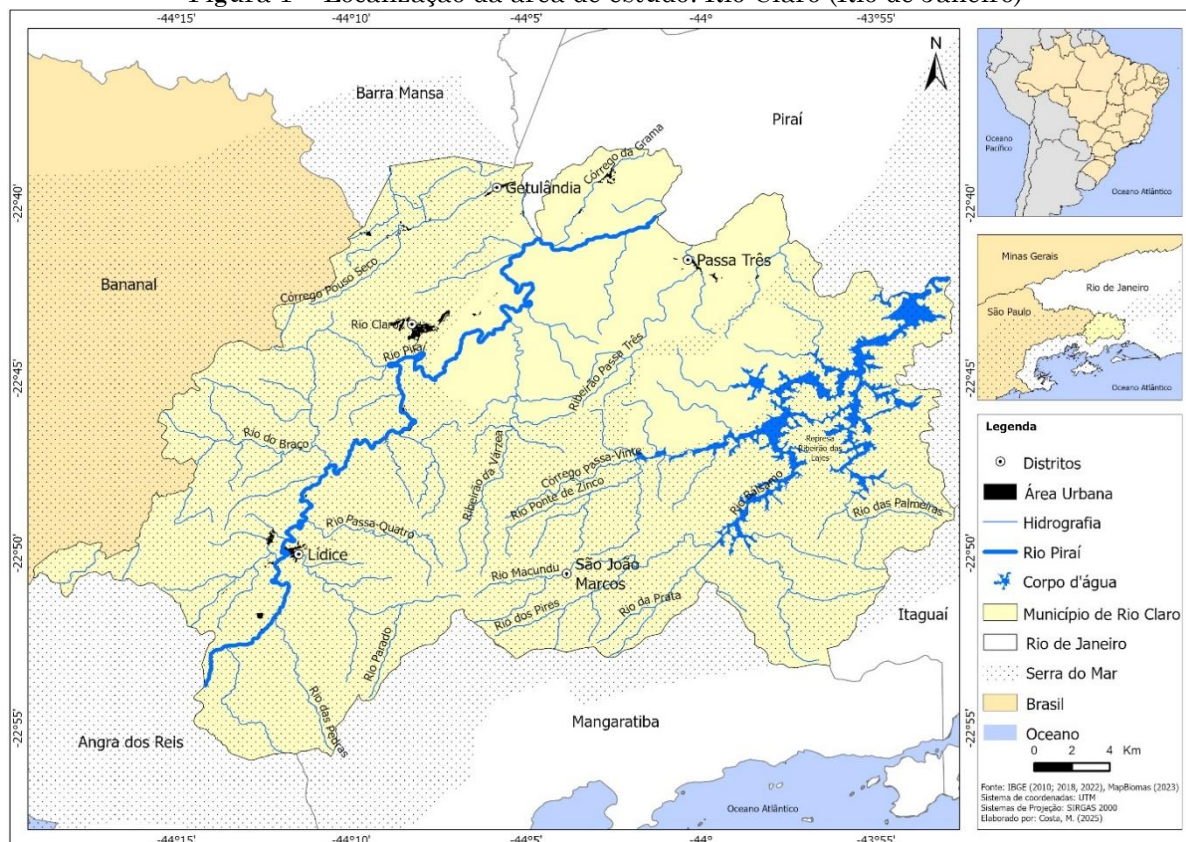
No contexto da área de estudo, o município de Rio Claro (Rio de Janeiro, Brasil), observa-se a ausência de mapeamentos em escala detalhada que possibilitem uma análise integrada da paisagem. Inserida nas escarpas da Serra do Mar, a região apresenta um complexo conjunto de falhas geológicas e feições geomorfológicas, com relevo fortemente dissecado e declividades acentuadas (Veloso *et al.*, 2025). No trópico úmido, a elevada pluviosidade constitui fator estruturante da paisagem, influenciando a modelagem do relevo, a distribuição da vegetação, o desenvolvimento dos solos e a recorrência de eventos hidrogeomorfológicos extremos.

Face ao exposto, o presente estudo tem como objetivo desenvolver o mapeamento detalhado das unidades da paisagem do município de Rio Claro, por meio da integração de dados físico-geográficos e socioambientais, visando à adaptação e operacionalização de metodologias para contextos de montanhas e colinas no trópico úmido do Sudeste brasileiro. Pretende-se, assim, fornecer subsídios metodológicos, cartográficos e analíticos que contribuam para a compreensão, o planejamento e a gestão da paisagem, considerando sua complexidade natural e as transformações decorrentes da ação antrópica.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Figura 1 – Localização da área de estudo: Rio Claro (Rio de Janeiro)



Fonte: Os autores (2026).

O município de Rio Claro (Figura 1), localizado no sul do estado do Rio de Janeiro, entre as latitudes 22°38'26" S e 22°55'54" S e as longitudes 44°19'05" W e 43°52'52" W, integra o domínio geomorfológico da Serra do Mar. O território municipal configura-se como uma zona de transição entre as formas montanhosas da serra – predominantes nas porções sul e sudoeste, onde as altitudes ultrapassam 1.600 m – e as depressões do médio Vale do Paraíba do Sul, em direção ao norte, onde se registra altitude mínima de aproximadamente 362 m. Essa posição geográfica confere ao município elevada heterogeneidade paisagística, resultante da articulação entre setores serranos, colinas dissecadas e planícies fluviais.

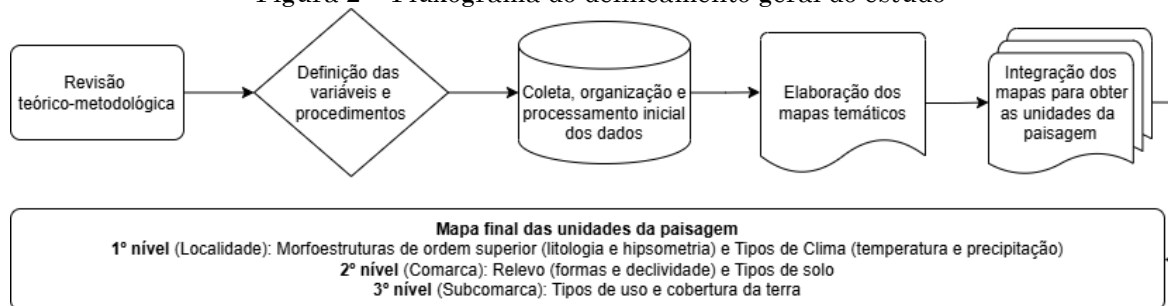
O território municipal possui área aproximada de 837 km² e população estimada em 17,9 mil habitantes (IBGE, 2025), o que resulta em uma densidade demográfica muito baixa e no predomínio de ambientes naturais. O município insere-se no domínio morfoclimático dos “mares de morros” (Ab’Sáber, 2003), característico do trópico úmido do Sudeste brasileiro, e apresenta elevados índices pluviométricos anuais, com valores que ultrapassam 1.800 mm (Costa *et al.*, 2024). Essa elevada pluviosidade está associada, em grande medida, à forte influência orográfica exercida pelas vertentes da Serra do Mar (Mendes; Valério Filho, 2015), a qual condiciona a estrutura, a dinâmica e a evolução da paisagem.

Delineamento do Estudo

A construção metodológica deste estudo fundamentou-se em uma revisão teórico-conceitual sobre a cartografia de paisagem e suas formas de integração de dados, permitindo a análise de referenciais metodológicos consolidados e de contribuições recentes (Ramón; Salinas, 2012; Salinas; Ramón, 2013; Gómez-Zotano *et al.*, 2018; Frolova, 2019; Giné

et al., 2019; Prodanova, 2021; Mateo *et al.*, 2022; Medeiros *et al.*, 2022; Brito *et al.*, 2023; Medeiros; Santos, 2024). Essa etapa orientou a definição das variáveis analisadas e dos procedimentos metodológicos adotados no estudo (Figura 2).

Figura 2 – Fluxograma do delineamento geral do estudo



Fonte: Os autores (2026).

Com base nessa revisão, foram realizadas a organização e a análise das bases de dados da área de estudo, definindo-se as variáveis a serem cartografadas. Elaboraram-se mapas temáticos dos principais componentes físico-geográficos e socioambientais – clima, litologia, hipsometria, declividade, formas do relevo, uso e cobertura da terra e solos. A integração dessas variáveis fundamentou a elaboração da cartografia de paisagem, cujos resultados são discutidos e apresentados ao longo do trabalho.

Elaboração dos Mapas Temáticos

A cartografia temática foi elaborada a partir de dados secundários de acesso aberto, provenientes de instituições nacionais e internacionais (Tabela 1). As informações espaciais foram organizadas e integradas em ambiente SIG, utilizando-se o R (R Core Team, 2024, versão 4.4.0) para o processamento dos dados climáticos e o ArcGIS Pro (ESRI, 2023, versão 3.2.0) para a elaboração dos mapas temáticos.

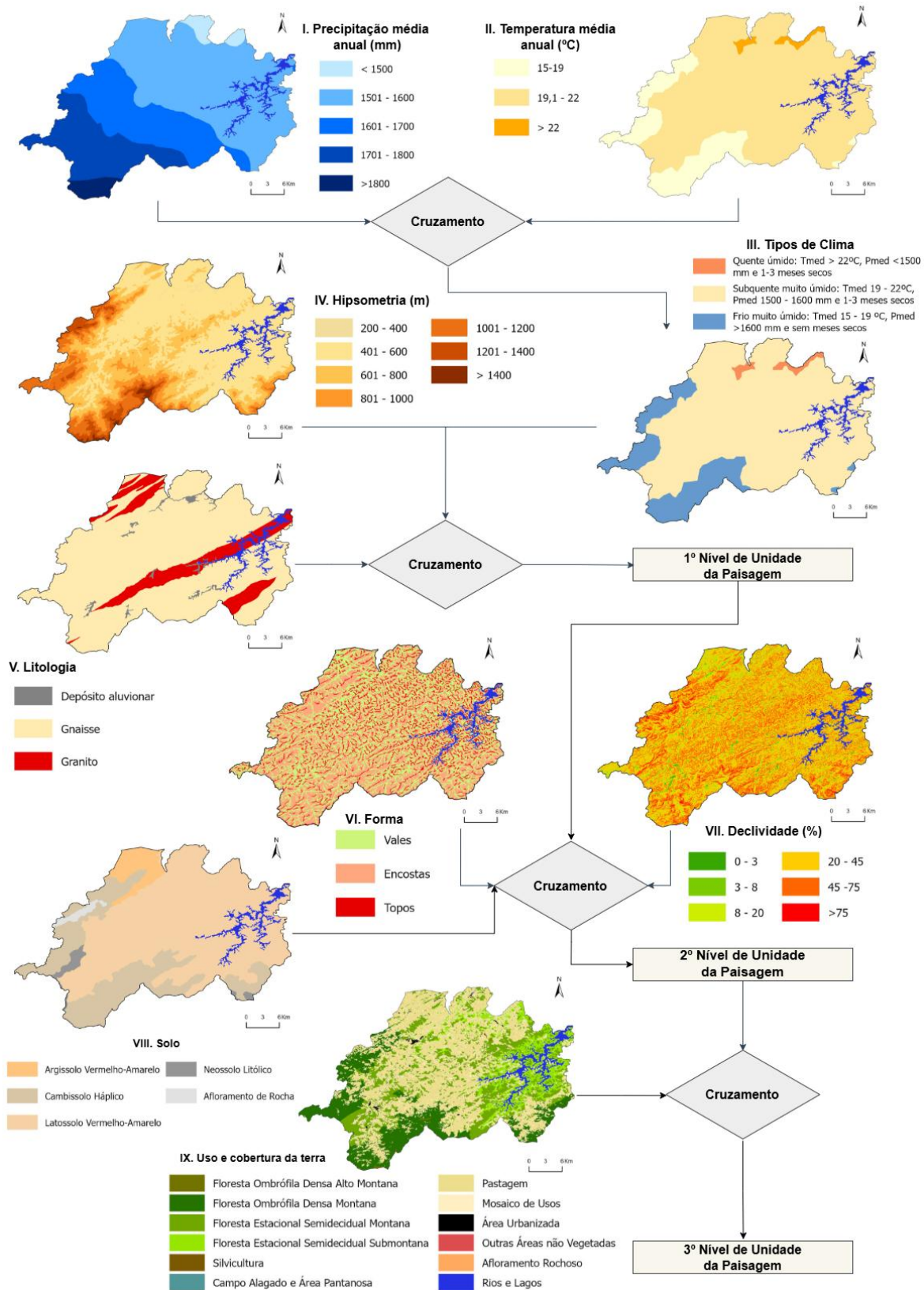
Tabela 1 – Descrição dos procedimentos adotados para a elaboração dos mapas temáticos

Informação	Fonte	Escala/ Resolução	Tratamento dos dados	Classes finais
Média anual Precipitação (1990-2022)	CHIRPS 2.0 (Funk <i>et al.</i> , 2015)	5 km	Cálculo da média dos totais anuais no ambiente R, com extração dos valores por pixel. Espacialização realizada por interpolação IDW no ArcGIS Pro Nota: O período foi selecionado por já ter tido sua acurácia avaliada pelos autores.	<1.500 mm 1.501-1.600 mm 1.601-1.700 mm 1.701-1.800 mm >1.800 mm
Média anual Temperatura (1979-2013)	CHELSA (Karger <i>et al.</i> , 2017)	1km	Extração dos valores de cada pixel no R e espacialização por interpolação IDW no ArcGIS Pro. Nota: Trata-se do dado com melhor resolução espacial disponível, corrigido pelos autores a partir de estações independentes e considerando os efeitos do vento orográfico.	15-19 °C 19,1-22 °C >22 °C
Litologia	CPRM (2016)	1:400.000	Identificação da litologia dominante a partir da descrição da nota técnica associada à “Unidade Geológica”. Mapa final simplificado elaborado no ArcGIS Pro.	Gnaisse Granito Depósito Aluvionar
Altitude	MDE Copérnicus (ESA, 2023)	30 m	Reclassificação do modelo digital de elevação e elaboração do mapa final no ArcGIS Pro.	200-400 m 401-600 m 601-800 m 801-1.000 m 1.001-1.200 m 1.201-1.400 m >1.400 m
Declividade	MDE Copérnicus (ESA, 2023)	30 m	Cálculo da inclinação das vertentes e elaboração do mapa final no ArcGIS Pro.	0-3 % 3-8 % 8-20 % 20-45 % >45 %
Formas do Relevo	MDE Copérnicus (ESA, 2023)	30 m	Extração automática das formas do relevo no ArcGIS Pro. Inicialmente foram geradas as classes e posteriormente reclassificadas: Vales (flat, hollow, footslope, valley, and pit). Encostas (spur, slope) and Topos (peak, ridge, shoulder). Ajustes manuais foram realizados com base na experiência e expertise dos pesquisadores.	Vales Encostas Topos
Uso e Cobertura da terra	Map Biomas (2023) e INEA (2022)	10 m	Utilização integral dos dados do Map Biomas, com exceção da classe de vegetação florestal, reclassificada com base na vegetação potencial do INEA. Processamentos e mapa final realizados no ArcGIS Pro.	Floresta Ombrófila Densa Alto-Montana e Montana, Floresta Estacional Semidecidual Montana e Submontana, Silvicultura, Campo alagado, Pastagem, Mosaico de Usos, Área urbanizada, Outras áreas não vegetadas, Afloramentos rochosos e rios e lagos.
Solos	Embrapa (1999)	1:500.000	Utilização integral dos dados disponibilizados pela Embrapa. Mapa final elaborado no ArcGIS Pro.	Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háplico, Latossolo Vermelho-Amarelo, Neossolo Litólico e Afloramentos rochosos.

Fonte: Os Autores (2026).

Integração Espacial para Elaboração da Cartografia de Paisagem

Figura 3 – Fluxograma da integração da cartografia de paisagem



Fonte: Os autores (2026).

A integração dos dados em ambiente SIG pode seguir distintos caminhos metodológicos, conforme a natureza das informações empregadas (raster ou vetor), o que condiciona os procedimentos de análise espacial adotados (Chang, 2020). Neste estudo, a integração foi realizada por meio do cruzamento de camadas vetoriais (Figura 3), utilizando as funções *Union* e *Eliminate* do ArcGIS Pro, conforme discutido por Trombeta (2019) e Brito (2023). Os dados que se encontravam em formato raster foram reclassificados nas classes definidas na Tabela 1 e posteriormente convertidos para o formato vetorial, utilizando a ferramenta Raster to Polygon do ArcGIS Pro, em sua configuração padrão, com simplificação das linhas de borda e geração de múltiplos polígonos, de modo a possibilitar a integração posterior entre as camadas.

A função *Eliminate* foi aplicada após cada cruzamento com o objetivo de generalizar polígonos com área inferior a 0,04 km², garantindo a Unidade Mínima de Mapeamento (MMU). Esse limiar foi definido de modo a assegurar compatibilidade com a escala de trabalho adotada (1:50.000), permitindo um nível de detalhamento adequado à legibilidade, com base em Priego *et al.*, (2011) e no conhecimento empírico dos pesquisadores sobre a área de estudo.

Todos os dados foram georreferenciados no sistema de coordenadas geográficas, em graus decimais, no datum SIRGAS 2000, zona 23S.

A sequência de cruzamentos cartográficos (Figura 3) seguiu uma lógica hierárquico-taxonômica da paisagem. No primeiro nível, foram integrados os elementos de controle macroestrutural – clima, altitude e litologia – determinantes da morfoestrutura de ordem superior no contexto do trópico úmido. No segundo nível, o cruzamento das variáveis geomorfológicas (formas do relevo e declividade), associado à caracterização pedológica, permitiu a discriminação das unidades de segunda ordem, vinculadas à morfologia e à dinâmica dos geossistemas. Por fim, a integração da camada de uso e cobertura da terra possibilitou a identificação dos atributos antrópicos incidentes sobre cada unidade, evidenciando pressões, transformações e estados de conservação relevantes ao planejamento e à gestão ambiental.

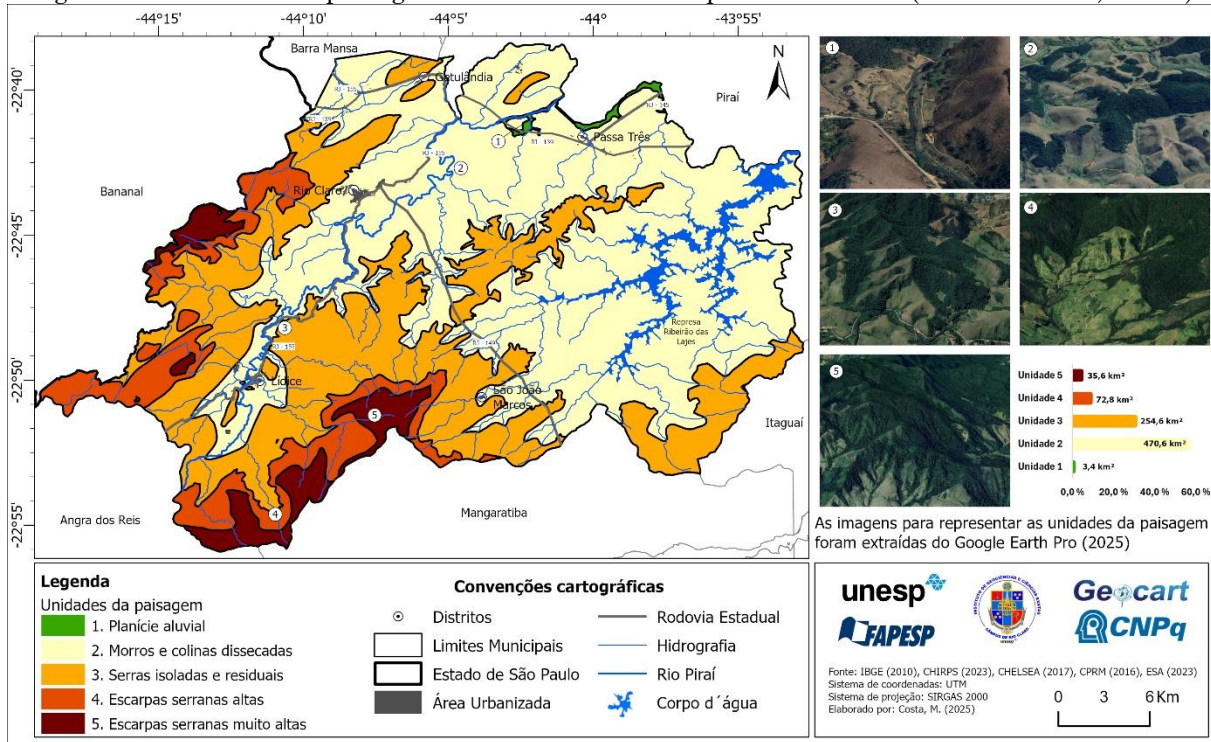
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir da elaboração da cartografia de paisagem permitiram a delimitação e a caracterização de 5 unidades de paisagem de primeiro nível (localidades), 14 unidades de segundo nível (comarcas) e 31 unidades de terceiro nível (subcomarcas), evidenciando a complexidade e a heterogeneidade ambiental do município de Rio Claro.

Unidades de Primeiro Nível

A compartimentação das unidades de paisagem de primeiro nível no município de Rio Claro (Figura 4) resulta da integração dos elementos de controle macroestrutural que organizam o funcionamento ambiental do território. Essa integração permitiu identificar cinco unidades, cuja distribuição espacial reflete os contrastes entre tipos climáticos, variações hipsométricas e litologia dominante. Tais unidades constituem o arcabouço estrutural da paisagem municipal, servindo de base para a diferenciação hierárquica e para a compreensão de sua dinâmica e evolução.

Figura 4 – Unidades da paisagem de 1º nível do município de Rio Claro (Rio de Janeiro, Brasil)



Fonte: Os autores (2026).

A Unidade 1, correspondente às planícies aluviais (Figura 5), é a menos representativa em extensão territorial, ocupando cerca de 3,4 km² (0,4%) do município. Localiza-se nas porções mais baixas do relevo, com altitudes inferiores a 400 m, sobretudo ao norte e nordeste de Rio Claro, caracterizando-se por superfícies planas a suavemente onduladas, formadas pela acumulação de sedimentos fluviais ao longo do rio Pirai e de seus tributários. Do ponto de vista geológico, essas áreas assentam-se sobre depósitos aluvionares recentes que recobrem de forma descontínua o embasamento gnáissico

regional. A baixa energia do relevo, associada às condições climáticas do trópico úmido – com temperaturas elevadas e curto período seco (1 a 3 meses) – favorece a recorrência de inundações, que desempenham papel central na dinâmica sedimentar e na configuração morfológica dessas planícies (Leopold *et al.*, 1964; Tucci, 2007). Essa elevada dinâmica ambiental torna a unidade particularmente sensível às intervenções antrópicas e relevante para análises de uso da terra e gestão de riscos hidrogeomorfológicos.

Figura 5 – Registros iconográficos das planícies aluviais (Unidade 1) do município de Rio Claro (Rio de Janeiro, Brasil). a: rio Pirai; b: Planície aluvial associada a um braço do rio Pirai, em transição para áreas de relevo menos plano



Fonte: Os autores (2026).

A Unidade 2, de maior expressão territorial, correspondente aos morros e colinas dissecadas (Figura 6), ocupa aproximadamente 470,6 km², o que equivale a 56,2% da área do município, configurando-se como o compartimento dominante no arranjo ambiental de Rio Claro. Sua configuração resulta da combinação entre altitudes intermediárias (401–600 m) e condições climáticas subquentes e muito úmidas, caracterizadas por um curto período seco, estimado entre um e três meses. Esse conjunto de fatores estabelece um ambiente de elevada energia potencial e intensa dinâmica hídrica, representativo de grande parte do denominado “Brasil Atlântico”, conforme discutido por Silva (2022).

Do ponto de vista geológico, predomina o embasamento gnáissico, com ocorrências pontuais de afloramentos graníticos. Trata-se, portanto, da unidade que sustenta a estrutura física predominante do território municipal e condiciona grande parte das interações entre o meio natural e os usos da terra.

Historicamente, foi essa combinação entre altitude e condições climáticas que favoreceu o desenvolvimento da cultura cafeeira na região Sul Fluminense (Lamego, 1963), promovendo intensas transformações na paisagem ao longo do tempo, cujos reflexos ainda são perceptíveis na configuração atual do uso e cobertura da terra.

Figura 6 – Registros iconográficos dos morros e colinas dissecadas (Unidade 2) do município de Rio Claro (Rio de Janeiro, Brasil). Nota: a) área com predominância de pastagem; b) área com vegetação arbórea associada à pastagem; c) área com ocupação urbana

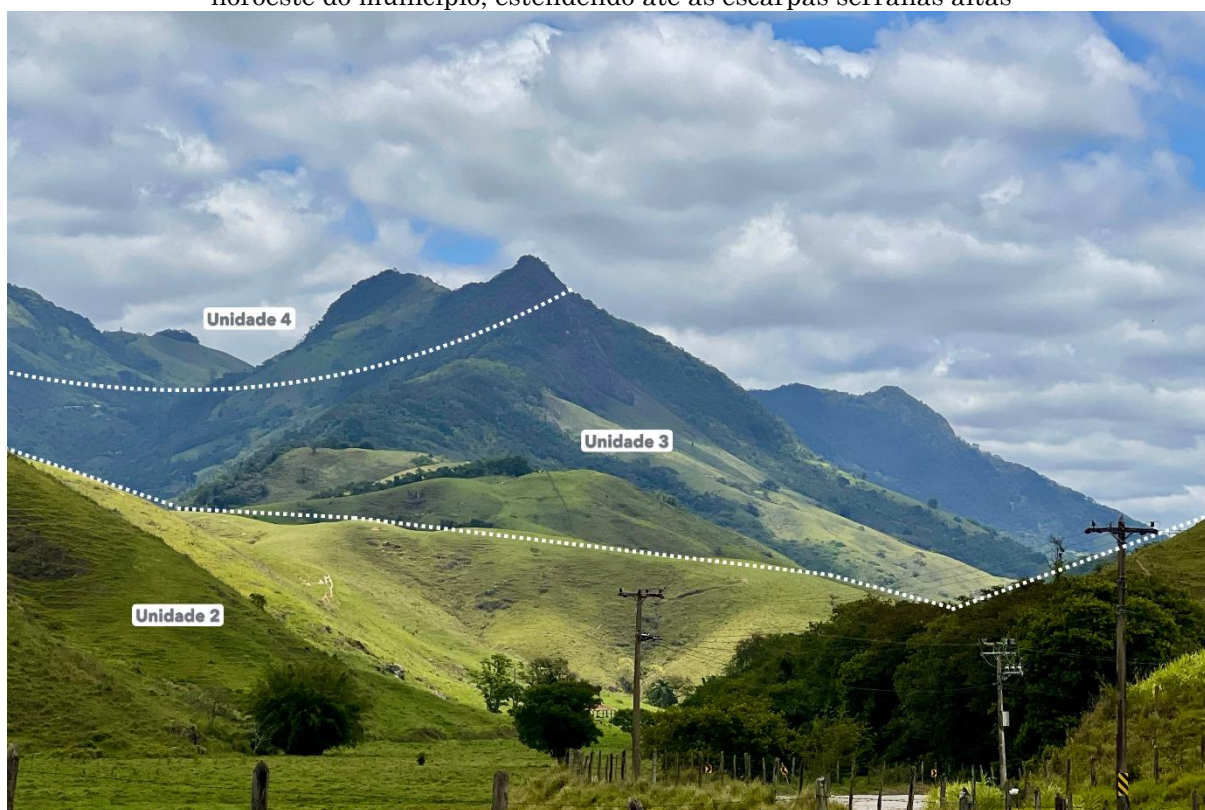


Fonte: Os autores (2026).

A Unidade 3, correspondente às serras isoladas e residuais (Figura 7), constitui o segundo maior compartimento da paisagem do município, ocupando aproximadamente 254,6 km², o que equivale a 30,4% da área total. Essa

unidade abrange altitudes elevadas, predominantemente entre 601 e 1.000 m, e apresenta clima majoritariamente subquente e muito úmido, caracterizado por um curto período seco, estimado entre um e três meses.

Figura 7 – Registro iconográfico das serras isoladas e residuais (Unidade 3) do município de Rio Claro (Rio de Janeiro, Brasil). Nota: Transição dos mares de morros para as serras isoladas a noroeste do município, estendendo até as escarpas serranas altas



Fonte: Os autores (2026).

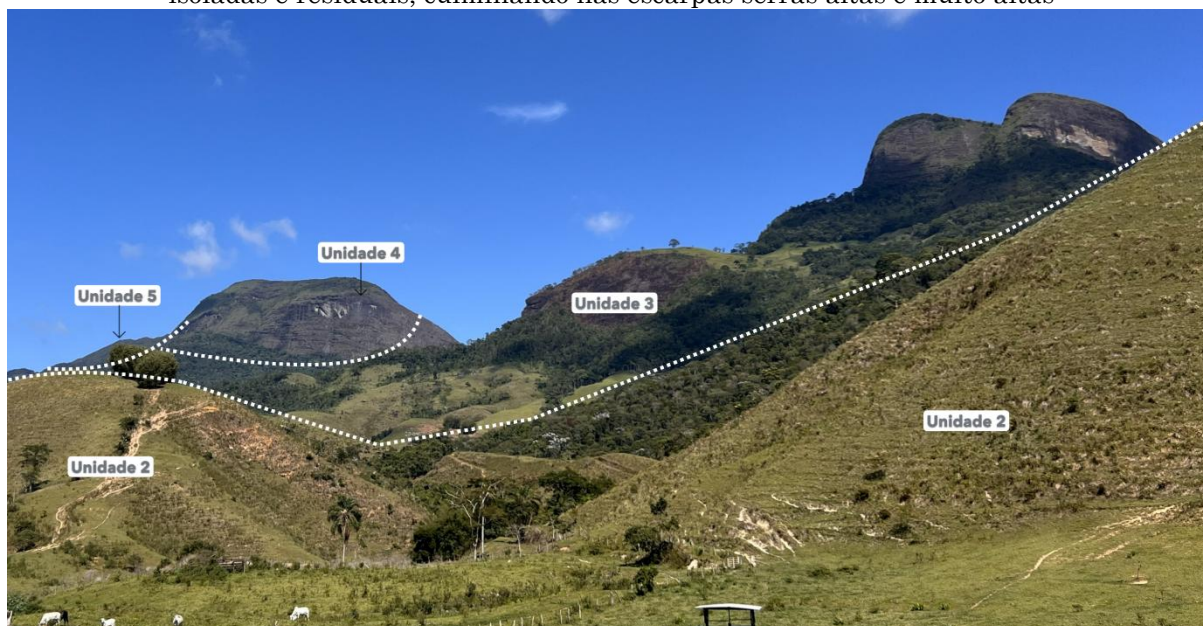
Geomorfologicamente, as serras isoladas e residuais representam formas de relevo mais elevadas e dissecadas, resultantes de processos de denudação diferencial de longo termo, que se destacam em relação aos compartimentos adjacentes. Essas feições marcam a transição entre os mares de morros e os setores serranos mais elevados, desempenhando papel fundamental na compartimentação topográfica e no controle dos processos morfodinâmicos locais.

Essas serras correspondem a elevações residuais esculpidas por processos erosivos sobre o embasamento gnáissico, ocorrendo de forma isolada em relação ao vale do Paraíba do Sul (Girão *et al.*, 2022), com ocorrências pontuais de afloramentos graníticos. Do ponto de vista hidrológico, essas formas de relevo desempenham função de divisores de drenagem, uma vez que, no setor norte das serras isoladas, os cursos d'água se orientam predominantemente para nordeste, drenando para o rio Paraíba do Sul, enquanto, na porção leste do território, os rios se direcionam para a Represa do Ribeirão das Lajes (Dutra, 2013). Além disso, essas serras exercem influência

significativa na circulação atmosférica local, conforme observado em outros setores da Serra do Mar (Pellegatti; Galvani, 2010; Sobral *et al.*, 2018), o que as faz desempenhar papel central na organização espacial da paisagem, ao condicionarem a dinâmica hidrogeomorfológica e os padrões microclimáticos do território.

A Unidade 4, correspondente às escarpas serranas altas (Figura 8), ocupa 72,8 km² (8,7%) do território municipal e abrange altitudes elevadas (1001–1200 m), predominando sobre litologias gnáissicas, com afloramentos pontuais de granitos. Caracteriza-se por um clima frio e muito úmido, sem estação seca definida. Fortemente condicionadas por falhas e lineamentos estruturais, essas escarpas apresentam elevada suscetibilidade natural a processos erosivos e movimentos gravitacionais, cuja intensidade varia em função do uso e da cobertura da terra. Nas áreas onde a vegetação se mantém densa e contínua, observa-se maior estabilidade das vertentes, com redução significativa da ocorrência de instabilidades geomorfológicas (Silva, 2022; Alcântara *et al.*, 2025).

Figura 8 – Registro iconográfico das escarpas serranas altas (Unidade 4) e muito altas (Unidade 5) do município de Rio Claro (Rio de Janeiro, Brasil). Nota: Transição dos mares de morros para serras isoladas e residuais, culminando nas escarpas serranas altas e muito altas



Fonte: Os autores (2026).

Por fim, a Unidade 5, correspondente às escarpas serranas muito altas (Figura 8), totaliza 35,6 km² (4,25%) e constitui o compartimento mais elevado da paisagem municipal, assentado sobre gnaisses e abrangendo altitudes superiores a 1200 m, que ultrapassam 1600 m em alguns topos mais elevados. Nessas áreas, o clima é ainda mais frio e muito úmido, resultado da intensa influência orográfica da Serra do Mar. As vertentes abruptas, cristas estreitas e frequentes afloramentos rochosos evidenciam a ação combinada da altitude extrema e das chuvas persistentes, configurando um ambiente naturalmente mais suscetível a processos erosivos e movimentos de massa. Assim como observado na unidade 4, essa suscetibilidade é significativamente modulada pelo uso e pela cobertura da terra, uma vez que a supressão da vegetação tende a intensificar a instabilidade das encostas (Sidle; Ochiai, 2006; Crozier, 2010; Lehmann *et al.*, 2019).

A compartimentação das unidades de paisagem de primeiro nível em Rio Claro apresenta elevada concordância com a geomorfologia regional descrita no mapeamento mais recente do Estado do Rio de Janeiro (Girão *et al.*, 2022). Embora elaborados com finalidades distintas, os padrões reconhecidos no produto estadual – como a predominância de morros e colinas dissecadas, escarpas serranas e serras residuais – corroboram a coerência do

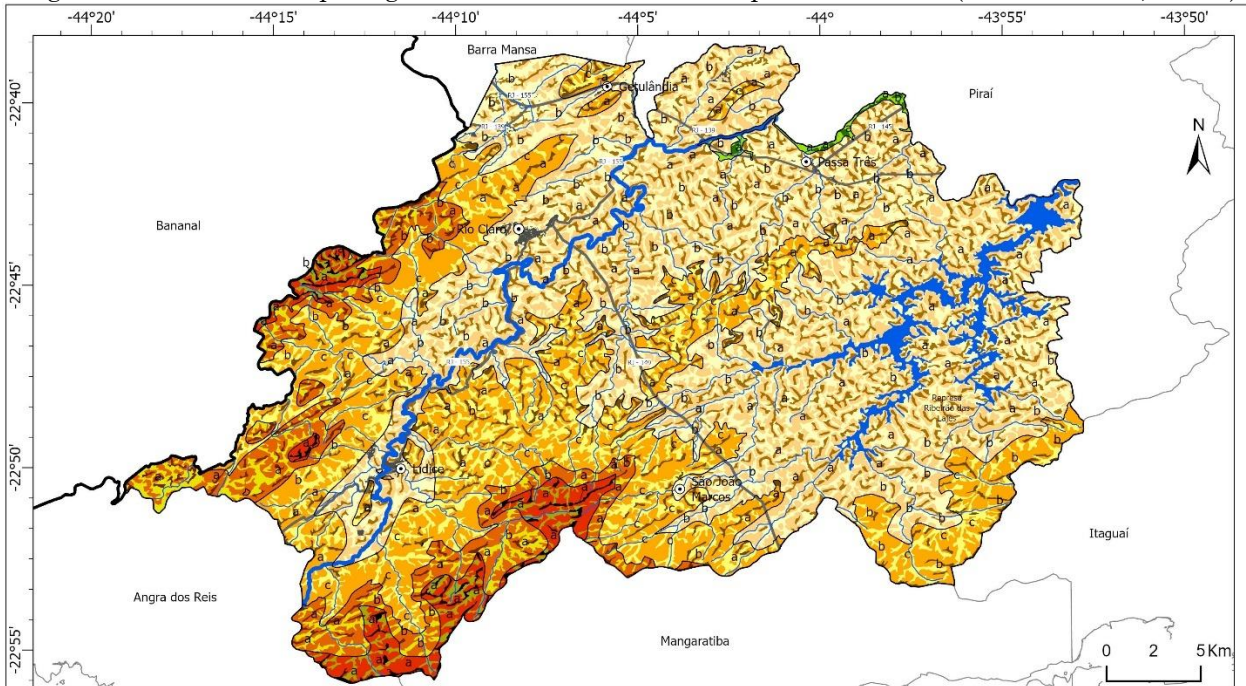
mapeamento realizado, reforçando a influência da litologia e da altitude associadas ao Cinturão Orogênico do Atlântico na configuração do relevo regional (Heilbron *et al.*, 2016).

Destaca-se, entretanto, que a metodologia adotada permitiu maior detalhamento, com a individualização de duas unidades de escarpas serranas, melhor representação das serras residuais e identificação de feições deposicionais de pequena extensão, como as planícies aluviais do rio Piraí, não discriminadas no mapeamento de Girão *et al.*, (2022) em função de sua escala. Assim, além de coerente com a morfoestrutura regional do Sudeste brasileiro, o estudo evidencia compartimentos e variações morfoestruturais não captados por produtos cartográficos de escala regional.

Unidades de Segundo e Terceiro Nível

Neste segmento, avança-se para uma escala de maior detalhamento, apresentando de forma integrada as unidades de segundo e terceiro nível do mapeamento da paisagem (Figura 9). A análise enfoca os padrões gerais das 14 comarcas e 31 subcomarcas, destacando suas principais diferenciações internas e articulações espaciais. Essa abordagem de descrição-síntese, apoiada em registros iconográficos, permite compreender como esses compartimentos refinam a estrutura da paisagem previamente apresentada.

Figura 9 – Unidades da paisagem de 2º e 3º nível do município de Rio Claro (Rio de Janeiro, Brasil)



Legenda Descritiva

<p>1. Planície aluvial baixa (<400m), sobre depósito aluvionar e gnaíse, com clima quente (temperatura média anual de >22°C, com médias mensais >18°C em todos os meses) úmido (de 1 a 3 meses secos) e precipitações anuais entre 1400 e 1500mm.</p> <p>1.1 Planície aluvial plana (0-3% de declividade) com transição para áreas mais inclinadas (3-45% de declividade), com Latossolo Vermelho-Amarelo.</p> <p>a. Com pastos e mosaico de usos b. Com floresta estacional semidecidual submontana</p> <p>1.2 Encostas suaves e interflúvios medianamente inclinados (20-75% de declividade), com Latossolo Vermelho-Amarelo.</p> <p>a. Com floresta estacional semidecidual submontana b. Com pastos c. Com mosaico de usos</p>	<p>3. Serras isoladas e residuais (601-1000m), sobre gnaíses e afloramentos de granitos, com clima predominantemente subquente (temperatura média anual entre 19 e 22°C) muito úmido (de 1 a 3 meses secos) e precipitações entre 1500 e 1600mm.</p> <p>3.1. Vales médios (601-750m) em forma de U abertos, moderado à fortemente inclinados (8-75% de declividade), com Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo Háplico.</p> <p>a. Com floresta estacional semidecidual montana b. Com floresta ombrófila densa montana c. Com pastos e mosaico de usos</p> <p>3.2 Encostas fortemente inclinadas (20-75% de declividade), com Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo Háplico.</p> <p>a. Com floresta estacional semidecidual montana b. Com floresta ombrófila densa montana c. Com pastos e mosaico de usos</p> <p>3.3 Topos médios (entre 651-800m, com alguns topos atingindo 1000m) arredondados a montanhosos (8-75% de declividade), com Latossolo Vermelho-Amarelo e Cambissolo Háplico.</p> <p>a. Com floresta estacional semidecidual montana b. Com floresta ombrófila densa montana c. Com pastos e mosaico de usos</p>	<p>4.3. Topos altos (1051-1200m) montanhoso a escarpado (8 - 75% de declividade), com Cambissolo Háplico.</p> <p>a. Com floresta ombrófila densa montana b. Com pastos</p> <p>5. Escarpas serranas muito altas (>1200m), sobre gnaíses, com clima frio (temperatura média anual entre 15 e 19 °C), muito úmido (sem meses secos) e precipitações anuais superiores a 1600mm.</p> <p>5.1. Vales muito altos (1201-1300m, com alguns vales mais elevados) em forma de V, moderado à fortemente inclinados (8-75% de declividade), com Cambissolo Háplico.</p> <p>a. Com floresta ombrófila densa montana b. Com pastos</p> <p>5.2. Encostas muito inclinadas (20->75% de declividade), com características montanhosa e escarpada, com Cambissolo Háplico.</p> <p>a. Com floresta ombrófila densa montana e alto montana</p> <p>5.3. Topos muito altos (>1300m, atingindo 1695m) montanhoso a escarpado (8-75% de declividade), com Cambissolo Háplico.</p> <p>a. Com floresta ombrófila densa montana e alto montana</p>
<p>2. Morros e colinas dissecadas (401-600m), sobre gnaíses e afloramentos de granitos, com clima subquente (temperatura média anual entre 19 e 22°C) muito úmido (de 1 a 3 meses secos) e precipitações anuais entre 1500 e 1600mm.</p> <p>2.1. Vales baixos (401-450m), moderadamente inclinados (predominantemente 8-45% de declividade, atingindo áreas com >45%), com Latossolo Vermelho-Amarelo.</p> <p>a. Com floresta estacional semidecidual montana e submontana b. Com pastos e mosaico de usos</p> <p>2.2. Encostas inclinadas (20-75% de declividade), com Latossolo Vermelho-Amarelo.</p> <p>a. Com floresta estacional semidecidual montana e submontana b. Com pastos e mosaico de usos</p> <p>2.3. Topos baixos (451-600m) arredondados (3-45% de declividade), atingindo áreas mais íngremes (>45% de declividade), com Latossolo Vermelho-Amarelo.</p> <p>a. Com floresta estacional semidecidual montana e submontana b. Com pastos e mosaico de usos</p>		
<p>4. Escarpas serranas altas (1001-1200m), sobre gnaíses e afloramentos de granitos, com clima frio (temperatura média anual entre 15 e 19 °C) muito úmido (sem meses secos) e precipitações anuais superiores a 1600mm.</p> <p>4.1. Vales altos (1001-1150m) em forma de V, de relevo moderado à fortemente inclinados (8-75% de declividade), com Cambissolo Háplico.</p> <p>a. Com floresta ombrófila densa montana b. Com pastos</p> <p>4.2. Encostas muito inclinadas (8->75% de declividade), com características montanhosa e escarpada, com Cambissolo Háplico.</p> <p>a. Com floresta ombrófila densa montana b. Com pastos</p>		
<p>Convenções cartográficas</p> <p>○ Distritos — Rodovia Estadual</p> <p>□ Limites Municipais — Hidrografia</p> <p>□ Estado de São Paulo — Rio Pirai</p> <p>■ Área Urbanizada — Corpo d'água</p>		

Fonte: IBGE (2010), CHIRPS (2023), CHELSEA (2017), CPRM (2016), Copernicus (2023), MapBiomas (2023). Sistema de coordenadas: UTM. Sistema de projeção: SIRGAS 2000. Elaborado por: Costa, M. (2025)

Fonte: Os autores (2026).

As Unidades de segundo nível evidenciam a complexidade interna dos grandes compartimentos paisagísticos, ao explicitar como as variações de declividade, formas do relevo e tipos de solos organizam a paisagem. No terceiro nível, essa estrutura é aprofundada pela diferenciação dos usos e coberturas da terra, que requalificam funcionalmente os compartimentos delimitados. Contudo, observa-se baixa diversidade funcional nessa reclassificação, uma vez que, apesar da expressiva heterogeneidade estrutural da paisagem, predomina de forma recorrente o uso por pastagens. Esse padrão indica um processo de simplificação funcional, no qual uma atividade antrópica dominante se sobrepõe à diversidade físico-natural, tornando necessária uma atenção analítica específica ao papel dos pastos na organização, na dinâmica e nos impactos socioambientais desses compartimentos.

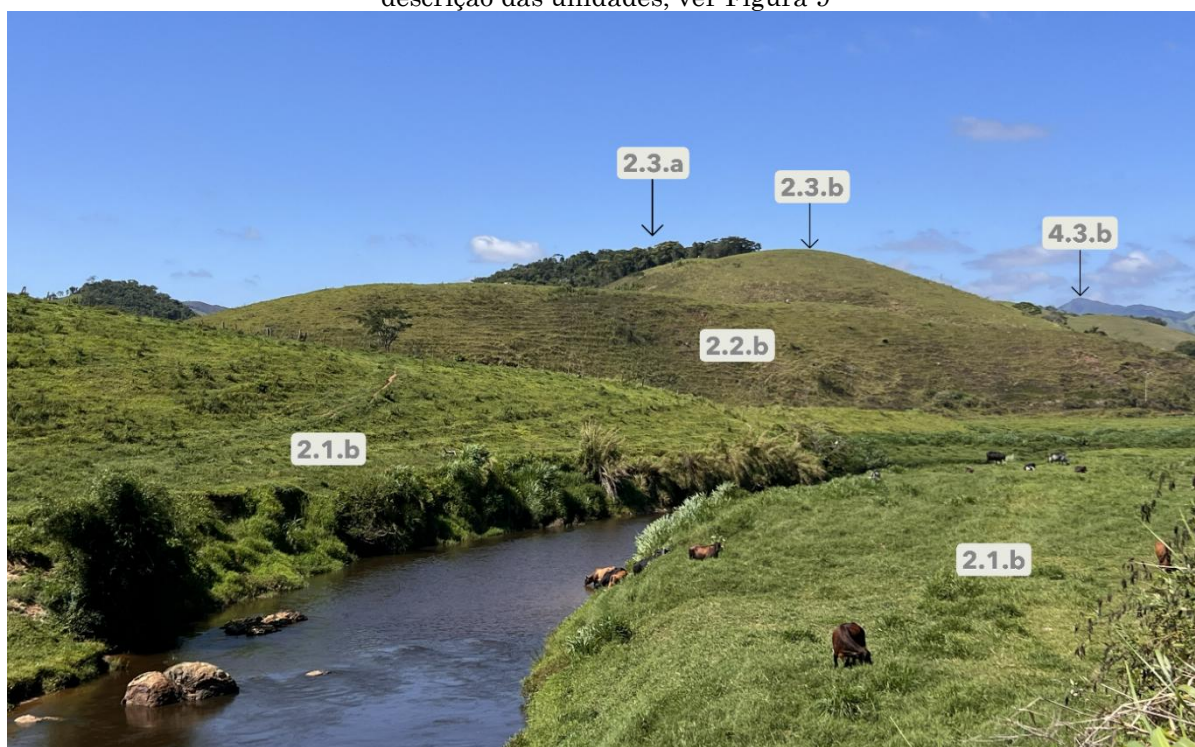
Nas planícies aluviais (Unidade 1), as comarcas e subcomarcas distribuem-se entre superfícies planas e áreas de transição para setores mais inclinados, onde latossolos sustentam usos agropecuários, fragmentos

florestais e mosaicos de uso da terra. Trata-se de um compartimento com baixa ocupação urbana, restrita a edificações pontuais nas proximidades do rio Pirai.

Nas unidades de morros e colinas dissecadas (Unidade 2) e de serras isoladas e residuais (Unidade 3) (Figuras 10 e 11), a reclassificação nos segundo e terceiro níveis é particularmente relevante, dada a elevada diversidade de formas do relevo e de classes de declividade. A diferenciação do uso e da ocupação da terra evidencia a predominância das pastagens, revelando o contraste entre a complexidade estrutural do meio físico e a simplificação funcional associada ao uso antrópico.

Nesses setores, a combinação de declividades moderadas a fortemente inclinadas, topos arredondados a mais acidentados e vales encaixados, predominantemente em forma de U, origina padrões diferenciados de uso do solo, organizados em mosaicos que alternam áreas de pastagem, remanescentes de floresta estacional e, nas unidades mais elevadas, trechos de floresta ombrófila densa.

Figura 10 – Registro iconográfico dos morros e colinas dissecadas (Unidade 2) e das escarpas serranas altas (Unidade 4), com destaque para a reclassificação de segundo e terceiro níveis. Para descrição das unidades, ver Figura 9



Fonte: Os autores (2026).

Os latossolos e cambissolos presentes nessas unidades influenciam tanto os tipos de uso da terra quanto a suscetibilidade a processos erosivos e a eventos hidrogeomorfológicos severos, especialmente considerando o histórico de intensas transformações antrópicas, marcadas pelo desmatamento associado à antiga expansão da cafeicultura e, posteriormente, pela consolidação de áreas de pastagem (Costa *et al.*, 2024).

Cabe destacar, ainda, a distribuição espacial da cobertura florestal, com a floresta ombrófila densa predominando nas porções mais elevadas da área de estudo, especialmente a leste e ao sul do território municipal, enquanto a floresta estacional semidecidual ocorre majoritariamente nas unidades situadas nas proximidades da Represa do Ribeirão das Lajes.

Figura 11 – Registro iconográfico dos morros e colinas dissecadas (Unidade 2), serras isoladas e residuais (Unidade 3) e das escarpas serranas muito altas (Unidade 5), com destaque para a reclassificação em unidades de segundo e terceiro nível. Para descrição das unidades, ver Figura 9



Fonte: Os autores (2026).

Nas unidades de maior altitude, correspondentes às escarpas serranas altas (Unidade 4) e muito altas (Unidade 5) (Figuras 10 e 11), a reclassificação em segundo e terceiro níveis evidencia ambientes dominados por encostas extremamente inclinadas, com declividades que ultrapassam 75%, vales estreitos em forma de V e topos escarpados. A presença de solos rasos, associada à elevada umidade, impõe fortes limitações naturais ao uso da terra, favorecendo a manutenção de uma cobertura florestal mais contínua e menos fragmentada. Essa cobertura desempenha papel fundamental na estabilidade das encostas e na regulação dos processos hidrogeomorfológicos. Dessa forma, enquanto as unidades intermediárias concentram maior pressão antrópica e uso intensivo por pastagens, os compartimentos de maior altitude configuram áreas de elevada complexidade geomorfológica e relevância ecológica, encerrando a organização estrutural e funcional da paisagem municipal.

CONCLUSÕES

O mapeamento e a análise das unidades da paisagem do município de Rio Claro permitiram alcançar o objetivo central da pesquisa, que consistiu em aprofundar a compreensão de um território marcado por elevada heterogeneidade morfoestrutural e climática, característica do trópico úmido brasileiro. A integração de variáveis físico-geográficas e socioambientais, por meio de procedimentos de geoprocessamento e análise espacial, mostrou-se eficaz para revelar a complexidade estrutural e funcional da paisagem, desde as planícies aluviais de baixa altitude até as escarpas serranas muito elevadas da Serra do Mar.

De modo geral, a organização das unidades da paisagem em três níveis hierárquicos possibilitou identificar os grandes compartimentos, suas subdivisões internas e os padrões de uso e cobertura da terra,

evidenciando as ações antrópicas. Essa estrutura hierárquica contribuiu para uma leitura integrada do território em escala municipal, permitindo reconhecer diferenças internas relevantes e seus reflexos na dinâmica ambiental.

Os resultados mostram que as unidades intermediárias da paisagem — morros, colinas dissecadas e serras isoladas — apresentam declividades acentuadas, solos mais suscetíveis e uso predominante por pastagens, configurando áreas com maior propensão a processos erosivos e a eventos hidrogeomorfológicos. Em contraste, as unidades de maior altitude, correspondentes às escarpas serranas altas e muito altas, apresentam menor intensidade de uso antrópico e elevada continuidade da cobertura florestal. Essa continuidade da vegetação confere relevância à estabilidade das vertentes, à conservação da biodiversidade e à regulação ambiental, evidenciando o papel estratégico dessas áreas na funcionalidade do território municipal. Esses contrastes entre os compartimentos da paisagem indicam diferenças significativas na estrutura, cobertura e funcionamento ambiental, sugerindo que o planejamento e a gestão territorial devem considerar tanto a fragilidade das unidades intermediárias quanto a importância ecológica das áreas elevadas.

Como principal contribuição, o estudo evidencia o potencial da metodologia de cartografia da paisagem para suprir lacunas no mapeamento detalhado de áreas montanhosas e colinosas do trópico úmido, frequentemente tratadas de forma generalizada em levantamentos regionais. A integração de múltiplas fontes de dados, escalas de análise e níveis hierárquicos permitiu uma leitura consistente da paisagem, com elevada capacidade de replicabilidade em outros setores da Serra do Mar e em regiões com condições ambientais semelhantes.

Entre as limitações, destaca-se a dependência de bases de dados secundárias, com recortes temporais e resoluções espaciais variadas. Estudos futuros podem avançar com séries temporais mais homogêneas e dados de maior resolução, especialmente sobre uso e cobertura da terra e uso do solo, detalhando os usos antrópicos. Tais melhorias contribuirão para o refinamento da cartografia da paisagem e para fortalecer sua aplicação no planejamento ambiental e na gestão territorial de áreas tropicais úmidas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), a disponibilidade de infraestrutura na Universidade de Granada e na Universidade Estadual Paulista, e as contribuições dos colaboradores que, de forma indireta, auxiliaram no desenvolvimento desta pesquisa.

FINANCIAMENTO

O presente estudo foi realizado com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), Brasil. Processos nº 2025/06710-7, 2023/09163-1 e 2022/15464-1.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, p. 151. 2003
- ALBUQUERQUE, E. M.; LIMA, E. R. V.; SOUSA, M. F. B. Methodological proposal for evaluation of susceptibility to environmental degradation. **Sociedade & Natureza**, v. 35, n. 1, p. e 67360, 2023. <https://doi.org/10.14393/SN-v35-2023-67360>
- ALCÁNTARA, E.; BAIÃO, C. F.; GUIMARÃES, Y. C.; MANTOVANI, J. R.; MARENGO, J. A. Machine learning approaches for mapping and predicting landslide-prone areas in São Sebastião (Southeast Brazil). **Natural Hazards Research**, v. 5, n. 2, p. 247-261, 2025. <https://doi.org/10.1016/j.nhres.2024.10.003>
- ALCÁNTARA-MANZANARES, J.; MUÑOZ-ÁLVAREZ, J.M. Método automatizado de identificación y caracterización de Unidades de Paisaje. **Cuadernos de Investigación Geográfica**, v. 41, n. 1, p. 205-230, 2015. <https://doi.org/10.18172/cig.2632>
- BRITO, R. M. **A geoecologia da paisagem como base para a adequação de zonas de amortecimento em monumentos naturais e parques no estado de Mato Grosso do Sul**. 2023. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/6684> Acesso em: 08 set. 2025.
- BRITO, R.; SALINAS, E.; GARCÍA, P. Los paisajes de la cuenca hidrográfica del Alto Taquari (MS) Brasil, como fundamento para la planificación y gestión de áreas protegidas. **Caminhos de Geografia**, v. 24, n. 93, p. 153-174, 2023. <https://doi.org/10.14393/RCG249365229>
- CHANG, K. **Introduction to Geographic Information Systems**. 9. ed. New York: McGraw-Hill, 2020.

- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS (CPRM); SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Mapa geológico e de recursos minerais do Estado do Rio de Janeiro**. Brasília: CPRM, 2016. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/18458> Acesso em: 20 set. 2025.
- COSTA, M.; ZACHARIAS, A.; SANTOS, M.; GENTILI, J. Movimentos de massa nos distritos de Rio Claro e Lídice (Rio Claro, Rio de Janeiro, Brasil): análise da topografia e eventos recentes de precipitação. *In: 10º Congresso Nacional de Geomorfologia*. Dinâmicas geomorfológicas no espaço e no tempo. v. 12. Associação Portuguesa de Geomorfólogos, p. 111-115. 2024. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11019.60963>
- CRIBARI, V.; STANISCIA, S.; NAHYAN, M. Mapping landscape characters through spatial data and multivariate analysis: the case of the Coal River Watershed in West Virginia, USA. **Landscape Research**, p. 1-22, 2025. <https://doi.org/10.1080/01426397.2025.2552993>
- CROZIER, M. J. Deciphering the effect of climate change on landslide activity: a review. **Geomorphology**, v. 124, n. 3-4, p. 260-267, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.04.009>
- DUTRA, A. C. D. **Metalogenia em terraços de alto grau: Contexto geológico e propostas para o modelo de geração das mineralizações sulfetadas de Rio Claro, RJ**. Dissertação de mestrado – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, p.121. 2013. Disponível em: <http://www.bdt.d.uerj.br/handle/1/7145>. Acesso em: 02 out. 2025.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Serviço de Produção de Informação. p. 412. 1999. Disponível em: https://www.bdsolos.cnptia.embrapa.br/consulta_publica.html. Acesso em: 10 out. 2025.
- ESRI. **ArcGIS Pro** (version 3.2.0) [software]. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, 2023. Disponível em: <https://www.esri.com/arcgis/products/arcgis-pro>. Acesso em: 13 abr. 2024.
- EUROPEAN SPACE AGENCY (ESA). **Copernicus Global Digital Elevation Model**. Distributed by OpenTopography, 2023. <https://doi.org/10.5069/G9028PQB>
- FROLOVA, M. From the Russian/Soviet landscape concept to the geosystem approach to integrative environmental studies in an international context. **Landscape Ecology**, v. 34, p. 1485-1502, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0751-8>
- FUNK, C.; PETERSON, P.; LANDSFELD, M.; PEDREROS, D.; VERDIN, J.; SHUKLA, S.; HUSAK, G.; ROWLAND, J.; HARRISON, L.; HOELL, A.; MICHAELSEN, J. **Climate Hazards Group Infrared Precipitation with Station Data (CHIRPS) – Version 2.0**. University of California, Santa Barbara, 2015. <https://doi.org/10.1038/sdata.2015.66>
- GINÉ, D. S.; GARCÍA ROMERO, A.; GARCÍA SANCHEZ, L. A.; SALINAS, E. Un nuevo método de cartografía del paisaje para altas montañas tropicales. **Cuadernos Geográficos**, v. 58, n. 1, p. 83-100, 2019. <https://doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i1.6517>
- GIRÃO, R. S.; VICENS, R. S.; DE ALMEIDA, J. C. H.; FERNANDES, P. J. F. Mapa Geomorfológico do Estado do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 15, n. 1, p. 153-174, 2022. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p155-175>
- GÓMEZ-ZOTANO, J.; RIESCO-CHUECA, P.; FROLOVA, M.; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, J. The landscape taxonomic pyramid (LTP): a multi-scale classification adapted to spatial planning. **Landscape Research**, v. 43, n. 7, p. 984-999, 2018. <https://doi.org/10.1080/01426397.2017.1404021>
- HEILBRON, M.; EIRADO, L. G.; ALMEIDA, J. (Org.). **Mapa Geológico e de Recursos Minerais do Estado do Rio de Janeiro**. Escala 1:400.000. Programa Geologia do Brasil (PGB), Mapas Geológicos Estaduais. Belo Horizonte: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, Superintendência Regional de Belo Horizonte, 2016.
- HERR, A.; MERRIN, L. E.; MITCHELL, P. J.; O'GRADY, A. P.; HOLLAND, K. L.; MOUNT, R. E.; POST, D. A.; PAVEY, C. R.; SPARROW, A. D. A generalised ecohydrological landscape classification for assessing ecosystem risk in Australia due to an altering water regime. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 28, n. 9, p. 1957-1979, 2024. <https://doi.org/10.5194/hess-28-1957-2024>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Rio Claro**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rj-rioclaro.html>. Acesso em: 14 nov. 2025.
- INSTITUTO ESTADUAL DO AMBIENTE (INEA). **Geoserver**: visualização de camada. 2022. INEA. Disponível em: https://geoservicos.inde.gov.br/geoserver/web/wicket/book%20markable/org.geoserver.web.demo.MapP_reviewPage?2&filter=false. Acesso em: 20 set. 2025.
- IPCC. **Climate Change 2023**: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team – H. Lee & J. Romero (eds.)]. Geneva: IPCC, 2023. 184 p. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647>
- KARGER, D. N.; CONRAD, O.; BÖHNER, J.; KAWOHL, T.; KREFT, H.; SORIA-AUZA, R. W.; ZIMMERMANN, N. E.; LINDER, H. P.; KESSLER, M. Climatologies at high resolution for the Earth's land surface areas. **Scientific Data**, v. 4, p. e170122, 2017. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>
- LAMEGO, A. R. **O homem e a serra**. 2. ed. (Setores da evolução fluminense, n. 8). Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Conselho Nacional de Geografia, 1963. 454 p. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv27286_v4.pdf. Acesso em: 18 mai. 2021.
- LEHMANN, P.; VON RUETTE, J.; OR, D. Deforestation effects on rainfall-induced shallow landslides: remote sensing and physically-based modelling. **Water Resources Research**, v. 55, n.

- 11, p. e2019WR025233, 2019. <https://doi.org/10.1029/2019WR025233>
- LEOPOLD, Luna B.; WOLMAN, M. Gordon; MILLER, John P. **Fluvial processes in geomorphology**. San Francisco: Freeman, 1964.
- MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias** – Coleção 2 (Beta) da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil. 2023. MapBiomias. <https://doi.org/10.58053/MapBiomias/HUXF6W>
- MATEO, J. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 6 ed. Ebook. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022. 332p. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/66152>. Acesso em: 23 set. 2025.
- MEDEIROS R.B.; DOS SANTOS L.C.; BEZERRA J.; MARQUES A.R.; DOS SANTOS G. Landscape cartography in the Maranhense Amazon: The case of the lower course of the Pindaré River Basin. **Geography, Environment, Sustainability**, v. 16, n.4, p. 39-51, 2023. <https://doi.org/10.24057/2071-9388-2023-2706>
- MEDEIROS, R. B.; SALINAS, E. C.; DA SILVA, C. A.; BEREZUK, A. G. Geoecological diagnosis of landscapes of the Formoso River Watershed, Bonito/MS, Brazil. **Environ Earth Science**, v. 81, n.174, p. 1-19, 2022. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10247-6>
- MEDEIROS, R. B.; SANTOS, L. C. A. As geoformas como uma primeira aproximação na cartografia dos geossistemas da Bacia Hidrográfica do Rio Pindaré - Amazônia Maranhense, Brasil. **Finisterra**, v. 59, n. 125, p. 55-71, 2024. <https://doi.org/10.18055/Finis29307>
- MENDES, R.; VALÉRIO FILHO, M. Real-time monitoring of climatic and geotechnical variables during landslides on the slopes of Serra do Mar and Serra da Mantiqueira (São Paulo State, Brazil). **Engineering**, v. 7, n. 3, p. 140-159, 2015. <https://doi.org/10.4236/eng.2015.73012>
- MENJIBAR-ROMERO, M.; REMOND, R.; MARTINEZ-MURILLO, J. F. Las unidades de paisaje del Espacio Natural Protegido de Sierra de las Nieves (sur de España): Caracterización, cambios y métricas. **Revista de Geografía Norte Grande**, n. 87, p. 1-31, 2024. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022024000100114>
- MÜCHER, C. A.; KLIJN, J. A.; WASCHER, D. M.; SCHAMINÉE, J. H. A new European Landscape Classification (LANMAP): A transparent, flexible and user-oriented methodology to distinguish landscapes. **Ecological indicators**, v. 10, n. 1, p. 87-103, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.03.018>
- PELLEGATTI, C. H. G.; GALVANI, E. Avaliação da precipitação na Serra do Mar -SP eventos de diferentes intensidade e duração. **Geosp - Espaço e Tempo**, v.14, n.1, p.147-158, 2010. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-0892.geosp.2010.74160>
- PORCAYO, A. W. E.; RAMÍREZ SÁNCHEZ, L. G.; CHÁVEZ ALVARADO, R. Clasificación de los paisajes físico-geográficos de la Unidad de Gestión Ambiental (UGA) 33: Un enfoque metodológico. **Estudios Geográficos**, v.84, n.1, p. e130, 2023. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.2023136.136>
- PRIEGO, A.; BOCCO, G.; MENDOZA, M.; GARRIDO, A. **Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisaje: Fundamentos y métodos**. Ciudad de México: Editorial del CIGA (UNAM), 2011. <https://doi.org/10.22201/ciga.9789688179239p.2011>
- PRODANOVA, H. Experimental mapping and assessment of ecosystem services based on multi-level landscape classification. **Journal of the Bulgarian Geographical Society**, v. 45, p. 31-39, 2021. <http://doi.org/10.3897/jbgs.e78692>
- QIN, W.; LI, W.; ZHANG, Z.; CHEN, W.; WAN, M. Landscape Character Classification with a Deep Neural Network: A Case Study of the Jiangnan Plain. **Land**, v. 13, n. 12, p. 1-20, 2024. <https://doi.org/10.3390/land13122024>
- RAMÓN, A. M.; SALINAS, E. C. **Guía para la Elaboración de Mapas de Paisajes con el Uso del ArcGIS**. Metodología para la determinación de unidades de paisajes del nivel local con ArcGIS Desktop. Saarbrücken: Editorial Academia Española, 2012.
- R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing** (version 4.4.0) [software]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 05 jun. 2025.
- ROSA, R. M.; FERREIRA, V. de O. Multiscale landscape compartmentation of the Uberabinha river basin (Minas Gerais, Brazil) through the geosystemic perspective. **Sociedade & Natureza**, v. 34, n. 1, p. e63507, 2022. <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63507>
- SALINAS, E. C.; MATEO RODRÍGUEZ, J. M.; CAVALCANTI, L. C. S.; BRAZ, A. M. Cartografía de los paisajes: teoría y aplicación. **Physis Terrae - Revista Ibero - Afro - Americana de Geografía Física e Ambiente**, v. 1, n. 1, p. 7-29, 2019. <https://doi.org/10.21814/physisterrae.402>
- SALINAS, E. C.; MEDEIROS, R. B. Propuesta metodológica para la gestión de los paisajes de la cuenca del rio Formoso, MS/Brasil. **Entorno Geográfico**, n. 27, p. e23413330, 2024. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i27.13330>
- SALINAS, E.; RAMÓN, A. Propuesta metodológica para la delimitación semiautomatizada de unidades de paisaje de nivel local. **Revista do Departamento de Geografia**, v.25, p. 1-19, 2013. <https://doi.org/10.7154/RDG.2013.0025.0001>
- SCHIATTARELLA, M. GIANNANDREA, P.; CORRADO, G.; GIOIA, D. Landscape planning-addressed regional-scale mapping of geolithological units: an example from Southern Italy. **Journal of Maps**, v. 20, n. 1, p. 2303335, 2024. <https://doi.org/10.1080/17445647.2024.2303335>
- SIDLE, R. C.; OCHIAI, H. **Landslides: processes, prediction, and land use**. Washington, DC: American Geophysical Union, 2006. <https://doi.org/10.1029/WM018>
- SILVA, T. M. Geomorphology of the humid tropics - Brazil's Southeast. **William Morris Davis** -

- Revista de Geomorfologia**, v. 3, n. 1, p. 1-28, 2022. <https://doi.org/10.48025/ISSN2675-6900.v3n1.2022.146>
- SIMENSEN, T.; HALVORSEN, R.; ERIKSTAD, L. Methods for landscape characterisation and mapping: A systematic review. **Land use policy**, v. 75, p. 557-569, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.022>
- SOBRAL, B. S.; OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; GOIS, G.; TERASSI, P. M. B.; PEREIRA, C. R. Regime de vento na Serra do Mar - Rio de Janeiro, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, n. 3, p. 441-451, 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-7786333004>
- TROMBETA, L. R. A. **Gestão das águas, planejamento de bacias hidrográficas e paisagem: proposta metodológica aplicada na Unidade de Gestão de Recursos Hídricos Paranapanema, Brasil**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/238273>. Acesso em: 10 set. 2025.
- TUCCI, C. E. M. **Inundações urbanas**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2007.
- VELOSO, V. Q.; REIS, F. A. V. G.; CABRAL, V.; SÁ, A. A.; GRAMANI, M. F.; RIBEIRO, T. C.; DO CARMO GIORDANO, L. Application of the debris-flow hazard index for pipelines in the context of the hydrogeological disaster of February 2023 in São Sebastião, Serra do Mar, Brazil. **Landslides**, v. 22, n. 3, p. 709-726, 2025. <https://doi.org/10.1007/s10346-024-02319-4>

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Marcelo Costa: Conceitualização, Curadoria dos dados, Metodologia, Análise de dados, Design da apresentação de dados, Redação do manuscrito original, Redação - revisão e edição. Eduardo Salinas Chávez: Conceitualização, Metodologia, Análise de dados, Design da apresentação de dados, Redação - revisão e edição, Supervisão. Rafael Martins Brito: Conceitualização, Metodologia, Análise de dados, Design da apresentação de dados, Redação - revisão e edição. Andréa Aparecida Zacharias: Conceitualização, Análise de dados, Design da apresentação de dados, Redação - revisão e edição, Supervisão. Marcilene dos Santos: Análise de dados, Redação - revisão e edição, Supervisão.

EDITOR ASSOCIADO: Silvio Carlos Rodrigues. 

DISPONIBILIDADE DE DADOS: Os dados que fundamentam os resultados deste estudo poderão ser disponibilizados pelo autor correspondente, mediante solicitação devidamente justificada. [Marcelo Costa].



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.