



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Cartografia Geomorfológica aplicada ao ordenamento territorial do município de Santa Bárbara D'Oeste (SP)

Giulia Guillen Mazzuco¹, Reinaldo Lorandi¹, Carlos Wilmer Costa²

¹Msc. Em Engenharia Urbana, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Rodovia Washington Luís, Km 235, SP-310, 13565-905 São Carlos, SP – Brasil. guillen.giulia@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8552-6639>. ²Professor Sênior, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Rodovia Washington Luís, Km 235, SP-310, 13565-905 São Carlos, SP – Brasil. lorandi@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-0026-7269>. ³Professor Adjunto, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Lagoa Nova, 59078970 - Natal, RN – Brasil. carloswilmercosta@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-3148-0030> (autor correspondente).

Artigo recebido em 31/03/2021 e aceite em 29/03/2022.

RESUMO

O mapeamento geomorfológico reflete as inter-relações dos componentes geoambientais e as interações destes com as atividades antrópicas, entre elas as áreas urbanizadas. Dessa forma, mostra-se como uma ferramenta adequada para subsidiar a adequada ocupação do território. O presente artigo teve como objetivo identificar as Formas do Relevo mais restritivas à urbanização e comparar com as diretrizes de ocupação urbana propostas no Plano Diretor vigente do município de Santa Bárbara D'Oeste (SP). Seguindo a proposta de mapeamento progressivo, o relevo foi compartimentado em seis níveis taxonômicos. Os atributos geoambientais (formações rochosas, tipos de solo, forma de terreno, recurso hídricos superficiais, declividade, grau de inclinação do relevo, uso e cobertura do solo e os processos geodinâmicos) foram analisados individualmente e de maneira integrada, por meio de sobreposição em ambiente tridimensional nos *softwares* ArcGis/ArcScene® 10.5. Como resultado, foi possível identificar em escala 1:50.000, sete Formas do Relevo, agrupadas em quatro Unidades Morfológicas, sendo elas Colinas, Morros, Vertentes e Planícies. As formas predominantes são as Colinas Areno-argilosas com topos convexos amplos (101,67km²-37,37%), seguida das Colinas Argilosas com topos convexos médios (50,48km²-18,55%) e Morros Arenosos com topos convexos (42,43km²-15,59%). As UG mais restritivas à ocupação urbana são os Morros Argilos-siltosos com topos convexos, Planícies Fluviais e Vertentes, indicando a necessidade de redifinição do limite de expansão urbana estabelecido no Plano Diretor vigente.

Palavras-chave: mapeamento geomorfológico; geoprocessamento; formas do relevo; formas de terrenos

Geomorphological Cartography applied to territorial planning of the municipality of Santa Bárbara D'oeste (SP)

ABSTRACT

Geomorphological mapping reflects the interrelations of geoenvironmental components and their interactions with anthropogenic activities, including urbanized areas. On that account, it is a appropriate tool to promote the suitable occupation of the territory. The objective of the present article is identify the most restrictive Relief Forms to urbanization and to compare with the urban occupation guidelines proposed in the current Master Plan of the municipality of Santa Bárbara D'Oeste (SP). Following a proposal of progressive mapping, the relief were compartmentalized in six taxonomic levels. The geoenvironmental attributes (rock formations, soil types, terrain forms, surface water resources, slope, slope of slope, land use and cover) and the geodynamic processes were analyzed individually and in an integrated way, by means of overlapping in three-dimensional environment in ArcGis®/ArcScene 10.5. As a result, it was possible to identify seven Relief Forms, mapped in the 1: 50,000 scale and grouped into four Morphological Units, being Hills, Sandy Hills, hillsides and lowlands. The predominant forms are the Sandy-clay Hills with broad convex tops (101.67km²-37.37%), followed by Argillaceous Hills with medium convex tops (50.48km²-18.55%) and Sandy Hills with convex tops (42.43km²-15.59%). The GU more restrictive to the urban occupation are Argillos-siltosos hills with convex tops, Fluvial Plains and Vertentes, indicating the necessity to redefine the limit of urban expansion determined in the Current Master Plan.

Keywords: geomorphological mapping; geoprocessing; forms of relief; land form

Introdução

Estudos geomorfológicos em bacias hidrográficas são abundantes, porém, poucos são voltados para bacias hidrográficas periurbanas em que a produção de água é um serviço ecossistêmico relevante e de interesse público (Costa et al., 2018). Nessas bacias, as mudanças na cobertura do uso do solo sem o devido planejamento causam variados impactos ambientais e hidrológicos como a perda da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos (Alves et al., 2022; Holopainen e Lehtikoinen, 2022).

Em escala global, e de forma acentuada em países em desenvolvimento, apesar do conhecimento científico e de equipamentos tecnológicos modernos, as áreas urbanizadas continuam avançando sobre terrenos impróprios (Oliveira-Andreoli et al., 2021; Silva et al., 2021).

Posterior a década de 1990, surgiram termos como “Novo Urbanismo” (Hamer, 2000) e o “Crescimento Inteligente” (Krueger e Gibbs, 2008), em comum, pregam o crescimento urbano compacto como forma de buscar a sustentabilidade (Zhao et al., 2020). No entanto, em muitas situações, os próprios regulamentos do uso do solo, na forma dos planos diretores, direcionam legalmente o crescimento da área urbanizada para regiões ambientalmente impróprias, inclusive para novos terrenos desconexos dos núcleos urbanos consolidados, ao invés de serem ocupados os vazios urbanos. Em outros casos, estes não são seguidos rigidamente, levando à violação de regras e das normas de segurança (Costa et al., 2012).

A degradação da qualidade ambiental está intrinsecamente relacionada a gestão/fiscalização territorial ineficiente e a intensificação do uso do solo sem planejamento, o que pode resultar em diversos efeitos negativos, como degradação dos serviços ecossistêmicos (Li et al., 2018), o desencadeamento de processos erosivos laminares (Vanwalleghe et al., 2017) e acelerados (Costa et al., 2018) e perdas e danos associados à ocorrência de desastres naturais (Souza e Sobreira, 2017).

Patnaik (2021) avaliou a ocupação de Itanagar, uma ‘Cidade Inteligente’ criada em 1978 na Índia. A análise mostra que cerca de 22% das casas foram construídas em áreas vulneráveis ao deslizamento de terra e a erosão marginal de rios. Unidades residenciais e escritórios ligados a grupos sociais ricos estão posicionados em áreas seguras. Os migrantes recentes e os grupos de baixa renda lotaram áreas vulneráveis.

Nesse contexto, mapear a dinâmica das áreas urbanizadas sob a perspectiva

geomorfológica e do planejamento territorial, é um procedimento fundamental para entender como as rápidas mudanças nas paisagens afetam diretamente os serviços ecossistêmicos, principalmente os recursos hídricos destinados ao abastecimento das cidades.

O mapeamento geomorfológico mostra-se como um importante e eficiente indicador da dinâmica da superfície terrestre, sendo uma ferramenta imprescindível para subsidiar a adequada ocupação do território (Souza e Sobreira, 2017), visto que, para elaborá-lo, é necessário analisar diversos geo-fenômenos e a interrelação entre eles (Ab’Sáber, 1954; Lastochkin et al., 2018).

Em áreas urbanizadas e destinadas à expansão, as análises geomorfológicas permitem que pesquisadores, técnicos e autoridades públicas enfrentem as questões de gestão territorial com diferentes abordagens e soluções, considerando detalhadamente as características do meio físico, visando mitigar os impactos humanos, os perigos e riscos geológicos (Mandarino et al., 2021).

Concomitantemente, é patente a necessidade de estudos que integrem, às características geomorfológicas, as formações rochosas (Furrier, et al., 2017), os tipos de ocupações do solo, sejam eles antrópicos ou naturais, a rede de drenagem, a declividade e altitude e, sobretudo, a geodinâmica esculpida por períodos climáticos distintos do Quaternário (Ab’Sáber, 1954; Goes et al., 2011), além das características do clima local (Lastochkin et al., 2018).

A análise e mapeamento das feições geomorfológicas dispõe de uma grande variedade de métodos, técnicas e equipamentos, relacionados especialmente a finalidade de elaborá-lo (Florenzano, 2008). No entanto, é de comum acordo a interpretação integrada de imagens de satélite, fotografias aéreas (Goes et al., 2011), Modelos Digitais de Terreno (MDT) e de Elevação (MDE) em ambiente tridimensional (Costa, 2017) e especialmente investigações empíricas processadas em campo (Goes et al., 2011).

O mapeamento geomorfológico, quando elaborado em Sistema de Informações Geográficas (SIG), amplia a possibilidade e eficiência do uso múltiplo, pois viabiliza a integração e sobreposição com outras informações georreferenciadas, tornando a análise mais funcional e íntegra, podendo orientar o planejamento do uso do solo (Lastochkin et al., 2018).

Devido a iminência da necessidade de prevenir a deflagração de processos geológicos e hidrológicos, propor usos da terra compatíveis com as características do meio físico a geomorfologia aplicada ao ordenamento territorial vem sendo cada vez mais utilizada como um dos subsídios para o planejamento das intervenções (Souza e Sobreira, 2017).

Dessa forma, a definição de diretrizes específicas para cada uma das compartimentações cartografadas, de acordo o grau de potencialidade e fragilidade, tornam o mapeamento geomorfológico efetivo no âmbito do ordenamento territorial (Costa, 2017).

No entanto, a ocupação por áreas urbanizadas em sítios inadequados, está relacionada a propostas de regulamentos de uso do solo que não levam em consideração a análise

complexa das correlações entre diversos atributos geoambientais.

Dessa forma, objetivou-se elaborar um mapeamento geomorfológico integrado a outros atributos geoambientais, em escala 1:50.000, e compará-lo com as diretrizes de ocupação urbana propostas no Plano Diretor Municipal (Santa Bárbara D'Oeste, 2017).

Localização e caracterização geoambiental

O município de Santa Bárbara D'Oeste está localizado na Região Metropolitana de Campinas, distante 138km da capital (São Paulo), na coordenada 22°45'15" de Latitude Sul e 49°22'46" de Longitude Oeste. Possui cerca de 191.024 habitantes, IDHM 0.781 (IBGE, 2018) e abrangendo 272,10km² de extensão, sendo que 41,84km² correspondente à área urbana (Figura 1).

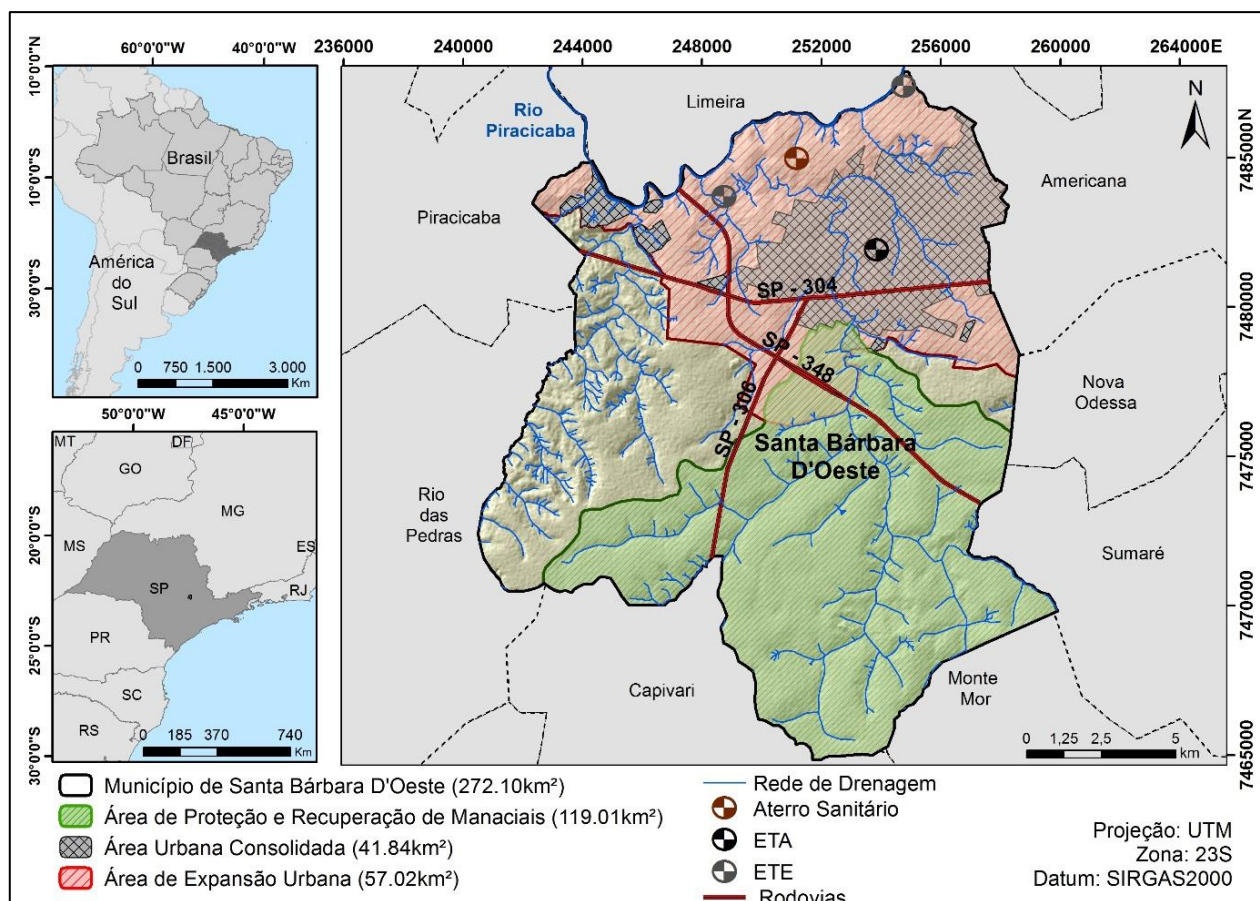


Figura 1. Localização geográfica do município de Santa Bárbara D'Oeste com rede de drenagem, principais rodovias, Estação de tratamento de esgoto (ETE), Estação de tratamento de água (ETA) e Aterro Sanitário.

O território do município está situado na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos – UGRHI 5 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí, na Bacia do Piracicaba. O Rio Piracicaba está localizado ao

Norte, delimitando o limite de Santa Bárbara D'Oeste com Limeira.

A área objeto de investigação, está inserida na porção nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, caracterizando-se, predominantemente, por rochas

sedimentares Paleozóicas dos terrenos do Grupo Itararé (110,42km² - 40,57%) e Cobertura Cenozóicas indiferenciadas (86,84km² - 31,91%), correlatas à formação Rio Claro (Borges, 2003). As rochas Mesozóicas Intrusivas básicas tabulares (K1δsg), do período Cretáceo, Grupo São Bento, também são encontradas em uma pequena parcela (13,93km²-5,12%) do município na forma de Diques e Sills de Diabásio (Borges, 2003).

A pedologia do local, com base no mapeamento efetuado por São Paulo - IAC (1977 e 1989) e atualizadas a partir das informações disponibilizadas por IBGE (2007), é caracterizada predominantemente por latossolos vermelhos (latossolo vermelho-escuro álico; latossolo roxo distrófico) e argissolos vermelho- amarelos (podzólico vermelho-amarelo a moderado).

A região apresenta, principalmente, baixas declividades, sobretudo os intervalos de 0-3% (44,86%), 3-6% (16,54%) e 6-12%. As áreas com

maiores declividades (30-50% e >50%) ocorrem na região oeste do município.

Material e métodos

Os procedimentos metodológicos fundamentaram-se na proposta definida por Ross (1992), no qual as formas de relevo são classificadas progressivamente em 6 táxons, conforme descrito a seguir: o 1º táxon refere-se a morfoestrutura, o 2º táxon representa a morfoescultura, o 3º táxon o relevo é classificado em Unidades dos Padrões de Tipos de Relevo (UPTR), o 4º refere-se as formas de relevo, o 5º táxon as formas de terreno e o 6º táxon corresponde aos processos geodinâmicos.

O processamento da compartimentação geomorfológica se deu em 5 etapas, de acordo com os 4 níveis definidos por Libault (1971) e um nível adicional (Figura 2).

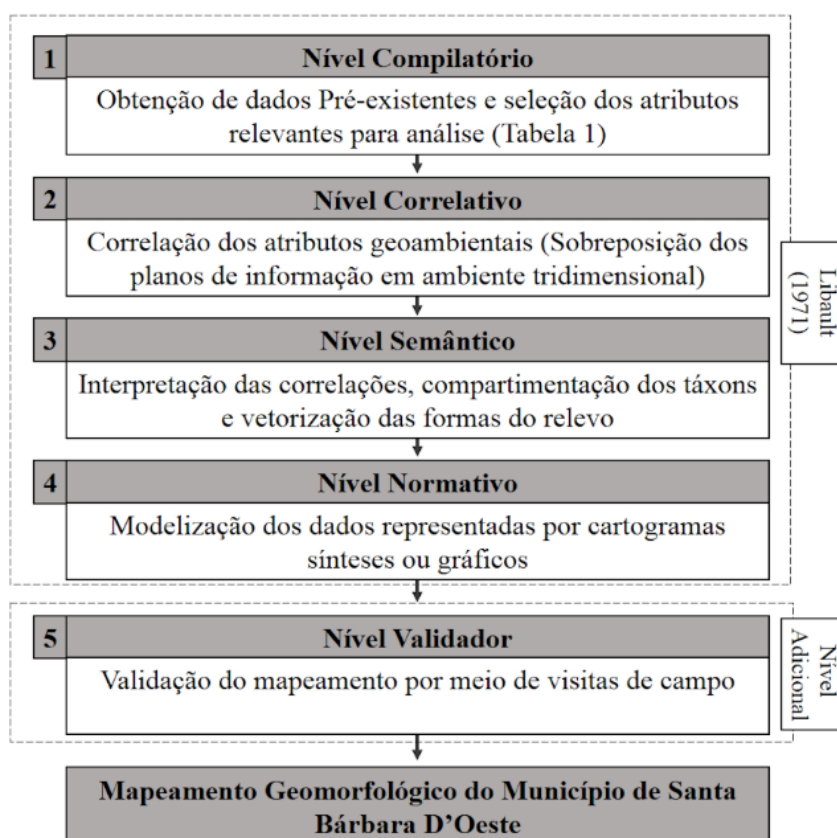


Figura 2. Fluxograma metodológico da compartimentação do relevo. Fonte: adaptado de Libault (1971).

A seleção e análise dos atributos dos meios físico e biótico (Etapa 1), embasadas nas correlações espaciais dos atributos geoambientais com a geomorfologia, foram adaptadas e definidas por Costa (2017).

O banco de dados, e o mapeamento, foram organizados e operacionalizados no software

ArcGis® 10.5 (ESRI, 2018). Como sistema de projeção e coordenadas adotou-se: Universal Transversa de Mercator (UTM) na Zona 23S e superfície de referência, o Datum SIRGAS2000 (IBGE, 2005) (Tabela 1 e Figura 3).

Tabela 1. Características dos atributos Geoambientais utilizados nas análises.

Atributos Geoambientais utilizados para as análises			
Atributos	Descrição	Fonte	Escala
Uso e cobertura do solo 2017	Classes de Usos	Imagem LandSat 8 QuickBird (2017)	-
Formas de Terrenos	Perfil horizontal e vertical das vertentes	INPE (2015); TOPODATA	
Hidrografia	Rede hidrográfica atualizada	Cartas Topográficas (IBGE, 1971); (ESRI, 2017)	1:50.000
Altimetria	Curvas de Nível; MDT; declividade; <i>hillshade</i>	Folhas Topográficas (IBGE, 1971)	
Formações geológicas de superfície	Mapa Substrato Rochoso - Folha de Americana	Autores; Borges (2003)	
Pedologia	Classes de Solo- Folha de Campinas e Paracicaba	IAC (1977 e 1989)	

Para o mapeamento das Unidades Morfológicas e Formas do relevo (3º e 4º táxon) utilizou-se principalmente o relevo sombreado (*Hillshade*) a partir do qual apurou-se o padrão textural.

O Relevo sombreado foi elaborado a partir do MDT produzido por meio das Curvas de Níveis (IBGE, 1971). Conforme Costa (2017), as áreas onde não se observaram a presença de sombra, somada a ocorrência da rede de drenagem, foram classificadas como planícies de inundações. Concomitantemente, verificou-se, nessas regiões, a predominância de declividades inferiores a 3%, existência de sedimentos recentes do período Quaternário e dos solos hidromórficos.

Com relação as formações geológicas, também se considerou o proposto por Costa (2017), ou seja, análise dos fatores que sustentam o relevo e que refletem na alteração de suas formas como a lito-estrutura e grau de coesão das rochas.

Levou-se em conta a correlação entre tipos de solo e relevo, uma vez que, as características dos solos influenciam nos ganhos e perdas das superfícies geomórficas, possibilitando a interpretação da evolução das formas do relevo. Do mesmo modo que as a morfometria do relevo (declividade e altitude), interferem nos processos que atuam na formação e evolução pedogenética (Cerninaro & Oliveira, 2015).

Deste modo, verificou-se que o padrão textural dos diferentes tipos de solos era um dos

fatores determinantes que poderia ser utilizado associado aos outros na distinção das várias formas do relevo (4º táxon). Inclusive, adotou-se a característica granulométrica dos tipos de solo, na nomenclatura utilizada para diferenciar as formas do relevo, assim como em Costa (2017).

Locais com maior sombreamento foram classificadas como morros e vertentes e áreas com pouco sombreamento, como colinas (3º táxon). Na sequência, essas unidades foram subdivididas (4º táxon) de acordo com as características das formações rochosas, tipos de solos e de morfometria, as quais foram sobrepostas em ambiente tridimensional.

A partir das informações hipsométricas e da rede de drenagem, foram quantificadas as características morfométricas das formas de relevo de acordo com a função da Matriz de Índice de Dissecção do Relevo proposta por Ross (1992) (Tabela 2).

O 5º táxon foi definido em função do mapeamento das formas de terreno, elaborados pelo projeto Topodata (Banco de Dados Geomorfométricos) do INPE (2015).

Por fim, os processos geodinâmicos (6º táxon) foram mapeados, a princípio, utilizando o banco de dados do IPT (2012) (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo). Essas informações foram confirmadas e

atualizadas com base em imagens de satélite e visitas de campo.

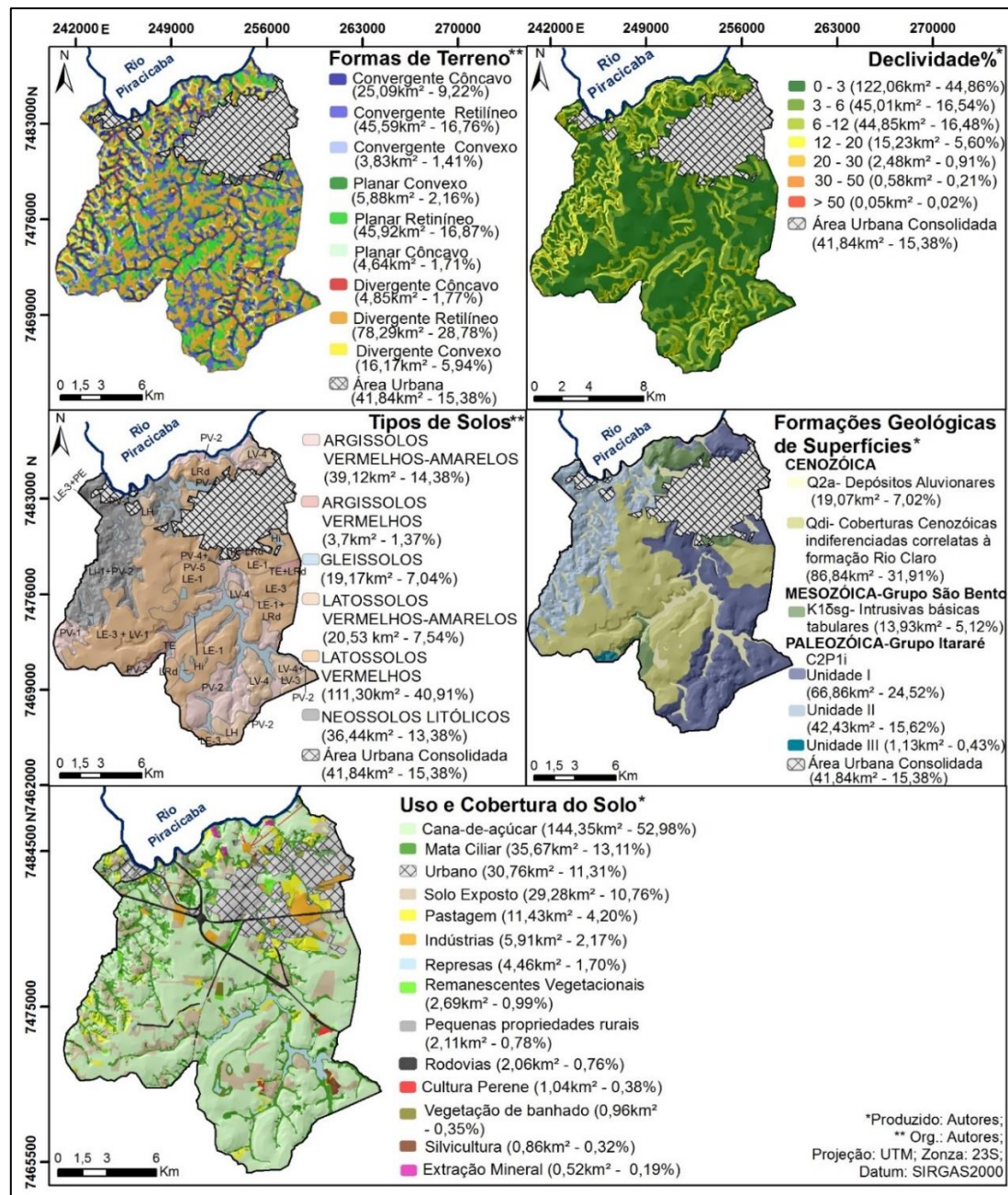


Figura 3. Distribuição espacial dos atributos geoambientais utilizados como base para o mapeamento geomorfológico.

Tabela 2. Índices de dissecação do relevo. Fonte: Ross (1992).

MATRIZ DOS ÍNDICES DE DISSECAÇÃO DO RELEVO					
Graus de entalhamento dos vales	Dimensão Interfluvial				
	Muito grande (1) >1500 m	Grande (2) 1500 a 700 m	Média (3) 700 a 300 m	Pequena (4) 300 a 100 m	Muito pequena (5) <100 m
Muito Fraco (1) (<10 m)	11	12	13	14	15
Fraco (2) (10 a 20 m)	21	22	23	24	25
Médio (3) (20 a 40 m)	31	32	33	34	35
Forte (4) (40 a 80 m)	41	42	43	44	45
Muito Forte (5) (>80 m)	51	52	53	54	55

Resultados

Dentro da concepção de mapeamento progressivo, o município localiza-se, em escala de primeiro táxon, na Morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná. Esta unidade se constitui principalmente por rochas copaleozóicas afossilíferas, preenchidas por sedimentos continentais, alguns marinhos e lavas basálticas de idade mesozoicas (Ross e Moroz, 1997).

Em termos de 2º táxon, a morfoescultura é representada pela Unidade Depressão Periférica Paulista e subunidade da Depressão Médio-Tietê (Ross e Moroz, 1997). Na Depressão Periférica Paulista ocorre o predomínio de relevo suave e colinoso, derivado do processo de circundesnudação a qual passou a Bacia Sedimentar do Paraná no período Pós-Cretáceo (Ab'Sáber, 1949). Em regiões de intrusão de rochas básicas do magmatismo Serra Geral,

sobretudo na faixa Rio das Pedras-Piracicaba e Rio Claro-Araras-Pirassununga pode ser encontrado relevo mais acidentado, de morrotes, morros e serras isoladas. (Carneiro et al., 2010).

A subunidade da Depressão Médio-Tietê, compreende a área da depressão periférica drenada pelo rio Tietê e seus dois afluentes, os Rios Sorocaba e Piracicaba, apresenta áreas de derrames e intrusões de rochas basálticas, topografia pouco acidentada, com predomínio de colinas baixas, de formas suavizadas, sem grandes planícies aluviais (Almeida, 1964).

Na área de estudo foi possível identificar 4 Unidades Morfológicas (3º táxon): Colinas, Morros, Vertentes e Planares.

As unidades morfológicas foram subdivididas de acordo com as características homogêneas, totalizando sete Formas do Relevo (4º táxon) (Figura 4 e Tabela 3), descritos a seguir:

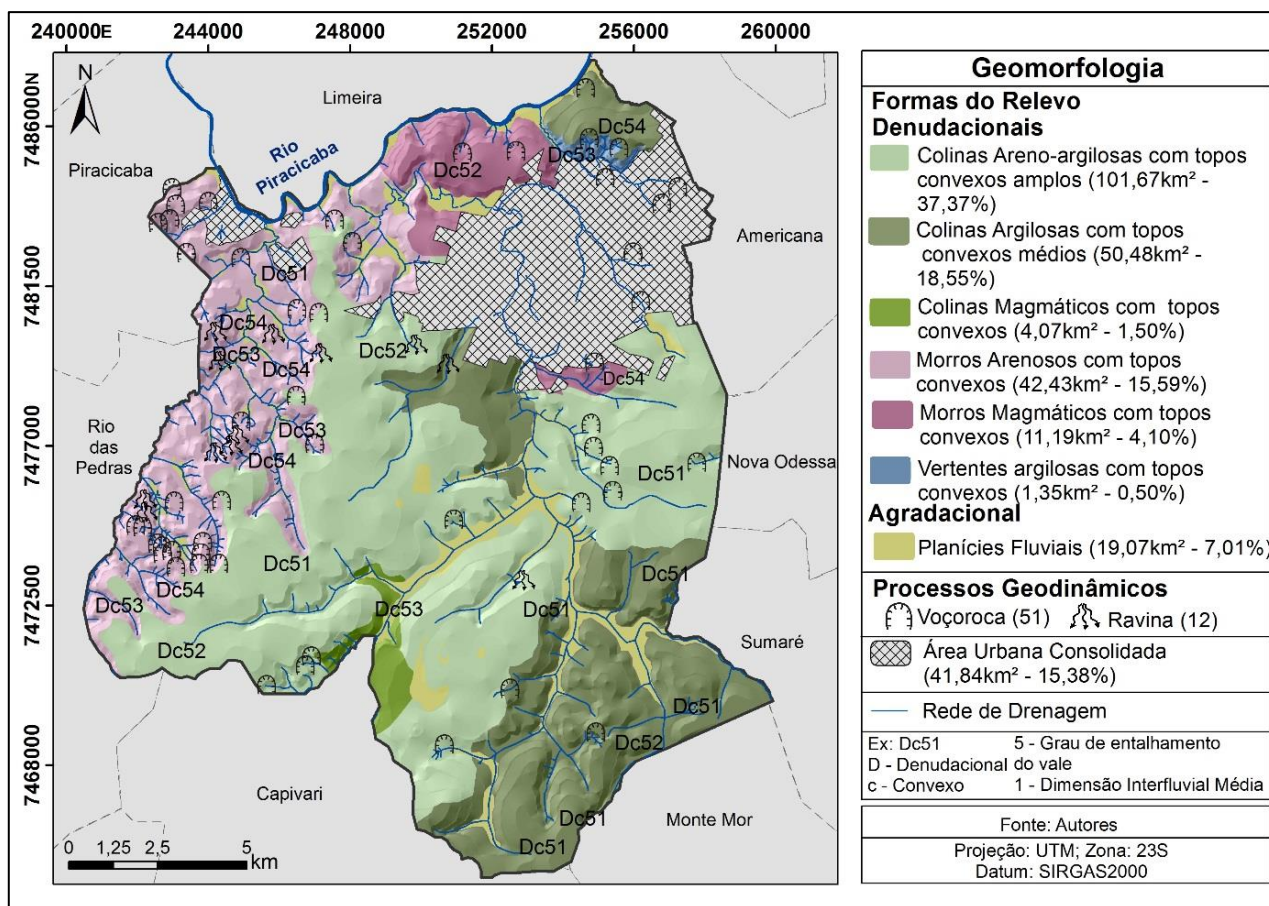


Figura 4. Compartimentação Geomorfológica do município de Santa Bárbara D'Oeste.

Tabela 3. Características geomorfológicas das unidades taxonômicas mapeadas.

1° Taxon	2° Taxon		3° Taxon	4° Taxon		5° Taxon	6° Taxon	Meio físico				Meio biótico e antrópico
Morfoes-trutura	Morfoescultura		Unidades morfoló-gicas	Formas do relevo		*Formas de terreno	Processos geodinâmicos	Declivida de (%)	Altimetria (m)	Geologia	Solo	Cobertura e uso do solo predominantes
	Unidade	Sub-unidades										
Bacia sedimentar do Paraná	Depressão Periférica Paulista	Depressão Médio-Tiête	Colinas	Colinas Arenos-argilosas com topos convexos amplos Dc51; Dc52	101,67km ² - 37,37%	DR; PR; CR	2 Ravinas; 13 Voçorocas	0-12%	580-620	Coberturas Cenozóicas Indiferencias	LE-3+LV-1; LE-1; LE-3; LE-1+LRd	Cana-de-açúcar; Solo exposto; Mata Ripária
				Colinas Argilosas com topos convexos médios Dc51; Dc52	50,48km ² - 18,55%	DR; PR; CR	1 Ravina; 3 Voçorocas	0-12%	580-660	Unidade I	PV-2; LV-4; LV-4+LV-3; LH; LE-1	Cana-de-açúcar; Mata Ripária; Solo exposto
				Colinas Magmáticas com topos convexos Dc53	4,07km ² - 1,50%	DR; PR; CR	-	0-12%	560 - 600	Intrusivas básicas Tabulares	LRd; TE	Cana-de-açúcar; Mata Ripária; Solo Exposto
			Morros	Morros Arenosos com topos convexos Dc51; Dc53; Dc54	42,43km ² 15,59%	DR; CC; DX; CR; PR	9 Ravinas; 25 Voçorocas	0-20%	520-600	Unidade II	Li-1+PV-2; PV-1; LE-3+LV-1	Cana-de-açúcar; Mata Ripária; Solo exposto; Pastagem
				Morros Magmáticos com topos convexos Dc52; Dc54	11,19km ² 4,10%	DR; CR; PR	2 Voçorocas	0-20%	560-580	Intrusivas básicas Tabulares	LRd; PV-2; LE-1	Cana-de-açúcar; Pastagem; Mata Ripária
			Vertentes	Vertentes Argilosas com topos convexos (Dc53; Dc54)	1,35km ² 0,5%	CC; DX; DR; D C; PX	2 Voçorocas	0-50%	540-580	Unidade I	PV-2	Mata Ripária; Cana-de-açúcar; Pastagem
			Agradacionais	Planícies Fluviais (Apf)	19,07km ² 7,01%	CC; CR; DR; PR PX; DC	-	0-3%	500-560	Depósitos Aluvionares	Hi	Mata Ripária; Represas; Cana; Pastagem
			Área Urbana consolidada	-	41,84km ² - 15,38%	-	6 Voçorocas	-	-	-	-	-

*CC=Convergente Côncava, CR= Convergente Retilínea, CX= Convergente Convexa, PC= Planar Côncava, PR= Planar Retilínea, PX= Planar Convexa, DC=Divergente Côncava, DR= Divergente Retilínea e DX= Divergente Convexa

I) Colinas Arenos-argilosas com
topos convexos amplos

As Colinas Arenosas com topos convexos amplos, é a subunidade de maior recobrimento, ocorrendo em 37,37% (101,67km²) do território, na região central. Tais colinas possuem como característica dominante o formato de topos convexos e alongados, altitude variando pouco, entre 560-600m. Os declives se encontram, predominantemente, na faixa de 0-3% (63,61%) e 3-6% (21,98%). Os vales apresentam dimensão interfluvial que variam de Muito Grande a Grande e os graus de entalhamento são maiores que 80m (Dc51 e Dc52).

As Coberturas Cenozóicas Indiferenciadas, composta por materiais inconsolidados coluvionares e aluvionares de cobertura inconsolidada sustentam essa forma do relevo. Os tipos de solos predominantes são o latossolo vermelho, Unidade Limeira (Camada A: 56-60% de argila; Camada B: 70-72% de argila) e Cillos (Camada A: 62% de areia e 29% argila; Camada B: 51% de areia e 55% argila) e argissolos vermelho-amarelos, Usina (Camada A: 79-88% de argila e Camada B: 76-81% argila) e Unidade Olaria com predomínio de argila nas duas camadas (IAC, 1977 e 1989).

II) Colinas argilosas com topos convexos médios

Ocupam 18,55% do município, sendo o segundo maior compartimento. Possui uma distribuição heterogênea, estando localizados na região sudeste, norte e central. Individualizam-se, por apresentarem o Grupo Itararé, Unidade I, constituída por lamitos e/ou siltitos laminados, variando para lamitos ligeiramente arenosos e arenitos finos (Borges, 2003).

Diferentemente das Colinas amplas, possui topos convexados menos prolongados (médios), dimensão interfluvial que variam de Muito Grande a Grande e vales com entalhamento Muito Forte, diferenciando-se, entre si, devido ao maior intervalo altimétrico (580-660m). Os declives se encontram distribuídos entre 0-12%. Os tipos de solos predominantes são: argissolos vermelho-amarelos, Unidade Usina (PV-2), com composição granulométrica de 79-88% argila na Camada A e 76-81% na camada B, latossolos vermelho-amarelos, Unidade Bela Aliança (LV-4 e LV-4+LV3) com 70,4-71,7% de areia na Camada A e 61,7-71,2% na camada B (IAC, 1977 e 1989).

III) Colinas Magmáticas com topos convexos

Situa-se em uma pequena porção do município (4,07km²- 1,5%), na região sul, em altitudes intermediárias, 560-600m, com baixa declividade, 0-3% (63,61%) e 3-6% (21,98%) e ocorrência de rochas magmáticas (Intrusivas básicas tabulares). A dimensão interfluvial varia de 700 a 300m e possui um grau de entalhamento Muito Forte (Dc53).

A região é recoberta por solos com predomínio de argila, sendo: latossolos vermelhos, unidade Barão Geraldo (Camada A: 52-58% de argila; Camada B: 45-77% de argila) e argissolos vermelhos (Camada A: 52 de argila; Camada B: 58-70% de argila). O cultivo de cana-de-açúcar, assim como no limite municipal, é a matriz dominante, ocupando mais de 60% da área.

IV) Morros arenosos com topos convexos

Esta subunidade está localizada na região oeste do município, altitudes que variam de 520 e 600m, além de ser uma das poucas regiões que há declividades superiores a 12%. A dimensão interfluvial varia bastante, de 300m a maior que 1500, e possui grau de entalhamento Muito Forte (Dc51, Dc52, Dc53), sendo que as maiores dimensões se encontram na região norte e centro-sul da subunidade.

A formação geológica que, por climatização química deu origem a esta forma de terreno foi a Unidade II do Grupo Itararé, a qual é composta originalmente, sobretudo, por fácies distintas de siltitos, com areia fina e alternância de camadas silto-arenosas, areno-siltosas e silto-argilosos, além de argilitos e arenitos finos. A Unidade Olhos D'água, com predomínio de areia nas camadas A e B ocupa mais de 80% dos Morros arenosos com topos convexos.

V) Morros Magmáticos com topos convexos

Está posicionado junto à ocorrência das rochas intrusivas básicas tabulares, sendo basicamente composta pelos equivalentes intrusivos das rochas vulcânicas, que apresentam composição toleítica, granulação fina a média, textura fanerítica e também ofítica (Borges, 2003). Corresponde ao intervalo altimétrico de 500 a 580m, com declividades bastante heterogêneas, variando de 0 a 20%, predominando os intervalos 0-3% (32,78%) e 6-12% (31,24%).

O tipo de solo predominante é o latossolo vermelho-amarelos, unidade Barão Geraldo (69,64%), com predomínio de argila nas Camadas

A (52-58%) e B (45-77%), seguido por areia (Camada A: 30-38%; Camada B: 37-41%). As práticas agrícolas ocupam mais de 78% dos Morros Magmáticos, com destaque para Cana-de-açúcar e Pastagem.

VI) Vertentes argilosas com topos convexos
Ocupa 1.35km², 0,5% do território municipal. Nessa região, encontra-se os intervalos com maiores declividades: 12-20%, 20-30% e 20-50%; dimensão interfluvial de 300 a 700m, grau de entalhamento Muito Forte (Dc53), rios e nascentes com o entorno ocupado por Mata Ripária preservada; solos argissolos vermelho-amarelos, Unidade Usina (PV-2), com predomínio de argila na Camada A e B; formação geológica composta por lamitos e/ou siltitos laminados, variando para lamitos ligeiramente arenosos e arenitos fino; ocorrência de 2 voçorocas.

VII) Planícies Fluviais
Distribuem-se de forma alongada, encaixadas entre os vales, por todo território municipal. Estão associadas a existências dos elementos hídricos superficiais, Solos Hidromórficos e sedimentos do período Quaternário. Com altimetrias entre 500-560m, declividade de 0-3% (95,65%), as formas do relevo apresentam-se planas em fundo de vale amplos, predominando processos agradacionais.

VIII) Processos Geodinâmicos
De acordo com o mapeamento realizado pelo IPT (2012), foram encontrados 63 processos geodinâmicos (6ºtáxon), sendo 51 voçorocas e 12 ravinas. A ocorrência de das voçorocas estão associadas a alterações no equilíbrio morfo-hidro-pedológico advindos de intervenções antrópicas e são consideradas como a forma de erosão mais complexa e destrutiva no quadro evolutivo da erosão linear. As ravinas, são erosões causadas pela concentração do escoamento superficial, que não atinge o nível d'água subterrânea (IPT, 2012).

Discussão

Colinas Arenos-argilosas com topos convexos amplos

Pela Figura 1, verifica-se que essa Forma do Relevo está inserida dominantemente em Área de Proteção e Recuperação de Mananciais delimitada pelo Plano Diretor Municipal (Santa Bárbara D'Oeste, 2017).

No entanto, nessa unidade, o solo é ocupado, predominante, por cultivo de cana-de-açúcar

(73,29%) e solo em preparo para a cana (15,5%), devido ao relevo plano que favorece atividades agrícolas mediante a aplicação de técnicas de irrigação e utilização de maquinários e a ocorrência de latossolos e argissolos, solo férteis e bem drenados.

Essa é uma situação preocupante, uma vez que o cultivo de cana demanda um uso intensivo de agroquímicos e as represas de abastecimento público municipal estão localizadas no limite dessa subunidade, tornando-as suscetíveis a contaminação mediante ao carreamento. O plantio de cana-de-açúcar utiliza uma quantidade pequena de defensivos agrícolas por hectare (4,8l/ha), se comparado ao cultivo de fumo (60l/ha), algodão (28,6l/ha) e cítricos (23l/ha) (Pignati et al., 2017).

No entanto, a quantidade total de agroquímicos utilizado é elevada, devido a extensão da área cultivada de cana no Brasil (Spadotto et al., 2004). O mesmo cenário ocorre no município, onde 52% é ocupado por cana, o que equivale a 14300ha, ou 68.783litros de defensivos agrícolas por ano. Destaca-se, a ocorrência de 19 processos erosivos, associados ao cultivo de cana-de-açúcar.

Globalmente, as crescentes preocupações sobre os impactos dos sistemas alimentares sobre o ambiente natural, levaram a um debate acirrado entre os prós e contras de diferentes modos de produção (Durrant e Ely, 2022). A expansão das terras agrícolas, tornou-se uma das principais manifestações da mudança global do uso da terra durante o século passado e início deste (Chen, et al., 2022).

Nas circunstâncias apontadas acima, há espaço para ação governamental para promover o uso ambiental da terra, com abordagens de reflorestamento e Pagamentos por serviços Ambientais (PSA) representando uma boa opção política para restaurar e conservar áreas sensíveis e de mananciais (Perino et al., 2019, Schulte to Bühne et al., 2022).

Colinas argilosas com topos convexos médios

Apesar dessa Forma do Relevo estar localizada em Área de Proteção e Recuperação de Mananciais (Santa Bárbara D'Oeste, 2017) e possuir muitas nascentes e canais de primeira ordem, o cultivo de cana-de-açúcar é a matriz agroeconômica dominante na paisagem, ocupando 71,88% da área.

Vale destacar, que a porção posicionada no extremo norte e a parte da central estão localizadas no limite de expansão urbana. A porção central, se mostra apta a consolidação dessa diretriz de ocupação urbana. No entanto, grande parcela dessa área se encontra dentro do limite da APRM, área

que possui objetivo de preservar a qualidade dos mananciais municipais. Portanto, sugere-se a ocupação apenas nas áreas externas à APRM, visando a preservação dos serviços ecossistêmicos prestados pelos mananciais.

Apesar da porção norte apresentar vocação à urbanização, esta encontra-se separada da área urbana consolidada pelas Vertentes argilosas com topos convexos, a qual se mostra inapta a ocupação urbana.

Morros arenosos com topos convexos

Posicionada à NO do município, abrange região de cabeceira, onde se encontram a maior parte dos rios de primeira ordem, consequentemente as nascentes que devem ser protegidas. Vale destacar, a necessidade de uma gestão territorial estratégica nessa região, o que não é contemplado no plano diretor municipal.

As atividades agrícolas (cana-de-açúcar; solo exposto e pastagem), as quais ocupam mais de 70% da área, corroboram para o aumento do escoamento superficial e consequentemente o desencadeamento de processos erosivos, inclusive os acelerados (Dorici et al., 2016; Costa et al., 2018). Atestando este cenário, tem-se que mais da metade dos processos erosivos (34- 64.15%), mapeados pelo IPT, estão localizados neste compartimento, sendo 9 ravinas e 25 voçorocas.

Devido à alta densidade de rios de primeira ordem e nascentes, pois a erosão é uma das principais causas de poluição e deterioração da qualidade das águas superficiais, responsável pela sedimentação dos leitos dos rios e diminuição dos fluxos da água (Dimoyiannis et al., 2001; Karamage et al., 2017; Korkanç, 2018;).

Com o aumento os sedimentos carregados, há um incremento das entradas externas de fósforo, principal deflagrador da eutrofização, considerada atualmente como uma das principais ameaças às massas de água (Alves, et al., 2022; Holopainen e Lehtikoinen, 2022).

Marmontel et al. (2018), verificou que em nascentes com os arredores ocupados por pastagens ou atividades agrícolas a qualidade da água é inferior, em termos de temperatura, turbidez, cor, nitrito e nitrato e pH, se comparado com nascentes com o entorno recoberto por vegetação.

Além disso, parte desse compartimento está localizado na região oeste da zona definida como de expansão urbana, tornando o cenário mais preocupante, uma vez que a urbanização contribuirá para o aumento do escoamento superficial, uma vez que águas pluviais serão

lançadas diretamente sobre o solo, intensificando a deflagração processos erosivos.

Morros Magmáticos com topos convexos

A subunidade geomorfológica em questão, está situada quase que integralmente no limite de expansão urbana e mostra-se apta a essa ocupação. Não obstante, é essencial um estudo em escala de detalhe a fim de confirmar o uso mais adequado do terreno, considerando as esferas ambientais e socioeconômicas, o que pode ser detalhado no plano diretor municipal.

Vertentes argilosas com topos convexos

É uma região de especial atenção para o ordenamento territorial, tendo em vista que as características geoambientais (rochas, solos, hipsometria e rede de drenagem) indicam uma limitação à ocupação urbana, no entanto, está definida no Plano Diretor, como área de expansão urbana.

A associação entre os solos argilosos, as altas declividades, o grau de entalhamento muito forte e a presença de cursos d'água e nascentes fazem com que o processo de infiltração da água seja dificultado, aumentando o escoamento em superfície e acelerando a ocorrência de processos geodinâmicos. Portanto, para garantir a preservação dos solos e da qualidade dos recursos hídricos presentes nesta forma do relevo é necessário limitar o avanço de áreas urbanizadas.

Planícies Fluviais

Esses terrenos são naturalmente suscetíveis a processos de inundação, já que o escoamento superficial não é favorecido, e sim a acumulação de água, de sedimentos e contaminantes. Portanto, a preservação dessas áreas é importante para a manutenção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Além disso, a ocupação urbana nessas regiões colocaria a população em risco, devido aos processos de inundações.

Processos Geodinâmicos

Conforme apresentado na Tabela 4, verifica-se que 47% das voçorocas ocorrem em áreas de cultivo de cana-de-açúcar, devido, principalmente, ao uso de maquinários, que compacta o solo, diminui a infiltração e como consequência aumenta o escoamento superficial, acelerando a erosão (Dorici et al., 2016; Costa et al., 2018).

Apesar da pastagem ocupar apenas 4,20% do território (11,43km²), encontrou-se 11 processos

geodinâmicos associados a este uso. Trimbel e Mendel (1995) e Costa (2017), apontam o gado como importantes agentes de mudanças geomorfológicas, dado que este, assim como o maquinário utilizado no cultivo agrícola, compacta o solo, reduz a infiltração, aumenta o escoamento e o desencadeamento de processos erosivos.

As erosões presentes na mata ripária podem, frequentemente, serem explicadas pela invasão no gado em seus limites, diminuindo a vegetação e expondo os substratos mais vulneráveis (Trimbel e Mendel, 1995; Costa, 2017).

Tabela 4. Relação entre ocorrência de processos geodinâmicos e uso e cobertura do solo

Uso e Cobertura do Solo	Processos geodinâmicos			
	Voçorocas	%	Ravinas	%
Cana-de-açúcar	24	47.06	5	41.66
Pastagem	9	17.65	2	16.67
Mata Ripária	7	13.72	3	25.00
Solo exposto	5	9.80	2	16.77
Urbano	5	9.80	-	-
Café	1	1.97	-	-
TOTAL	51	100	12	100

Conclusões

Na área de estudo, as formas do relevo “Morros Arenosos com topos convexos”, “Vertentes Argilosas com topos convexos” e “Planícies Fluviais”, mostram-se geoambientalmente frágeis e consequentemente mais restritivas à ocupação por áreas urbanizadas. No entanto, devido ao planejamento inadequado da expansão urbana municipal, possivelmente elaborado desconsiderando as características do geoambiente, o Plano Diretor Municipal prevê a urbanização em tais formas. Caso este uso seja consolidado, os processos erosivos serão intensificados e agravados e a qualidade das águas superficiais comprometida, inclusive das represas de abastecimento urbano. Portanto, é fundamental a revisão desse instrumento de regulação do uso do solo no município, sobretudo para reconsiderar o limite de expansão urbana.

Vale ressaltar a ocorrência de 34 processos geodinâmicos (53,97% do total dos processos) deflagrados por dois fragmentos urbanos isolados da mancha urbana nos “Morros Arenosos com topos convexos” e a ocorrência de 2 voçorocas nas Vertentes Argilosas com topos convexos, a qual ocupa apenas 1,35km² (0,50% do limite municipal).

Neste sentido, a incorporação das análises geomorfológicas na definição de diretrizes de usos do solo, apresenta-se cada vez mais necessária, visando à prevenção dos processos geológicos (naturais ou induzidos), como escorregamentos e erosões e hidrológicos, como inundações. Visto que, o mapa geomorfológico, apresenta uma

análise complexa das correlações de diversos atributos geoambientais de forma integrada, simples e sintética.

A metodologia utilizada de mapeamento progressivo em táxons, detalhando até o 6º (processos geodinâmico), é um diferencial dos inúmeros mapeamentos geomorfológico anteriormente elaborados. A compartimentação até o 6º táxon retrata as especificidades locais e reflete as consequências das ações antrópicas em cada compartimento, indicando os locais de maiores alterações das condições morfogênicas naturais, por meio da ocorrência dos processos geodinâmicos.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de perfeição de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Referências

- AB’Sáber, A, N., 1949. Regiões de circundesnudação pós-cretácea, no Planalto Brasileiro. Boletim Paulista de Geografia 1, 1-21.
- AB’Sáber, A, N., 1954. A geomorfologia do Estado de São Paulo. In: Conselho Nacional de Geografia (Brasil). Aspectos geográficos da Terra Bandeirantes. Rio de Janeiro, IBGE: 1-97.
- Almeida, F, F, M., 1964. Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista. Boletim do Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo 41: 169-263.

- Alves, R, M, D, A., Santos, J, P, D, O., Machado, C, C, C., Barbosa, L, G., 2022. Effects of watershed land occupation and land use on the trophic state of two shallow lakes. *Journal of Global Ecology and Environment* 14, 2, 51-59. Retrieved from <https://www.ikppress.org/index.php/JOGEE/article/view/7431>
- Borges, D, J, S., 2003. Zoneamento geotécnico geral da folha de Americana: escala 1:50.000. Programa de Pós-graduação em Geotécnia, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Tese de Doutorado, 217p.
- Carneiro, C, D, R., Melo, M, S., Vitte, A, C, A., 2010. Depressão Periférica Paulista: um setor das áreas de circundesnudação pós-cretácia na Bacia do Paraná. In: Gauttieri, M, C, M., Bartorelli, A., Neto, V, M., Carneiro, C, D, R., Lisboa, M, B, A, L., A Obra de Aziz Nacib Ab'Sáber. São Paulo: Beca-BALL edições, 372-378.
- Cerminaro, A, C., Oliveira, D. 2015. Relações Solo-Relevo Através da Compartimentação Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Feijão, nos Municípios de São Carlos, Analândia e Itirapina no Estado de São Paulo-BR: Ordenações de Unidades para Uso e Ocupação Adequados. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8, 2, 352-364, <https://doi.org/10.26848/rbgf.v8.2.p352-364>
- Chen, H., Meng, F., Yu, Z., Tan, Y., 2022. Spatial-temporal characteristics and influencing factors of farmland expansion in different agricultural regions of Heilongjiang Province, China. *Land Use Policy* 115, 106007, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106007>.
- Costa, C, W., DUPAS, F, A., PONS, N, A, D., 2012. Regulamentos de uso do solo e impactos ambientais: avaliação crítica do plano diretor participativo do município de São Carlos, SP. *Geociências* 31, 2, p. 143-157.
- Costa, C, W., 2017. Mapeamentos geoambientais, em escala 1:50.000, aplicados em análises de planejamento territorial de manancial periurbano: bacia do Ribeirão do Feijão, São Carlos, SP. Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Tese de Doutorado, 166p.
- Costa, C, W., Lorandi, R., Lollo, J, A., Imani, M., Dupas, F, A., 2018. Surface runoff and accelerated erosion in peri-urban wellhead área in southeastern Brazil. *Environmental Earth Sciences* 77, 160, p. 2- 18, <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7366-x>
- Costa, C, W., Lorandi, R., Oliveira, T, A., Di Lollo, J, A., 2018. Cartografia geomorfológica e a compartimentação das formas do relevo em área de manancial Periurbano na borda Nordeste da bacia sedimentar do Paraná. *Revista Brasileira de Cartografia* 70, 4, p. 1257-1288. DOI: 10.14393/rbcv70n4-46141. <https://doi.org/10.14393/rbcv70n4-46141>
- Dimoyiannis, D, G., Valmis, S., Vyrilas, P., 2001. A rainfall simulation study of erosion of some calcareous soils, *Global NEST Journal* 3, 3, 179–183. <https://doi.org/10.30955/gnj.000216>.
- Dorici, M., Costa, C, W., Moraes, M, C, P., Piga, F, G., Lorandi, R., Lollo, J, A., Moschini, L, E., 2016. Accelerated erosion in a watershed in the southeastern region of Brazil. *Environmental Earth Science* 75, 1301, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s12665-016-6102-7>
- Durrant, R., Ely, A., 2022. Deliberative-analytic approaches to Ecosystem Services as a way forward for the land sparing/sharing debate. *Land Use Policy* 116, 106061, ISSN 0264-8377, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106061>.
- ESRI- Environmental Systems Research Institute. 2017. ArcBrutle, Quickbird.
- ESRI- Environmental Systems Research Institute. 2018. ArcGIS for the desktop 10.5.
- Florenzano, T, G., 2018. Introdução à Geomorfologia. In: FLORENZANO, T, G., Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulos, Oficinas de Textos, 15p.
- Furrier, M., Vargas-Cuervo, G., Moncada, C, C., 2017. Geomorphological characterization and mapping of Cartagena de Indias and adjacencies. *Boletín de Ciencias de la Tierra* 41, 5-14. <https://doi.org/10.15446/rbct.n41.51031>
- Goes, M, H, B., Zaidan, R, T., Marino, T, B., Silva, J, X., 2011. Geoprocessamento aplicado ao mapeamento e análise geomorfológica de áreas urbanas. in: Silva, J, X., Zaidan, R, T., Geoprocessamento & Meio Ambiente. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 328 p.
- Hamer, D., 2000. Learning from the past: Historic districts and the new urbanism in the United States. *Planning Perspectives* 15, 2, 107-122. <https://doi.org/10.1080/026654300364047>.
- Holopainen S, Lehtikoinen A., 2022. Role of forest ditching and agriculture on water quality: Connecting the long-term physico-chemical subsurface state of lakes with landscape and habitat structure information. *Science of The Total Environment* 806, 4, 151477.

- <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151477>
- IAC. Instituto Agrônomo de Campinas. 1977. Folha pedológica da quadricula de Campinas. Escala 1:100.000.
- IAC. Instituto Agrônomo de Campinas. 1989. Folha pedológica da quadricula de Piracicaba. Escala 1:100.000.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1971. Cartas Topográficas de Piracicaba, Limeira, Capivari e Americana, escala 1:50.000.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2005. Resolução nº1/2005. Estabelece o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS). Brasília.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2007. Manual Técnico de Pedologia, 2ª edição, Rio de Janeiro, 316p. ISSN: 0103-9598.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2018. IBGE Cidades Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santa-barbara-doeste/panorama>.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2015. TOPODATA Banco de dados geomorfométricos do Brasil. Disponível em <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>.
- IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. 2012. Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo, Relatório Técnico n. 131.057-205 – iii, 1: 226p.
- Karamage, F., Zhang, C., Fang, X., Liu, T., Ndayisaba, F., Nahayo, L., Kayiranga, A., Nsengiyumva, J. B., 2017. Modeling rainfall-runoff response to land use and landcover change in Rwanda (1990–2016). *Water*, 9, 147, 1–24. <https://doi.org/10.3390/w9020147>.
- Korkanç, S. Y., 2018. Effects of the land use/cover on the surface runoff and soil loss in the Niğde-Akkaya Dam Watershed, Turkey. *Catena* 163, 233–243. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.12.023>.
- Krueger, R., Gibbs, D., 2008. ‘Third Wave’ Sustainability? Smart Growth and Regional Development in the USA. *Regional Studies* 42, 9, p. 1263-1274. <https://doi.org/10.1080/00343400801968403>
- Lastochkin, A.A.; Zhironov, A.I. & Boltramovich, S.F. 2018. System-morphological approach: Another look at morphology research and geomorphological mapping. *Geomorphology* 303, 486-503. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.10.022>.
- Li, F., Gong, Y., Cai, L., Sun, C., Chen, Y., Liu, Y., Jiang, P., 2018. Sustainable Land-Use Allocation: A Multiobjective Particle Swarm Optimization Model and Application in Changzhou, China. *Journal Urban Planning and Development* 144, 2, 1-11. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)UP.1943-5444.0000425](https://doi.org/10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000425).
- Libault, A. 1971. Os quatro níveis da pesquisa geográfica, in: Métodos em Questão, IGEOG-USP, São Paulo.
- Mandarino, A., Luino, F., Turconi L., Faccini, F., 2021. Urban geomorphology of a historical city straddling the Tanaro River. *Journal of Maps* 17, 4, p. 29-41, DOI: 10.1080/17445647.2020.1746420
- Marmontel, C, V, F., Borja, M, E, L., Rodrigues, V, A., Zema, D, A., 2018. Effects of land use and sampling distance on water quality in tropical headwater springs (Pimenta creek, São Paulo State, Brazil), *Science of the Total Environment* 622–623, 690–701. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.011>.
- Oliveira-Andreoli, E, Z., Moraes, M, C, P., Faustino, A, S., Vasconcelos, A, F., Costa, C, W., Moschini, L, E., Melanda, E, A., Justino, E, A., Di Lollo, J, A., Lorandi, R., 2021. Multi-temporal analysis of land use land cover interference in Environmental Fragility in a Mesozoic basin, southeastern Brazil. *Groundwater for Sustainable Development* 12, 100536. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100536>
- Patnaik S, K., 2021. Urban Housing in Itanagar: Mountain Geomorphology and Hazard Vulnerability Vis-a-Vis Smart City Framework. In: Sharma P. (eds) *Geospatial Technology and Smart Cities*. The Urban Book Series. Springer, Cham. https://doi.org.ez18.periodicos.capes.gov.br/10.1007/978-3-030-71945-6_21
- Perino, A., Pereira, H, M., Navarro, L, M., Fernández, N., Bullock, J, M., Ceaşu, S., Cortés-Avizanda, A., Klink, R. van., Kuemmerle, T., Lomba, A., Pe'er, G., Plieninger, T., Rey Benayas, J, M., Sandom, C, J., Svenning, J, -C., Wheeler, H, C., 2019. Rewilding complex ecosystems. *Science* 364, 6438. DOI: 10.1126/science.aav5570
- Pignati, W, A., Lima, F, A, N, S., Lara, S, S., Correia, M, L, M., Barbosa, J, R., Leão, L, H, C., Pignatti, M, G., 2017. Distribuição espacial

- do uso de agrotóxicos no Brasil: uma ferramenta para a Vigilância em Saúde. *Ciência & Saúde Coletiva* 22, 10, 3281-3293. <https://doi.org/10.1590/1413-812320172210.17742017>.
- Ross, J, L, S., 1992. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*. São Paulo, Edusp 6, 17-30. <https://doi.org/10.7154/RDG.1992.0006.0002>.
- Ross, J, L, S., Moroz, I, C., 1997. Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Departamento de Geografia- FFLCH-USP/ Laboratório de Cartografia Geotécnica- Geologia Aplicada- IPT/FAPESP, São Paulo, Escala 1:500.000.
- Schulte to Bühne, H., Pettorelli, N., Hoffmann, M., 2022. The policy consequences of defining rewilding. *Ambio* 51, p. 93–102. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01560-8>
- Silva, I, A., Dupas, F, A., Costa, C, W., Medeiros, G, O, R., Souza, A, R., 2021. Spatiotemporal changes in land cover land use in protected areas of Serra da Mantiqueira, Southeastern Brazil. *Environmental Challenges* 4, 100195. ISSN 2667-0100. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100195>.
- Souza, L, A. Sobreira, F, G., 2017. Proposta de unidades geomorfológicas como suporte à expansão urbana e ao ordenamento territorial. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, 18, 4, 703-717. <https://doi.org/10.20502/rbg.v18i4.1235>.
- Santa Bárbara D'Oeste. 2017. Lei Complementar Municipal nº 265 de 14 de dezembro de 2017. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento do Município de Santa Bárbara D'Oeste e dá outras providências.
- Spadotto, C, A., Gomes, M, A, F., Luchini, L, C., Andréa, M, M., 2004. Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações. Embrapa Meio Ambiente. Documentos 42, Jaquariúna, SP, 29p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMA/5810/1/documentos_42.pdf.
- Trimble, S. W. & Mendel, A.C. 1995. The cow as a geomorphic agent A critical review. *Geomorphology* 13, 233-253. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-81867-6.50019-8>.
- Vanwalleghe, T., Gómez, J, A., Infante, J, A., González, M, M., Vanderlinden, K., Guzmán, G., Laguna, A., Giráldez, J, V., 2017. Impact of historical land use and soil management change on soil erosion and agricultural sustainability during the Anthropocene. *Anthropocene* 17, 13-29. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.01.002>.
- Zhao, C., Weng, Q., Hersperger, A, M., 2020. Characterizing the 3-D urban morphology transformation to understand urban-form dynamics: A case study of Austin, Texas, USA. *Landscape and Urban Planning* 203, 103881, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103881>.