

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DO MUNICÍPIO DE JACAREÍ – SP COMO SUBSÍDIO PARA O PLANEJAMENTO URBANO DO USO DA TERRA.

Geomorphological mapping of the municipality of Jacareí – SP: a subsidy for urban land use planning.

Rodrigo da Cunha Pacheco

Doutor em Geografia Física e Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Jacareí, Brasil.

rodrigo.pacheco@ifsp.edu.br

Recebido: 29/11/2021

Aceito: 10/06/2022

Resumo

Este artigo apresenta o mapeamento geomorfológico do Município de Jacareí-SP em escala originalmente compatível de 1: 60.000. Nele foram analisados aspectos litológicos, morfológicos e morfométricos do relevo. Utilizou-se para a sua produção a interpretação analógica de materiais cartográficos juntamente com alguns elementos das geotecnologias. O mapa produzido sintetizou informações sobre as seguintes unidades identificadas: duas morfoestruturas (uma cristalina e outra sedimentar), seis morfoesculturas (sendo quatro variações de planaltos e duas planícies) e nove padrões de formas semelhantes. Entre tais padrões, encontrou-se nas formas denudacionais (85,9% da área) graus de dissecação do relevo de médio a forte, enquanto nas áreas agradacionais (14,1%) encontrou-se as planícies. Foi avaliada também a ocupação da terra em relação às construções urbanas por meio da sobreposição do mapeamento geomorfológico sobre a composição colorida falsa-cor, gerada a partir de imagem multiespectral. Concluiu-se que o território do município apresenta desafios para a ocupação urbana, tanto em relação às erosões nas áreas denudacionais, com graus médio e forte de dissecação, quanto às inundações nas áreas de planícies. O presente estudo indica que a expansão do processo urbano deve ser realizada com rigoroso planejamento, mas por se tratar de município de ocupação antiga, em muitas áreas restam somente ações corretivas a serem tomadas.

Palavras-chave: Mapeamento geomorfológico; Geotecnologias; Planejamento Urbano; Jacareí.

Abstract

This article presents the geomorphological mapping of the municipality of Jacareí-SP on the initially compatible scale of 1: 60,000. In it were analyzed lithological, morphological and morphometric aspects of the relief. The analogical interpretation of cartographic materials was used for its production, in association with some elements of geotechnologies. The produced map synthesized information about the following units: two morphostructures (one crystalline and the other sedimentary), six morphoscultures (four types of plateaus and two plains) and nine patterns of similar forms. Among these

patterns, the denudational forms (85.9% of the area) showed medium to substantial degrees of relief dissection, while the aggradational areas (14.1%) of the plains were found. The land use concerning urban constructions was also evaluated through the superposition of the geomorphological mapping on the false-colour composition generated from a multispectral image. One concluded that the municipality's territory presents challenges for urban occupation, concerning erosion in denudational areas, with medium and robust degrees of dissection, and flooding in plain areas. The present study indicates that the expansion of the urban process must be carried out with rigorous planning, but because it is a municipality of old occupation, in many areas, only corrective actions remain to be taken.

Keywords: Geomorphological Mapping; Geotechnologies; Urban Planning; Jacareí.

1. INTRODUÇÃO

O mapeamento de elementos contidos no espaço geográfico constitui-se em atividade humana milenar. Existem, por exemplo, tábuas de argila com o registro de feições da paisagem da Mesopotâmia, como montanhas e corpos de água, datadas de aproximadamente 4500 anos antes do presente (MENEZES; FERNANDES, 2013). Isso demonstra a relevância da atividade de mapeamento para o desenvolvimento do conhecimento humano, bem como de suas atividades socioeconômicas.

O relevo, por sua vez, constitui-se em um dos elementos naturais com os quais todos os seres humanos estão em contato imediato. Ele se refere às formas geométricas da superfície terrestre resultantes da interação das forças endógenas e exógenas do planeta (ROSS, 2003; PENHA, 2001). Tais formas permanentemente instáveis, embora em diferentes graus espaçotemporais, são importantes fatores para a ocupação humana dos territórios e o desenvolvimento de suas atividades socioeconômicas, justificando o estudo geomorfológico.

Nesse contexto, cabe apontar que o desenvolvimento da cartografia geomorfológica, iniciada por Passarge em 1914 (VERSTAPPEN, 2011), foi mais uma das conquistas tecnocientíficas humanas, pois veio a contribuir para o desenvolvimento do conhecimento científico, bem como para atividades com características mais práticas, como os planejamentos urbanos e ambientais (ARGENTO, 2001).

Pode-se dizer que o mapeamento geomorfológico atualmente tem sido o resultado da união entre duas grandes variáveis: o uso de recursos geotecnológicos – que permitem uma rápida e eficiente aquisição, tratamento e representação dos dados espaciais – e do conhecimento tecnocientífico humano. Isso significa que a atividade de mapeamento geomorfológico possui também, inevitavelmente, certo grau de

subjetividade, tornando difícil sua plena reprodução de forma independente (BISHOP et al., 2012). Não se deve encarar este fator, no entanto, como algo que comprometa sua relevância. É preciso lembrar que nem todos os conhecimentos úteis aos seres humanos são absolutamente exatos. Pode-se dizer, assim, que há no mapeamento geomorfológico, igualmente, um certo teor de arte e criatividade, características típicas dos seres humanos e que devem atuar em conjunto com a competência tecnocientífica dos pesquisadores.

Para complicar um pouco mais a questão da cartografia geomorfológica, na prática, quase não existem padrões internacionais para o mapeamento geomorfológico, tendo sido desenvolvidos inúmeros sistemas de legendas, na segunda metade do século XX, nos mais variados países (OTTO; SMITH, 2013). De acordo com Verstappen (2011), quando se aborda o mapeamento geomorfológico, é melhor trabalhar com conceitos gerais flexíveis, que se ajustem aos objetivos das pesquisas e às características das áreas mapeadas. A escolha do sistema de legenda utilizado nos mapas geomorfológicos deve ser feita conforme os objetivos do mapa, bem como do público e/ou uso ao qual se destina (OTTO; SMITH, 2013).

Partindo-se de tais considerações, é possível apontar dois objetivos principais deste estudo: 1) a realização do mapeamento geomorfológico do Município de Jacareí – em nível de análise original compatível com a escala 1:60.000; 2) analisar sucintamente a ocupação urbana do território municipal, contrapondo-a com as características do relevo e verificando seu potencial de expansão em relação aos aspectos geomorfológicos locais.

2. MATERIAIS, MÉTODO E PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

A área de estudo e mapeamento (Jacareí) encontra-se localizada na porção leste do Estado de São Paulo (Figura 1). Trata-se de município com população estimada para o ano de 2021 de 237.119 habitantes (IBGE, 2022). A população do município, inserido na Macrometrópole Paulista, tem crescido, fazendo com que a urbanização esteja em processo de expansão.

Os materiais utilizados para a elaboração do mapeamento geomorfológico e a análise da ocupação urbana foram:

- O limite municipal, obtido a partir do georreferenciamento e vetorização do mapa das unidades de planejamento que está contido no plano diretor do município (JACAREÍ, 2018).

- Recortes da área de estudo em imagens do satélite multiespectral Sentinel 2B (cena do dia 11/05/2020). Trata-se de imagens com resolução espacial de 10 metros para as bandas utilizadas (8, 4 e 3). As imagens foram originalmente fornecidas em mosaicos de 100 km² de área, com a projeção UTM/WGS84, por *Copernicus Sentinel Data* (2020).
- Modelo digital de elevação (MDE), que engloba o local de estudo, com área de cobertura aproximada de 82,7x75,3 km e fornecido por Dataset Asf Daac (2011)¹. O MDE foi derivado do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), este com resolução espacial original de 30 metros, tendo sido reamostrado para 12,5 metros. Ele foi fornecido com a projeção UTM/WGS84 e, tomando como base a resolução espacial de 30 metros, é compatível com mapeamentos até a escala de 1:60.000 (NAGI, 2010).
- Programas computacionais: Qgis 3.8 e SAGA 7.6.3 para as atividades de geoprocessamento; Inkscape 1.0 para edição de imagens.

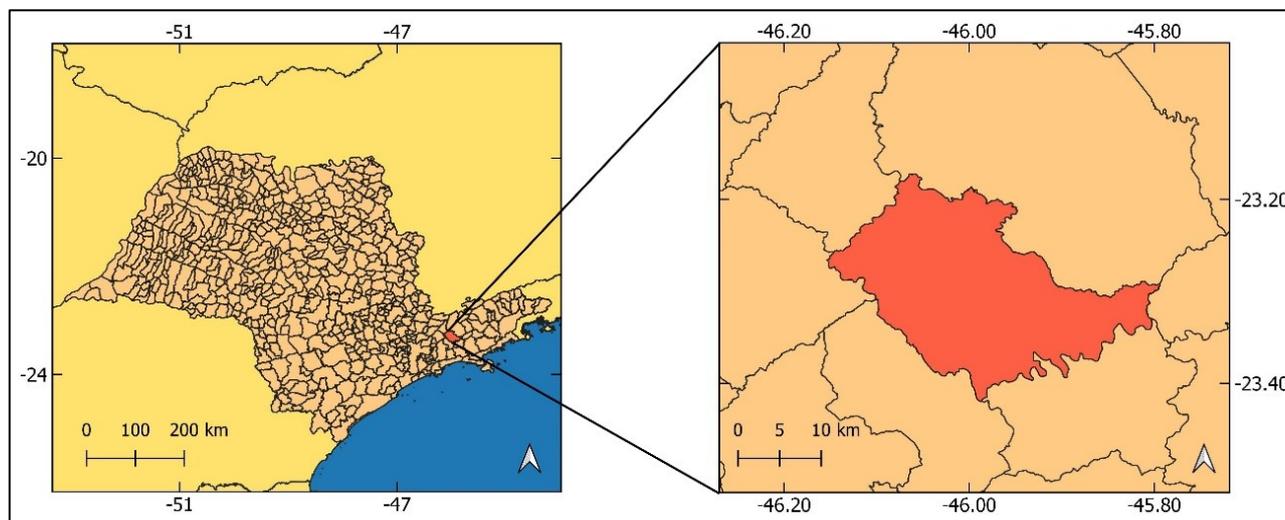


Figura 1 – Localização do Município de Jacareí – SP.

Fonte: Pacheco (2021) com dados vetoriais disponibilizados por IBGE (2019).

Para a execução do mapeamento geomorfológico foi adotada a abordagem metodológica desenvolvida por Ross (2011) na qual propõe a cartografia dos elementos geomorfológicos a partir de níveis taxonômicos – no presente estudo o mapeamento foi conduzido até o terceiro nível taxonômico.

As compartimentações do relevo em cada nível taxonômico foram realizadas a partir da interpretação visual do MDE, sombreado com iluminação de 315° de azimuth, no ambiente digital do QGIS. Para as delimitações das unidades, recorreu-se às tradicionais estratégias de interpretação elencadas por Bishop et al. (2012), a saber: análise dos tons, texturas, padrões, tamanhos, formas, sombras etc. Tal procedimento possibilitou gerar os

¹ A partir da página: <https://search.asf.alaska.edu/#/>

respectivos polígonos por vetorização manual. Os arquivos digitais do Mapa Geológico do Estado de São Paulo (CPRM, 2020), além dos mapas geomorfológicos do Estado de São Paulo elaborados por Almeida (2018), Ross e Moroz (2011), IPT (1981) e IBGE (2000) apud Martinelli (2009) igualmente auxiliaram na interpretação e classificação, apesar de suas escalas reduzidas – serviram como um guia geral, sendo os detalhes obtidos a partir da interpretação do MDE sombreado.

Após o processo de delimitação das várias unidades geomorfológicas, foram elaborados mapas temáticos da compartimentação do relevo municipal para cada nível taxonômico, o que também possibilitou gerar, mediante a sobreposição das distintas camadas, o mapa geomorfológico completo do relevo municipal.

Como preconizado pela metodologia adotada, as compartimentações do primeiro nível taxonômico, referentes às formas morfoestruturais, foram identificadas no mapa a partir da escolha de famílias de cores (vermelha para os terrenos cristalinos e amarela para os sedimentares). No segundo nível, das morfoesculturas, utilizou-se a variação nas tonalidades das cores de cada morfoestrutura para identificar suas morfoesculturas. Os padrões de formas semelhantes de cada morfoescultura – terceiro nível taxonômico – foram identificados a partir dos símbolos constituídos por letras e, quando necessário, acompanhadas por números responsáveis por indicarem o nível de dissecação dessas formas. No caso das morfoestruturas e morfoesculturas foram calculados ainda os tamanhos relativos de seus compartimentos.

É importante observar que a identificação das unidades do terceiro táxon foi realizada em duas etapas, respectivamente qualitativa e quantitativa. Na primeira etapa buscou-se identificar os distintos padrões de formas semelhantes por meio da variação dos atributos visuais contidos dentro de cada morfoescultura. Posteriormente, foram coletadas amostras representativas dentro de cada unidade pré-identificada para a obtenção de um valor médio de entalhamento dos vales e das dimensões interfluviais, não tendo sido gerado, por isso, qualquer produto cartográfico específico de dissecação do relevo. As medições, porém, auxiliaram também na delimitação dos padrões de formas de relevo quando havia situações duvidosas.

O mapa geomorfológico gerado pode ser considerado um produto básico, ou seja, produzido a partir de fontes primárias; bem como de média escala, por estar em sua forma original na faixa entre 1:25.000 e 1:250.000. Mapas geomorfológicos dentro desse intervalo são produzidos ou a partir da generalização de mapas de maior escala ou, como foi o caso da presente pesquisa, por meio da interpretação de fotografias aéreas

(substituída aqui pelo MDE sombreado) e trabalhos de campos pontuais, para auxiliarem na interpretação do produto gerado pelo sensoriamento remoto (DRAMIS; GUIDA; CESTAN, 2011).

Elaborou-se ainda neste estudo mais dois produtos cartográficos a fim de auxiliarem no estudo do relevo municipal: 1) uma cartaimagem gerada a partir de composição colorida falsa-cor, utilizando-se das imagens Sentinel com as seguintes bandas nos canais RGB: R8G4B3. Nela foi possível visualizar os limites dos padrões de formas semelhantes por meio da sobreposição de camadas, permitindo a análise da ocupação urbana da terra em relação a esses compartimentos por meio da avaliação dos tradicionais atributos visuais já mencionados. 2) dois perfis topográficos, sendo um com esboço geológico, permitindo a observação horizontal de parte representativa do relevo municipal, bem como do seu contexto mais imediato. Ambos os produtos foram gerados utilizando-se o Qgis.

Resta observar que alguns produtos precisaram ser editados também com o auxílio do Inkscape para uma apresentação mais adequada. Além disso, os sistemas de projeção dos produtos cartográficos utilizados foram convertidos para UTM/SIRGAS 2000 23 S.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Configuração regional

O Município de Jacareí encontra-se nas transições da Serra da Mantiqueira e da Serra do Paraitinga com a Bacia Sedimentar de Taubaté, respectivamente nas direções noroeste e sudeste (Figura 2). Como se percebe no modelo de visualização 3D da superfície, gerado a partir do MDE sombreado, as altitudes da Serra da Mantiqueira e da Serra do Paraitinga vão diminuindo conforme se aproximam da Bacia Sedimentar de Taubaté, na porção mais central do município. Já nas extremidades regionais, além do município, tanto a noroeste como a sudeste, as altitudes ultrapassam os 1000 metros. No interior da área de estudo, a Serra da Mantiqueira apresenta uma altitude média de apenas 669 metros, tendo 814 metros como a máxima. A Serra do Paraitinga, por sua vez, apresenta altitude média de 648 metros, com máxima de 803. A menor altitude registrada na área de estudo foi de 536 metros na Planície do Rio Paraíba do Sul. A amplitude total do relevo municipal foi de 278 metros. Todas essas métricas foram extraídas do MDE.

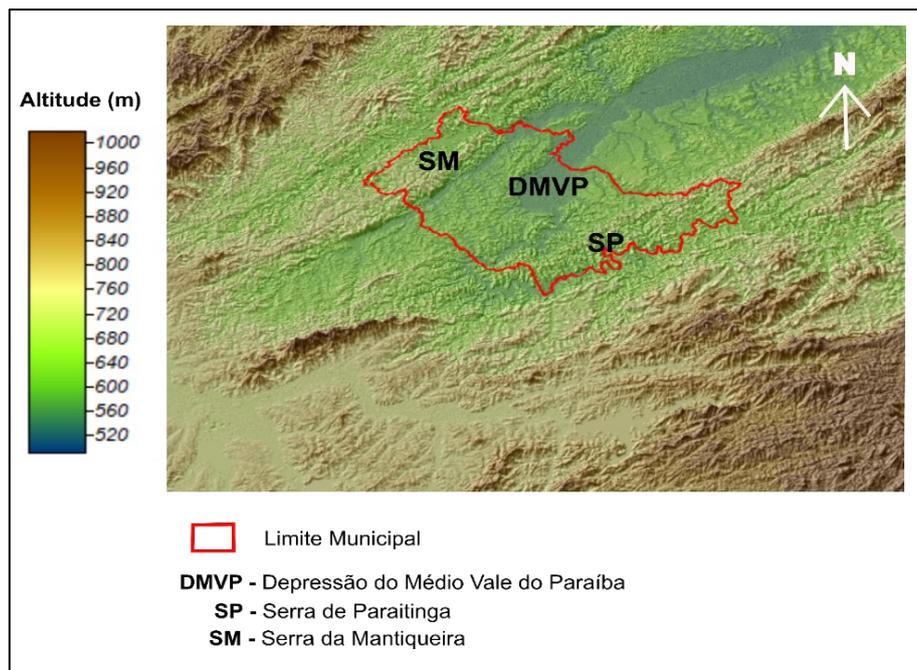


Figura 2 – Visualização em 3D do relevo regional construído a partir de MDE.

Fonte: elaborada pelo autor.

A figura 3 apresenta um perfil topográfico representativo da região, onde se insere o município, traçado na direção aproximada de noroeste (ponto A) a sudeste (ponto B). Nele se verifica como o relevo de Jacareí possui altitudes relativamente mais modestas em relação às áreas vizinhas e isso incluindo os terrenos cristalinos.

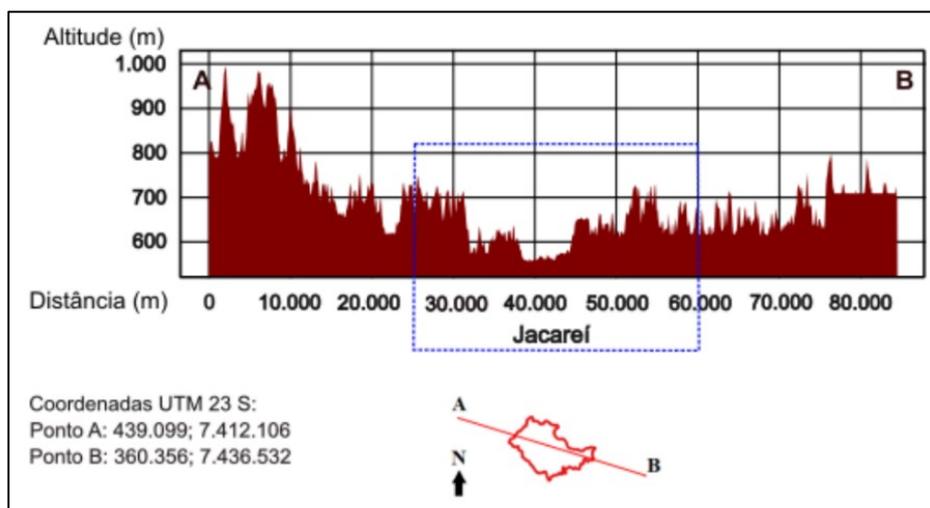


Figura 3 – Perfil topográfico noroeste-sudeste do Município de Jacareí e região.

Fonte: elaborado pelo autor.

A figura 4, por sua vez, mostra outro perfil topográfico, exclusivo do relevo municipal, traçado na direção aproximada de oeste-noroeste (ponto A) à leste-sudeste (ponto B). Nele encontra-se um esboço geológico que permite identificar as principais

características litológicas que sustentam o relevo local. Os setores mais elevados do relevo municipal são sustentados por rochas ígneas e metamórficas do Neoarquiano e Neoproterozóico, as quais têm passado, portanto, por longo processo de desgaste erosivo; trata-se dos conhecidos planaltos da Baixa Mantiqueira e do Paraitinga. Entre os planaltos do escudo cristalino, configurando uma depressão, encontram-se as rochas sedimentares, bem como os sedimentos não consolidados do cenozoico. Estes fornecem a sustentação de um relevo de altitudes mais modestas o qual é conhecido como Depressão do Médio Paraíba.

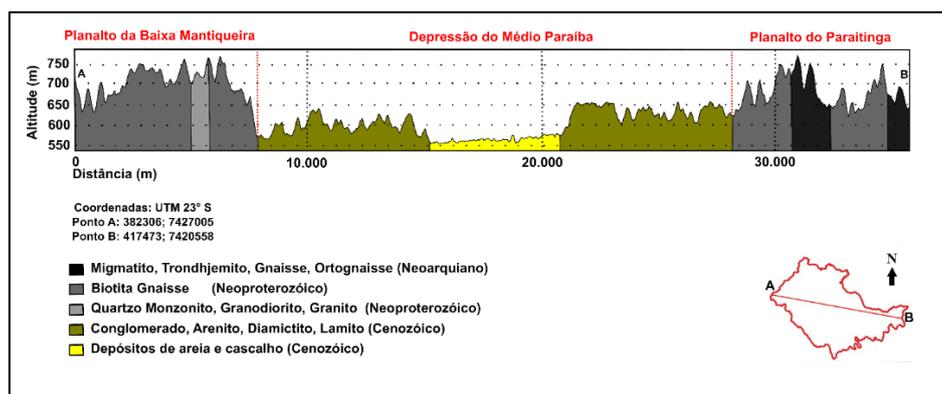


Figura 4 – Perfil topográfico municipal com o respectivo esboço litológico.

Fonte: elaborado pelo autor a partir de informações geológicas de CPRM (2020).

Após essa contextualização será apresentada uma análise mais detalhada das características do relevo municipal seguindo a ordem dos níveis taxonômicos do relevo.

3.2. O táxon da morfoestrutura

O primeiro táxon de classificação do relevo é referente às variações das suas formas, determinadas pelas características litológicas e estruturais que lhes dão suporte; trata-se da morfoestrutura. De acordo com Mescerjakov (1968), esse conceito foi inicialmente proposto por Guerassimov.

No território da área de estudo encontram-se duas morfoestruturas: o Cinturão Orogênico do Atlântico e a Bacia Sedimentar de Taubaté. Essas duas estruturas estão profundamente relacionadas pelos processos históricos responsáveis pela gênese da bacia sedimentar.

Quanto ao terreno cristalino, o início da sua formação encontra-se no Pré-Cambriano, quando vários ciclos de tectonismo geraram falhamentos, inúmeras intrusões e intenso metamorfismo. O período compreendido entre o Paleozóico e o Mesozóico, no

entanto, trouxe relativa estabilidade tectônica para a região, o que permitiu o predomínio e atuação de vários ciclos erosivos. No pós-Cretáceo, todavia, as forças tectônicas voltaram a atuar na plataforma sul-americana, provocando a epirogênese que soergueu a região. Tal soerguimento foi o responsável pela reativação das falhas antigas, gerando o abatimento escalonado que originou a Serra da Mantiqueira, a Serra do Mar e a fossa tectônica entre ambas. Esta, uma vez preenchida por sedimentos do Cenozoico, formou a Bacia de Taubaté (ROSS; MOROZ, 2011); (NASCIMENTO, 2005).

A figura 5 mostra o resultado do mapeamento dessas duas morfoestruturas sobrepostas ao MDE sombreado. Acrescenta-se, porém, que o Cinturão Orogênico do Atlântico perfaz aproximadamente 52% do território municipal, ao passo que 48% dele corresponde à Bacia de Taubaté.

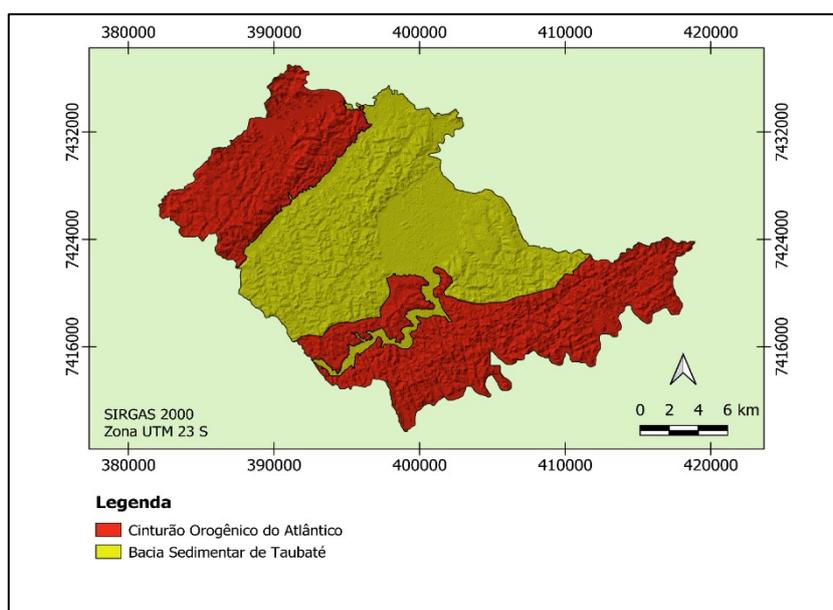


Figura 5 – Mapa das morfoestruturas de Jacareí.

Fonte: elaborado pelo autor.

3.3. O táxon da morfoescultura

O táxon morfoescultural se refere às várias compartimentações do relevo possíveis de serem encontradas dentro de determinada morfoestrutura (ROSS, 2003). De acordo com Mescerjakov (1968), trata-se de um conceito também proposto por Guerassimov para retratar as grandes formas de relevo geradas predominantemente pelos processos exógenos. Essas grandes formas estão ligadas às ações climáticas que atuam por longo período, fazendo com que não apresentem ligações exclusivas com as atuais características climáticas (ROSS, 2011).

No caso do Cinturão Orogênico do Atlântico, ele apresenta variações topográficas, estruturais e genéticas que fez inúmeros pesquisadores o compartimentar em vários setores específicos. Almeida (2018), por exemplo, identificou 11 setores no Estado de São Paulo, dos quais dois ocorrem em Jacareí: Serra da Mantiqueira e Planalto do Paraitinga.

Com relação à Serra da Mantiqueira, Jacareí encontra-se no que Almeida (2018) considerou como subzona ocidental. Nesta, a intensa erosão provocou um recuo do frontão serrano, imprimindo na paisagem um conjunto de serras alinhadas. Oliveira et al. (2000) Apud Gontijo-Pascutti et al. (2012) propôs dividir a Serra da Mantiqueira em dois setores: Mantiqueira Alta e Mantiqueira Baixa. Esta última se estenderia do limite da Bacia de Taubaté até a falha de Jundiuvira², onde começaria a primeira, englobando, portanto, parte do relevo de Jacareí. Propõe-se, assim, nomear a morfoescultura dessa área como Planalto da Baixa Mantiqueira.

Com relação ao Planalto do Paraitinga, a presente classificação não obedece aos limites estabelecidos por Almeida (2018) que propôs delimitá-lo pelo divisor de água entre o alto e médio Paraíba, seguindo e atravessando o cotovelo de Guararema. Tal limite diminuiria a área que se classificou aqui como Planalto do Paraitinga, embora ele permanecesse ocorrendo no extremo sul de Jacareí. Optou-se, assim, por delimitá-lo de acordo com as semelhanças morfológicas identificadas no MDE sombreado, bem como pelas características litológicas do substrato.

Quanto à morfoestrutura da Bacia de Taubaté, encontra-se duas categorias de morfoesculturas para a escala trabalhada: planalto sedimentar e planície fluvial. O planalto sedimentar se divide, claramente, em duas morfoesculturas bem distintas: planalto de topos convexos e planalto de topos tabulares. Ao mapear o relevo de São José dos Campos – município vizinho – Nascimento (2005) identificou este modelado como colinas suavizadas.

Quanto às morfoesculturas das planícies fluviais, tem-se a planície do rio Parateí e a planície do rio Paraíba do Sul. A primeira se localiza paralelamente à escarpa da Baixa Serra da Mantiqueira e, como observou Coltrinari (2011), forma uma clara descontinuidade topográfica, encaixada numa superfície estreita entre os planaltos cristalino e sedimentar³. A planície do Paraíba do Sul, por sua vez, apresenta-se

² A falha de Jundiuvira se localiza relativamente distante da área de estudo, não sendo possível situá-la nos mapas apresentados. Nestes, temos exclusivamente porções da Baixa Mantiqueira.

³ Devido à estreita faixa de planície encaixada entre os planaltos cristalinos e sedimentares, não foi possível representar a Planície do Parateí, para o transecto adotado, na construção do perfil topográfico municipal.

estritamente encaixada no Planalto Cristalino do Paraitinga, mais ao sul, alargando-se em direção ao centro – nordeste do município, na Bacia de Taubaté.

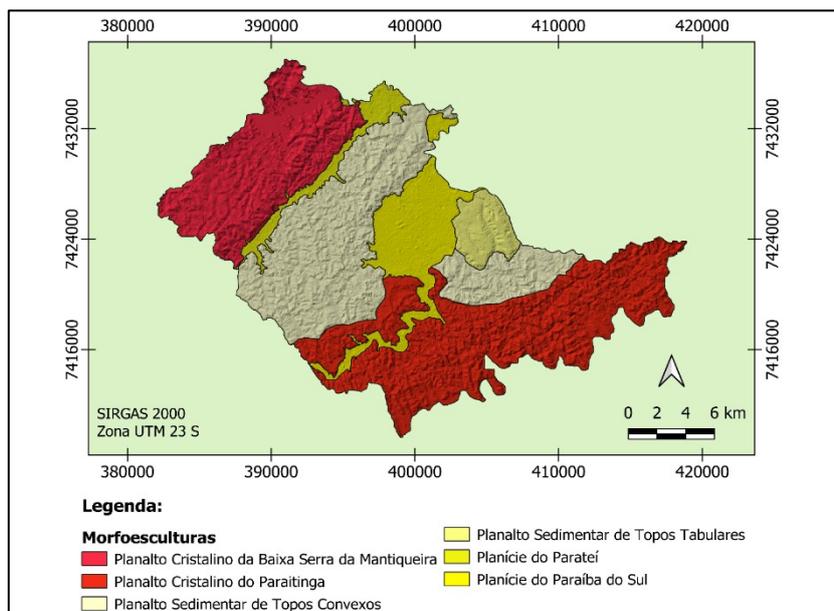


Figura 6 – Mapa das Morfoesculturas do Município de Jacareí sobrepostas ao relevo sombreado.

Fonte: elaborado pelo autor.

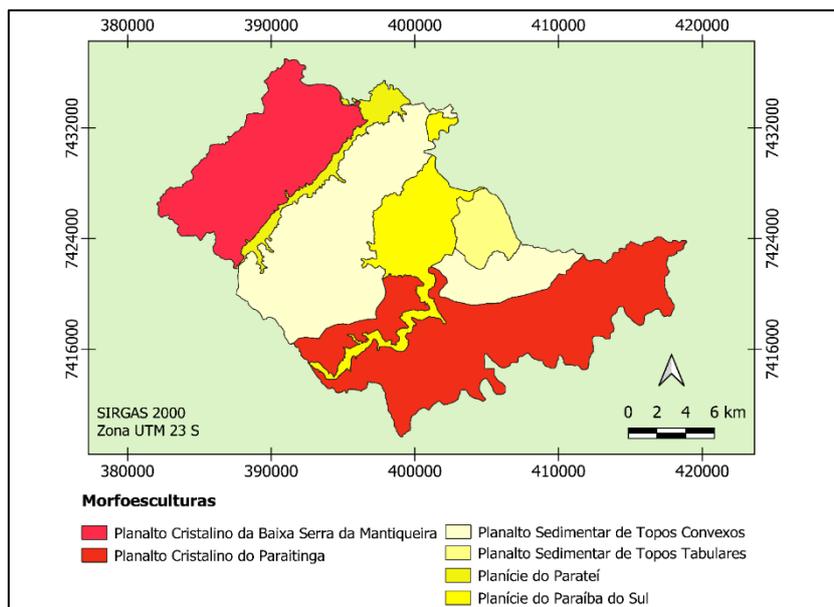


Figura 7 – Mapa das Morfoesculturas de Jacareí.

Fonte: elaborado pelo autor.

Considerando-se as características expostas, nomeou-se as feições morfoesculturais sedimentares como: Planalto Sedimentar de Topos Convexos; Planalto Sedimentar de Topos Tabulares; Planície do Parateí e Planície do Paraíba do Sul. A figura 6 mostra o mapa das morfoesculturas sobreposto ao MDE sombreado. Tal sobreposição, todavia, causou relativa distorção nas tonalidades de amarelo,

possibilitando alguma dificuldade na correta localização das unidades. Por isso, a figura 7 mostra o mesmo mapa, sem a sobreposição, a fim de permitir a correta identificação das morfoesculturas, mediante a comparação dos dois produtos cartográficos.

3.4. O táxon dos padrões de formas semelhantes

Os padrões de formas semelhantes são modelados de relevo dentro das morfoesculturas, sendo os processos morfoclimáticos atuais mais visíveis neste nível. Eles possuem duas ramificações genéticas: formas agradacionais – formadas pela acumulação de sedimentos e identificadas pela letra maiúscula A – e formas denudacionais – resultantes das ações dos processos erosivos e identificadas pela letra maiúscula D.

No caso das formas agradacionais, são utilizadas ainda mais duas letras minúsculas a fim de identificar suas gêneses e processos de formação. Quanto às formas denudacionais, é utilizada também mais uma letra minúscula, que identifica a forma dos topos; adiciona-se aqui ainda dois algarismos arábicos, os quais caracterizam o grau de dissecação do relevo (o primeiro número se refere ao grau de entalhamento médio dos vales enquanto o segundo à dimensão interfluvial média) conforme os parâmetros estabelecidos por (ROSS, 2011) e (ROSS, 2016).

Por ser a última unidade taxonômica trabalhada neste estudo, a identificação dos padrões de formas semelhantes permitiu passar à conclusão do mapa geomorfológico de Jacareí. Assim, essas unidades serão apresentadas e analisadas em conjunto com o mapa geomorfológico da próxima subseção.

3.5. Mapa Geomorfológico

Conforme o mapeamento geomorfológico resultante (Figura 8), na morfoescultura do Planalto da Baixa Serra da Mantiqueira foram identificados três padrões de formas de relevo. Todos possuem gênese denudacional e apresentam topos aproximadamente convexos. As unidades foram identificadas pelos códigos Dc32, Dc33 e Dc43, sendo que os dois primeiros representam um índice médio de dissecação do relevo enquanto o último, forte. A morfoescultura do Planalto do Paraitinga, por sua vez, não apresenta variações significativas no grau médio de entalhamento dos seus vales, nem das dimensões interfluviais médias (no âmbito do município); assim, o padrão de forma Dc42 coincide com a área da morfoescultura; trata-se de área com forte índice de dissecação.

Quanto à forma contida no Planalto Sedimentar de Topos Convexos, tem-se morros com médio grau de dissecação do relevo (Dc32) e, não havendo variação significativa da forma, dentro dos limites municipais e para a escala abordada, ela também se iguala com a área da morfoescultura. Situação análoga ocorre ainda com o Planalto Sedimentar de Topos Tabulares (Dt32).

As morfoesculturas da Planície do Parateí e da Planície do Paraíba possuem também um único padrão de forma cada uma (dentro dos limites de Jacareí); pode-se dizer, contudo, que elas são formadas pelas planícies de inundações e os terraços fluviais que em escalas mais detalhadas poderiam ser distinguidos.

Resta interessante observar que as formas denudacionais correspondem a cerca de 85,9% dos modelados da área municipal, enquanto as agradacionais a 14,1%.

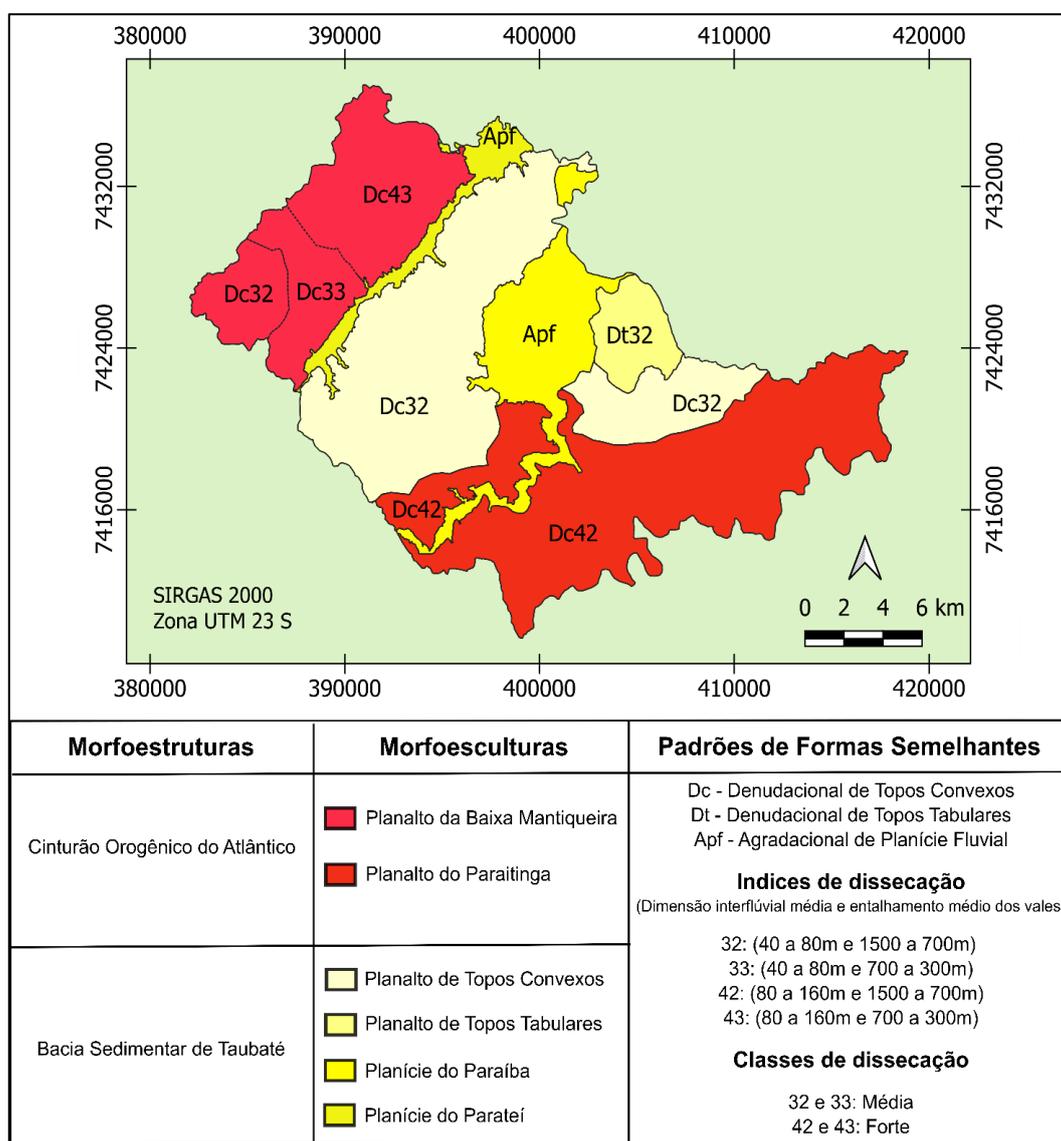


Figura 8 – Mapa geomorfológico de Jacareí.

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

3.6. O uso urbano da terra e o relevo municipal

Aproximadamente 12,5% da área municipal de Jacareí é ocupada pelo meio urbano e outras construções, como estradas (PACHECO, 2021). Ele é um município com povoamento relativamente antigo, tendo o seu núcleo inicial sido fundado em 1652 (MÜLLER, 1996). Esse núcleo foi estabelecido na região da Planície do Paraíba, onde seu tecido urbano concentrou sua expansão, havendo, porém, uma ampliação para algumas áreas dos planaltos sedimentares e da Planície do Parateí. A cartaimagem, apresentada na figura 9 permite analisar melhor a situação presente de ocupação urbana do município em relação aos padrões de formas semelhantes do seu relevo.

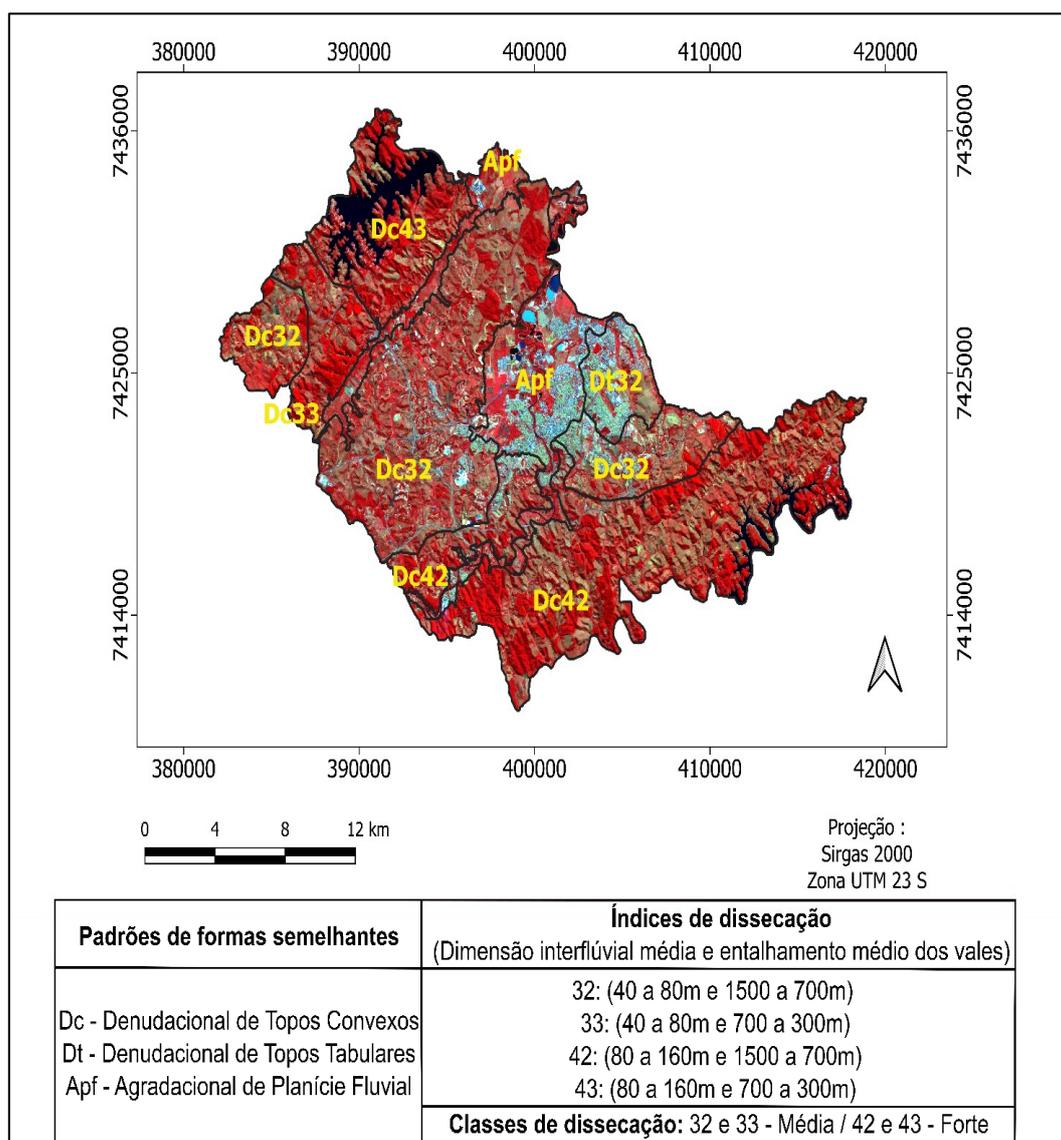


Figura 9 – Cartaimagem falsa-cor com os padrões de formas semelhantes do relevo de Jacareí. **Fonte:** elaborada pelo autor a partir de Copernicus Sentinel Data (2020).

De acordo com a cartaimagem, o tecido urbano ocupa principalmente as unidades Apf do Paraíba do Sul, Dc32 e Dt32 dos planaltos sedimentares. Os dois últimos padrões apresentam índices médios de dissecação do relevo, devendo possuir algum cuidado para a ocupação do solo devido aos riscos moderados de ocorrência de processos erosivos; no caso das áreas sobre as formas Dt32, esse risco concentra-se em suas vertentes, sendo seus amplos topos bastante favoráveis para a ocupação urbana.

A área de planície e terraços fluviais do Paraíba do Sul, por sua vez, está naturalmente sujeita a dificuldades com enchentes, inundações e alagamentos; problemas desde há muito presentes no cotidiano dessa área, com ocupações antigas. Barreto (2013), por exemplo, fez um estudo por meio de notícias históricas contidas em jornais locais o qual consistiu no levantamento de ocorrências de enchentes, inundações e alagamentos no município. Entre 1950 e 2010 foram registrados 102 episódios desses fenômenos, a vasta maioria na região da Planície do Paraíba do Sul.

Embora a presença do processo de urbanização e construções sobre as unidades Dc42 do Planalto do Paraitinga e Dc43 do Planalto da Serra da Mantiqueira seja bastante tímido ou inexistente, é altamente recomendável que tais áreas sejam evitadas, para essa finalidade, devido aos riscos oferecidos frente aos processos erosivos (mesmo para o uso na agropecuária requerem atenção). As unidades Dc32 e Dc33 do Planalto da Serra da Mantiqueira requerem atenção para eventuais planos de ocupação urbana. Por fim, a unidade da Planície do Parateí exige cuidados ambientais típicos de áreas próximas aos leitos dos rios e sujeitas às inundações.

4. CONCLUSÕES

O relevo desempenha importante papel nos sistemas naturais e sociais. Assim, o conhecimento de suas características se torna parte fundamental para o entendimento tanto da morfologia quanto da fisiologia das paisagens. Após essa primeira etapa cognitiva, o conhecimento geomorfológico passa a poder ser aplicado igualmente para o planejamento de intervenções no ambiente. Nesse contexto, o mapeamento geomorfológico se apresenta como modelo cartográfico de representação essencial na compreensão da espacialidade dos fatos geomorfológicos, bem como na aplicação desse conhecimento para atividades diversas, perpassando desde o uso didático e educacional até os planejamentos urbano e ambiental; algo que evidentemente se aplica na realidade local estudada.

O mapeamento do relevo municipal de Jacareí, em nível originalmente compatível com a escala 1:60.000, permitiu algumas constatações, tais como:

1) O município apresenta diversidade geológica estrutural, sendo compreendido por um cinturão orogênico antigo (cerca de 52% do território) e uma bacia sedimentar geologicamente mais recente (aproximadamente 48% do território).

2) Cerca de 85,9% da área municipal é constituída por formas de relevo que apresentam padrões de denudação, com graus de fragilidade em relação aos processos erosivos que variam de médio a alto.

3) Aproximadamente 14% do território municipal apresenta padrões agradacionais de formas de relevo. Eles têm sido bastante visados para a ocupação urbana (a cidade foi fundada sobre a Planície do Paraíba do Sul).

4) Os problemas com inundações, enchentes e alagamentos são frequentes nas áreas de planície, indicando planejamento ineficiente na ocupação do relevo e a necessidade de implementação de medidas corretivas.

5) Os setores mais ao norte e sul do município possuem relevos muito dissecados, com grau de fragilidade elevada diante dos processos erosivos. Trata-se de áreas não propícias à expansão do processo de urbanização e que requerem cuidados no uso para atividades relacionadas a agropecuária.

6) Foram identificados no mapeamento: duas morfoestruturas (Cinturão Orogrênico do Atlântico e Bacia Sedimentar de Taubaté); seis morfoesculturas e nove padrões de formas semelhantes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F. F. M. de. Fundamentos geológicos do relevo paulista. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 9-75, 2018.

ARGENTO, M. S. F. Mapeamento geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. cap. 9, p. 365-392.

BARRETO, J. de R. Impactos pluviais em Jacareí- SP. **Rev. Tamoios**, v. 9, n. 1, p. 63-75, 2013.

BISHOP, M. P.; JAMES, L. A.; SHRODER Jr., J. F.; WALSH, S. J. Geospatial technologies and digital geomorphological mapping: concepts, issues and research. **Geomorphology**, v. 137, p. 5-26, 2012.

COLTRINARI, L. Um exemplo de carta geomorfológica de detalha: a carta do Médio Vale do Rio Parateí, SP (1:25.000). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 1, p. 55-63, 2011.

COPERNICUS SENTINEL DATA. European Space Agency - ESA, 2020. Imagem de Satélite. Disponível em: <https://www.copernicus.eu/en/access-data>. Acesso em: maio, 2020.

CPRM. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo**. 1:750.000 (2006). Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/geosgb/downloads.html>. Acesso em: 02 jun. 2020.

DATASET ASF DAAC. ALOS PALSAR Radiometric Terrain Corrected low res; Includes Material © JAXA/METI 2011. Disponível em: <https://asf.alaska.edu/>. acesso em: maio 2020. DOI: <https://doi.org/10.5067/JBYK3J6HFSVF>.

DRAMIS, F.; GUIDA, F. CESTARI, A. Nature and aims of geomorphological mapping. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. S. **Geomorphological mapping: methods and applications**. Amsterdam: Elsevier, 2011. cap. 3, p. 39-74.

GONTIJO-PASCUTTI, A. H. F. et al. As Serras do Mar e da Mantiqueira. In: HASUI, Y. et al. **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. cap. 23, p. 549-571.

IBGE. **Downloads**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso: 02 jun. 2020.

IBGE. **Cidades@**. 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/jacarei/panorama>. Acesso em: 27 mar. 2022.

IBGE. **Malha municipal**. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=downloads>. Acesso em: 01 nov. 2020.

IBGE. **Manual técnico de geomorfologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 175p.

JACAREÍ. **Unidades de planejamento**. 2018. Disponível em: http://www.jacarei.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/08/Mapas-do-Plano-Diretor_REV2.pdf. Acesso em 15 mai. 2021.

MARTINELLI, M. Relevo do Estado de São Paulo. **Confins**, v. 7, p.1-23, 2009.

MENEZES, P. M. L. de.; FERNANDES, M. do C. **Roteiro de cartografia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 288p.

MESCERJAKOV, J. P. Les concepts de morphostructure et de morphosculpture, un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. **Annales de Géographie**, v. 77, n. 423, p. 539-552, 1968..

MÜLLER, N. L. **O fato urbano da Bacia do Rio Paraíba: Estado de São Paulo**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 1969. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?id=281706&view=detalhes>. Acesso em: 30 abr. 2021.

NAGI, R. On map scale and raster resolution. **Arcgis Blog**. 12 dez. 2010. Disponível em: <https://www.esri.com/arcgis-blog/products/product/imagery/on-map-scale-and-raster-resolution/>. Acesso em: 27 nov. 2021.

NASCIMENTO, P. S. de R. Aspectos geomorfológicos do município de São José dos Campos (SP): ênfase na área urbana. **Revista Eletrônica do Curso de Geografia do Campus Avançado de Jataí-GO**, n. 4, p. 1-14, 2005.

OTTO, J.; SMITH, M. Geomorphological Mapping. In: CLARKE, L. E.; NIELD, J. M. **Geomorphological Techniques (Online Edition)**. London: British Society for Geomorphology, 2013. cap. 2.6, p. 176-185.

PACHECO, R. C. Avaliação das características termais superficiais do município de Jacareí (SP) por meio de geotecnologias. **Caderno de Geografia**, v. 31, n. 64, p. 192-207, 2021.

PENHA, H. M. Processos endogenéticos na formação do relevo. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (org). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. cap. 2, p. 51-92.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos EIAs-RIMAs. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 12. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2016. cap. 6, p. 291-336.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 6, p. 17-29, 2011.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 10, p. 41-58, 2011.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 2003. 85p.

SCHOBENHAUS, C.; NEVES, B. B. de B. A geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana. In: BIZZI, L. A. et al. **Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil: texto, mapas & SIG**. Brasília: CPRM, 2003. cap. 1, p.5-54.

VERSTAPPEN, H. T. Old and new trends in geomorphological and landform mapping. In: SMITH, M. J.; PARON, P.; GRIFFITHS, J. S. **Geomorphological mapping: methods and applications**. Amsterdam: Elsevier, 2011. cap. 2, p.13-38.

Recebido: 29/11/2021

Aceito: 10/06/2022