

PROPOSTA DE MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DA SERRA DO ITACOLOMI, PICO DA CARTUXA E ENTORNO DE OURO PRETO E MARIANA - MG

Gonçalves, J.C.C. (IFMG - CAMPUS OURO PRETO) ; Ribeiro, B.S. (IFMG - CAMPUS OURO PRETO) ; Azevedo, L.S. (IFMG - CAMPUS OURO PRETO) ; Oliveira, D.A. (IFMG - CAMPUS OURO PRETO)

RESUMO

Os mapas geomorfológicos constituem uma importante ferramenta para a análise do relevo, sendo possível expressar as características condicionantes bem como estrutura, padrões e dinâmica dos processos. Na área onde se encontram a Serra do Itacolomi e o Pico da Cartuxa (Minas Gerais) ocorrem padrões de relevo diversificados, onde a partir da elaboração de mapas sínteses (litologia, elevação, declividade e orientação das vertentes) e utilização da técnica de overlay em ambiente SIG, foram identificadas 21 unidades geomorfológicas. Foi possível fazer o mapeamento e determinar os padrões de relevo, estabelecendo uma associação com a morfometria e interpretando a dinâmica dos processos que configuram a paisagem podendo os resultados contribuir com o ensino de Geografia, patrimônio geomorfológico e a preservação ambiental.

PALAVRAS CHAVES

Cartografia; Bacia do Rio do Carmo; Quadrilátero Ferrífero; Geotecnologias; Geomorfologia

ABSTRACT

Geomorphological maps constitute an important tool for analyzing the relief, making it possible to express the conditioning characteristics, as well as the structure, patterns, and dynamics of the processes. In the area where the Serra do Itacolomi and Pico da Cartuxa (Minas Gerais) are located, diversified relief patterns occur, where from the elaboration of synthesis maps (lithology, elevation, slope and orientation of the slopes) and use of the overlay technique in GIS environment, 21 geomorphological units were identified. It was possible to map and determine relief patterns, establishing an association with morphometry and interpreting the dynamics of the processes that shape the landscape. The results can contribute to the teaching of Geography, geomorphological heritage, and environmental preservation.

INTRODUÇÃO

A Geomorfologia ao estudar as formas, materiais e processos que ocorrem na superfície e subsuperfície terrestre (MELO et al., 2005), contribui para o ordenamento territorial e planejamento do uso da terra pela sociedade (ROSS, 2019). A partir da espacialização das informações geomorfológicas e dos objetivos do mapeamento geomorfológico (GUSTAVSSON; KOLSTRUP; SEIJMONSBERGEN, 2006), podem ocorrer vários desdobramentos e utilizações no meio social, como para a educação ambiental em unidades de conservação e o ensino de geografia (ALMEIDA; PASINI, 2020). No mundo, o mapeamento geomorfológico tem sido aplicado, por exemplo, em países com riscos ambientais e com a ocorrência de desastres naturais, como terremotos, vulcões, inundações e deslizamentos de terra. Alguns exemplos de regiões onde o mapeamento geomorfológico tem sido amplamente utilizado são a Ásia Central, a América Central e a região Andina da América do Sul (IAG, 2023; IUGS, 2023) onde tem sido desenvolvidos projetos de mapeamento geomorfológico, com o objetivo de auxiliar na gestão ambiental e territorial. No Brasil, o mapeamento geomorfológico tem sido amplamente utilizado com diversas finalidades, como, por exemplo: análise de bacias hidrográficas, identificação de áreas de risco, de desastres naturais, seleção de locais para a implantação de empreendimentos e infraestrutura, avaliação da capacidade de uso do solo e a conservação de áreas naturais. Os mapas, em múltiplas escalas, demonstram a espacialização das diferentes formas de relevo e suas relações com a estrutura e com a dinâmica dos processos, considerando, segundo Casseti (2005), as suas particularidades em escala local. A função primordial do mapeamento geomorfológico consiste em apresentar o alicerce e a síntese dos processos

relacionados à pesquisa geomorfológica, e não somente o resultado em si (OLIVEIRA e CHAVES, 2010). A incorporação de novas tecnologias, que geram dados topográficos, permite a análise e modelagem espacial nas pesquisas geomorfológicas, é impulsionada pelos avanços dos sistemas de informação geográfica (SIG) e sensoriamento remoto, como os Modelos Digitais de Elevação (MDE) (BISHOP et al. 2012). Há várias metodologias para realizar o mapeamento geomorfológico, as quais, de acordo com o objetivo da pesquisa, definirão qual a metodologia a ser utilizada (SAMPAIO e AUGUSTIN, 2014). Segundo esses autores, é necessário buscar uma delimitação de unidades geomorfológicas por meio de técnicas quantitativas e que possam ser comparadas a outras áreas de estudo, o mapeamento geomorfológico não deve ser feito apenas por critérios qualitativos e subjetivos (OLIVEIRA; AUGUSTIN; FONSECA, 2017). Na área onde se encontram a Serra do Itacolomi e o Pico da Cartuxa nos Municípios de Ouro Preto e Mariana, existe um potencial muito grande para se trabalhar o mapeamento geomorfológico destas formas de relevo, devido à proximidade com a área urbana e a presença de um mosaico de unidades de conservação, o que implica na demanda por gerar informações sobre o patrimônio geomorfológico para estudantes, turistas e a própria preservação ambiental, por estar localizada no alto curso da bacia do rio do Carmo, formador do rio Doce. Embora exista uma grande variedade de dados voltados para estudos principalmente geológicos, tais como Silva e Salgado (2009) e Souza e Sobreira (2017) torna-se necessário o levantamento de informações acerca dos aspectos geomorfológicos que resultaram na paisagem apresentada atualmente. Seguindo as definições de Rodrigues et al. (2023), a região é composta pelos sistemas morfométricos de Montanhas e Serras acima de 1200 m e dos Planaltos Dissecados que podem variar entre 500 m e 1200 m de elevação. Este trabalho tem como o objetivo identificar as características dos padrões de relevo dessa área, levando ao entendimento acerca dos padrões entre topografia, litologia, declividade e orientação de vertentes.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada na região central de Minas Gerais, nos municípios de Ouro Preto e Mariana, entre as coordenadas 20°30'S até 20°18'S e 43°37'O até 43°13'O, fazendo parte da bacia hidrográfica do Rio Doce em sua maior parte e uma pequena área da bacia do Rio São Francisco, sendo seus principais cursos d'água correspondentes aos rios Gualaxo do Sul e Carmo, cuja orientação de drenagem é para leste, e do rio Ras Velhas que corre para o Oeste conforme a (Figura 1). A proposta do mapeamento está baseada na metodologia utilizada por Oliveira; Augustin e Fonseca (2017) contendo algumas adaptações. Para a delimitação das áreas homogêneas foram elaborados 4 mapas base: elevação, declividade, orientação das vertentes e unidades litológicas (Figura 2). Em seguida foram confeccionados 2 mapas síntese, a partir da técnica de overlay dos seguintes temas: litologia-elevação e litologia-declividade utilizando-se o software QGIS versão 3.28.0 realizando-se a poligonização das áreas a partir da observação visual. Por fim, o mapa final foi elaborado a partir dos 2 mapas síntese, também a partir da técnica de overlay, gerando 21 unidades geomorfológicas. Para confecção dos mapas de elevação, declividade e orientação de vertentes (Figura 2 - A, B e D), foi obtido o modelo digital de elevação gerado a partir das imagens 20S435 e 20S45 SRTM (INPE), através do software de SIG QGIS (versão 3.28.0) foi feito o mosaico das cenas e depois recorte com uma camada de máscara da delimitação da área de estudo, posteriormente sendo feitas as classificações. O mapa de litologia (Figura 2 - C) foi elaborado a partir do mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero na escala de 1:150.000 (Endo et al., 2019). Em ambiente SIG foi feito um recorte vetorial das bases cartográficas utilizando o limite da área de estudo, com isso obtendo as informações de hidrografia e litologia da área, sendo feita uma simplificação dos dados geológicos de acordo com a litologia principal. A metodologia utilizada para a delimitação dos domínios geomorfológicos consiste na técnica de Overlay, a qual constitui-se na associação e união de informações de dados cartográficos e mapas diferentes no ambiente SIG, neste caso utilizando os mapas de litologia, elevação, orientação e declividade. Inicialmente foi utilizado o mapa de litologia sobreposto ao mapa de elevação, possibilitando a extração das informações sobre a predominância de tipos de rocha de acordo com a altimetria de onde está localizada, assim sendo criada uma camada (shapefile) em forma de polígonos com a delimitação proposta. Posteriormente foram criadas outras duas camadas, uma com a delimitação das áreas com vertentes de mesma orientação e outra utilizando os mapas de litologia sobreposto ao de declividade, sendo a delimitação feita com os mesmos critérios da primeira delimitação. Com isso, foi obtida a

delimitação final de acordo com litologia-elevação, orientação predominante de vertentes e litologia-declividade, os quais mesclados resultaram na delimitação dos 21 domínios geomorfológicos com características próprias conforme a Figura 3. A “Delimitação 1” se deu com a sobreposição do mapa de litologia sobre o de elevação, obtendo características comuns entre tipos de rocha, bem como a elevação do terreno. Já a “Delimitação 2” foi realizada a partir da orientação das vertentes, delimitação de áreas de divergências. Informações sobre áreas com padrões de vertentes de mesma orientação. Para a “Delimitação 3” realizou-se a sobreposição do mapa de litologia sobre o de declividade, resultando em características comuns entre os tipos de rocha e a declividade do relevo. Por fim, a delimitação dos domínios geomorfológicos (Figura 3) se deu a partir da sobreposição das delimitações 1, 2 e 3, resultando nas características homogêneas entre tipos de rocha, elevação e declividade do relevo e orientação das vertentes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

GEOLOGIA: Regionalmente, a área de estudo está localizada na borda sul do Quadrilátero Ferrífero (QFe), uma importante província mineral no estado de Minas Gerais, sendo considerado um distrito de relevância geológica mundial (DORR, 1969). O QFe encontra-se inserido no extremo sul do Cráton do São Francisco e é delimitado por faixas de dobramentos Brasileiras (ALMEIDA 1977). Na região onde se localiza a área de estudo, a litologia é composta pelo embasamento do cráton São Francisco, representado pelo complexo Mantiqueira, composto por granitos e gnaisses (Figura 2 - C). Seguindo a afirmação de Alkmim e Marshak (1998), as rochas do Supergrupo Rio das Velhas, representada pelas formações dos grupos Maquiné (quartzito) e grupo Nova Lima (filitos e quartzito sericíticos) recobrem parte do embasamento do cráton. As rochas de idade Paleoproterozóicas do Supergrupo Minas com as formações dos grupos Itabira (itabirito), Sabará (clorita-xisto) e do Grupo Itacolomi (quartzito, quartzito itacolomi e xisto) compõem o topo da litologia da área de estudo.

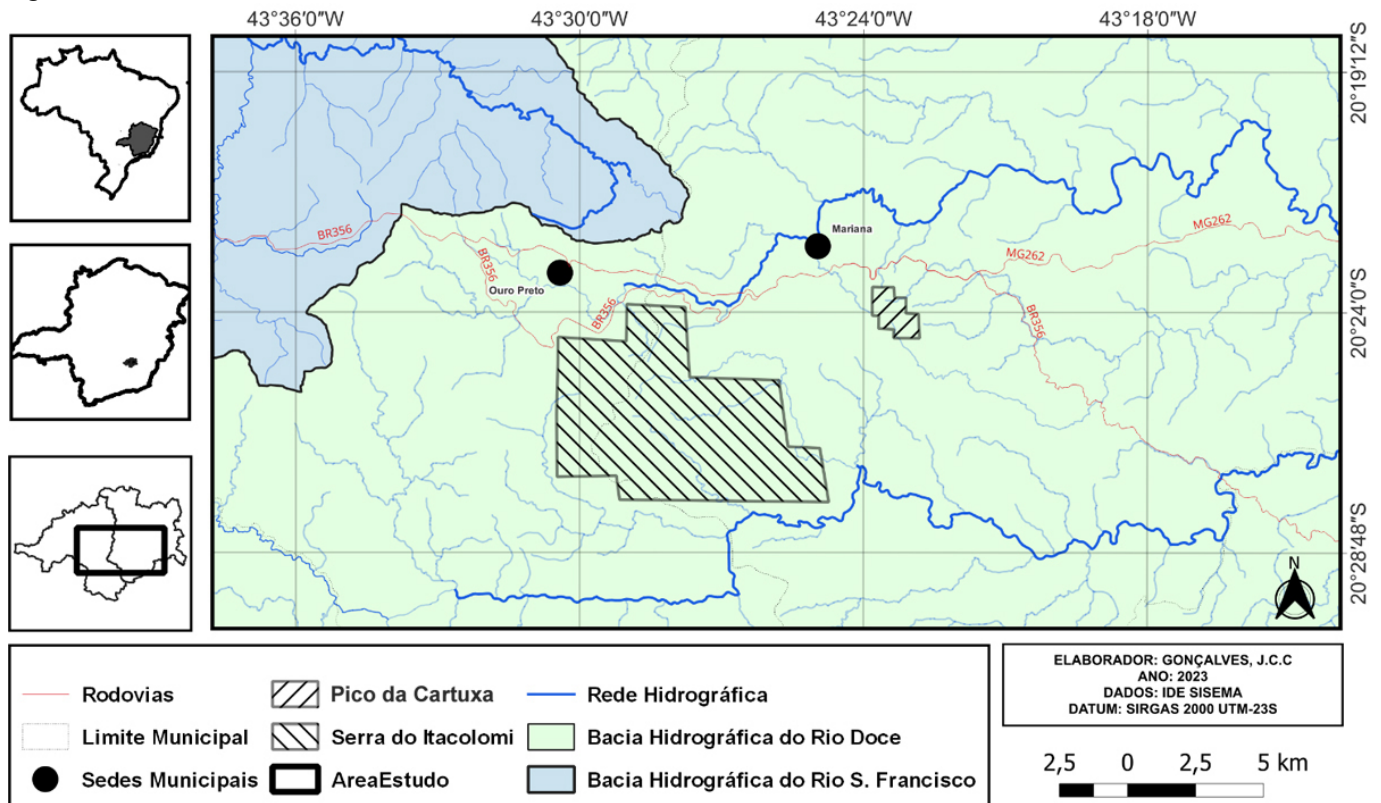
GEOMORFOLOGIA: Segundo as descrições da CPRM (1993) nesta área distinguem-se duas unidades geomorfológicas bem caracterizadas, que são o Quadrilátero Ferrífero e os Planaltos Dissecados do centro-sul e leste de Minas. A primeira unidade caracteriza-se pelas formas de relevo invertido do tipo sinclinal suspenso e anticlinal esvaziado, elaboradas sobre estruturas dobradas. O relevo da região é fruto de sua estrutura e da erosão diferencial, onde os quartzitos e itabiritos (Figura 2 - C) constituem o substrato das terras altas, os xistos-filitos compreendem o substrato das terras de altitude mediana e as terras baixas estão moldadas sobre granito-gnaisses (VARAJÃO et al., 2009). A segunda unidade é expressa por relevos suavemente ondulados sobre rochas cristalinas, a dissecação fluvial originou um relevo de colinas predominantemente côncavo-convexas, que ocorrem de forma generalizada em toda extensão desta unidade. As formas de relevo predominante são as colinas com vertentes ravinadas e vales encaixados (CPRM, 1993). A declividade da área de estudo está entre 0° e 68°, com maior concentração onde se localizam a Serra do Itacolomi e o Anticlinal Mariana (Figura 2 - B). A elevação varia de 496m até 1.754m acima do nível do mar, sendo as partes mais baixas onde se localiza a passagem do rio do Carmo a oeste, e o ponto mais alto onde se localiza o Pico do Itacolomi (Figura 2 - A).

CLIMA E VEGETAÇÃO: Segundo a classificação climática de Köppen, os climas que ocorrem nessa área são os tipos Cwa (clima subtropical úmido) e Cwb (clima subtropical de altitude) (CPRM, 1993). O bioma predominante é a Mata Atlântica, com algumas manifestações do Cerrado, a vegetação é formada por Campos Rupestres, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta de Galeria e Campos de Altitude.

CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS DOS DOMÍNIOS IDENTIFICADOS: A partir da metodologia empregada, foi possível a delimitação de 21 unidades geomorfológicas (Figura 3), apresentando características próprias que os diferem dos padrões adjacentes. Este mapeamento pode levar a síntese das condições que contribuíram para a formação do relevo em contexto, interpretando as dinâmicas do processo erosivo, sobre as rochas com diferentes resistências a estes processos denudacionais. Foi possível identificar a correspondência entre o mapeamento proposto por Rodrigues et al. (2023) e os padrões de relevo da área de estudo, sendo estes Montanhas e Serras (domínios 3; 4; 5; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 20 e 21) e Planaltos Dissecados (domínios 1; 2; 6; 7; 17; 18 e 19). Podendo então associar a configuração da paisagem a partir dos Táxons propostos por Rodrigues et al. (2023) 9 com as unidades propostas neste trabalho, podendo indicar como os processos de dissecação e denudação atuam nestas diferentes unidades geomorfológicas. As unidades que compõem os padrões de relevo do sistema de Planaltos Dissecados de Rodrigues et al. (2023) (Figura 3 - 1; 2; 6;

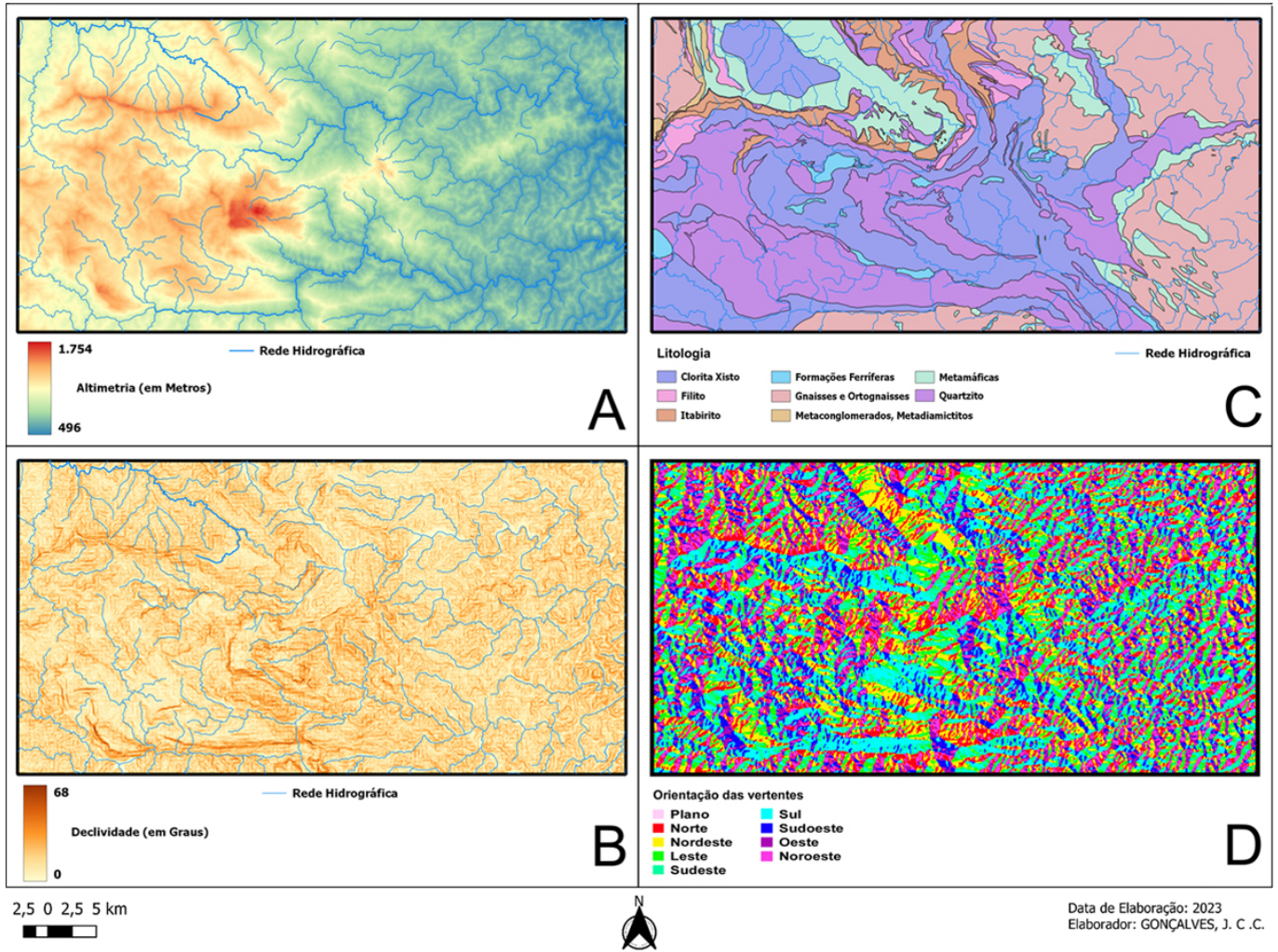
7; 17; 18 e 19), apresentam uma litologia associada principalmente por rochas metamórficas e magmáticas do embasamento cristalino, tanto do Cráton do São Francisco, como das províncias Mantiqueira e Tocantins (HEILBRON et al., 2004). Ocupam as áreas com menor elevação, onde se localiza o compartimento de relevos dissecados com predominância das redes de drenagem da bacia hidrográfica do rio do Carmo. Por sua vez, as unidades que predominam as Serras e Montanhas de Rodrigues et al. (2023) (Figura 3 - 3; 4; 5; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 15; 16; 20 e 21) como no caso da Serra do Itacolomi, Pico da Cartuxa e da Anticlinal Mariana (Serra de Ouro Preto), estão associados principalmente ao controle que a geologia exerce na rede de drenagem e onde estão localizados os maiores valores de declividade, sendo as cristas compostas por rochas bem resistentes, responsáveis por moldar esses padrões como o quartzito e o Itabirito (VARAJÃO et al., 2009), consiste em um ambiente com muita energia potencial e com alto transporte de sedimentos. As áreas em que ocorre a transição entre as serras e montanhas e os planaltos dissecados apresentam uma concentração de Clorita- biotita Xisto e manifestações de quartzito, sendo essas áreas com elevação média entre 700 m e 1200 m. A Serra do Itacolomi (Figura 3 - unidades 11,12) é composta principalmente por quartzito e clorita xisto, sendo sua orientação voltada para SE, a declividade varia entre 0° e 68° e a elevação podendo chegar até 1.754 m no pico do itacolomi. Por sua vez, o pico da Cartuxa (Figura 3 - unidade 5) é composto clorita xisto e quartzito, com declividade variando entre 0 e 35° e altitude máxima de 1.343 m.

Figura 1



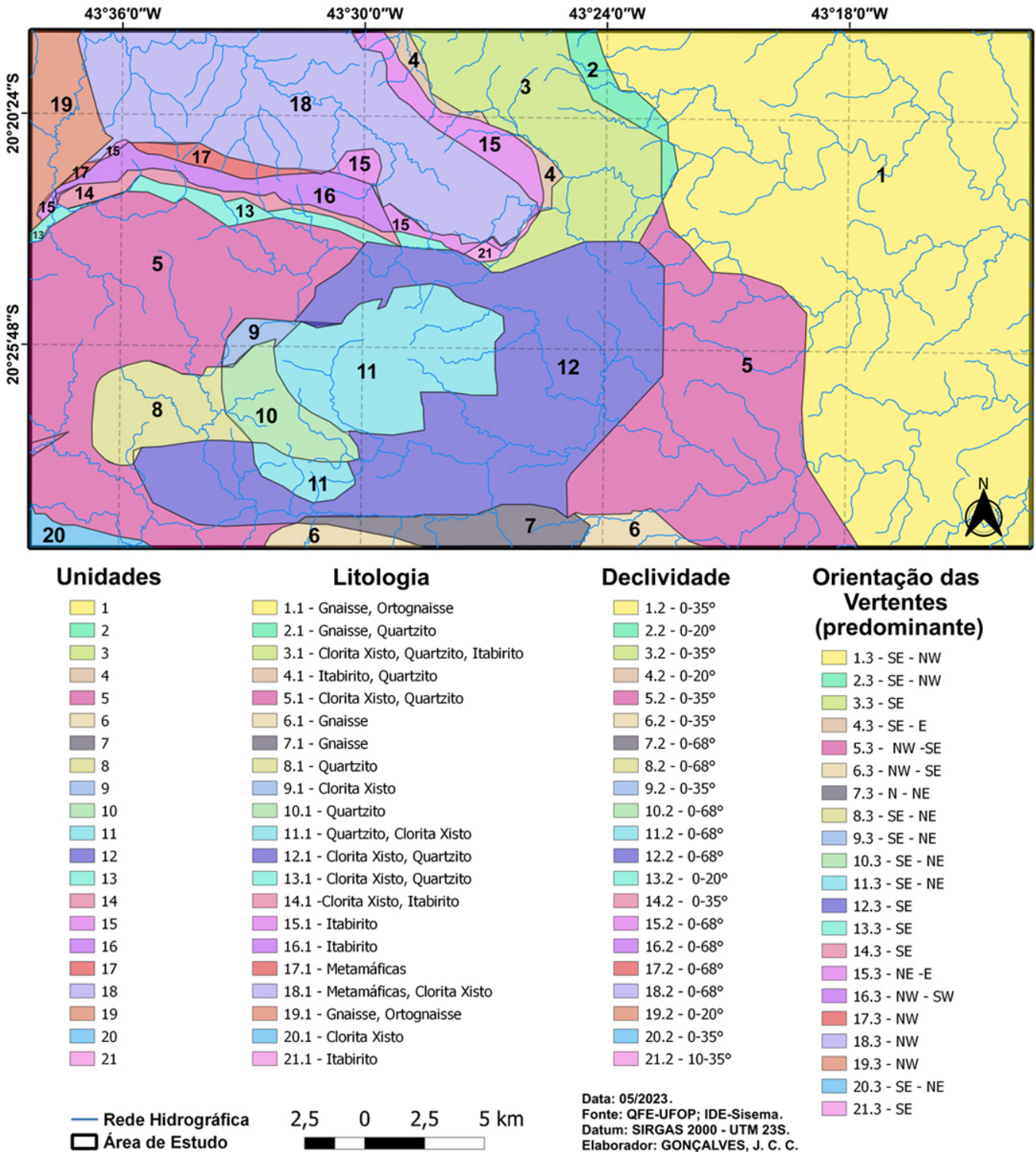
Localização da área de estudo. Fonte: Os autores (2023).

Figura 2



Mapas utilizados para delimitação dos domínios geomorfológicos: elevação (A), declividade (B), litologia (C) e orientação das vertentes (D).

Figura 3



Mapa de unidades geomorfológica da área de estudo. Fonte: Os autores (2023).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste mapeamento geomorfológico foi propor uma síntese das formas do relevo (topografia, litologia) e elementos que representam sua dinâmica (declividade, orientação de vertentes e rede de drenagem), em escala cartográfica grande, o que pode contribuir para a geração de conhecimento da importância do patrimônio geomorfológico e ambiental de 2 formas de relevo que se destacam na paisagem das cidades de Ouro Preto e Mariana: a Serra do Pico do Itacolomi e o

Pico da Cartuxa. A metodologia proposta permitiu a execução da proposta com êxito, e apesar da técnica tradicional do overlay, o uso ferramentas de SIG neste processo proporcionou uma rapidez e redução de custos para a execução desta cartografia. Este trabalho apresenta os resultados parciais de uma pesquisa que está em execução, e que nas próximas etapas buscará utilizar fontes de dados como MDE com uma resolução espacial maior, buscando caracterizar como o relevo localizado na área limite entre as sedes municipais de Mariana e Ouro Preto (MG) está configurado, possibilitando a interpretação de como os processos denudacionais tem agido nessa área. Com a interpretação dos domínios geomorfológicos delimitados é possível chegar à conclusão de que os contextos em que se insere a área de estudo, complementando alguns dos estudos já produzidos na região como VARAJÃO et al, 2009; SOUZA e SOBREIRA, 2016; o relevo é controlado pela litoestrutura e por processos de erosão diferencial, e que as áreas que apresentam como substrato os quartzitos e itabiritos são muito mais resistentes à erosão do que aquelas moldadas sobre xistos e gnaisses, e com isso criando um padrão de relevo mais elevado a Oeste (Ouro Preto) e com menos elevação a Leste (Mariana).

AGRADECIMENTOS

Ao IFMG campus Ouro Preto pelo apoio para realização da pesquisa: “Recurso didático interativo: ensino de geomorfologia com realidade aumentada”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, n. 90, p. 29-58, 1998. ALMEIDA, F. F. M. 1977. O Cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, n. 7, p. 349-364, 1997. ALMEIDA, R. D.; PASSINI, E. Y. O espaço geográfico: ensino e representação. 15. ed. São Paulo: Contexto, 2020. 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, n. 1, p. 5-26, 2012. BALTAZAR, O. F.; RAPOSO, F. O. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil, Mariana – Folha SF.23-X-B-I. Estado de Minas Gerais. Escala 1:100.000. Brasília: DNPM/CPRM, 1993. CASSETI, V. Geomorfologia. [S.l.]. 2005. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia/>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2019. ENDO, I. et al. 2019. Mapa geológico do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil. Escala 1:150.000. Ouro Preto, Departamento de Geologia, Escola de Minas-UFOP – Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero: www.qfe2050.ufop.br. GUSTAVSSON, M.; KOLSTRUP, E.; SEIJMONSBERGEN, A. C. A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: Renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. *Geomorphology*, v. 77, p. 90-111, 2006. HEILBRON, M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; CAMPOS NETO, M. C.; SILVA, L. C. DA; TROUW, R. A. J.; JANASI, V. de A. Província Mantiqueira. Capítulo XIII, *Research Gate*, p. 203-234, 2004. International Association of geomorphologists. IAG. 2023. Disponível em: <http://www.geomorph.org/>. International Union of Geological Sciences. IUGS. 2023. Disponível em <https://www.iugs.org/>. MELO, M. S.; CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J. P.; SAADI, A.; MELLO, C. L. Processos e produtos morfogenéticos continentais. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Ed.). *Quaternário do Brasil*. Ribeirão Preto: Holos, 2005. Cap. 12. p. 258-275. OLIVEIRA, H.M.; CHAVES, J.M. Mapeamento e caracterização geomorfológica: Ecorregião Raso da Catarina e Entorno NE da Bahia. *Mercator*, v. 9, n. 20, 2010. OLIVEIRA, D. A; AUGUSTIN, C. H. R. R; FONSECA, B. M. Proposta de mapeamento e delimitação dos domínios geomorfológicos da bacia hidrográfica do rio Pandeiros-MG. In: *Os desafios da geografia física na fronteira do conhecimento, XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada e I Congresso Nacional de Geografia Física, 2017, Campinas. Resumos*. Campinas: Instituto de Geociências - Unicamp, 2017, p. 6253-6262. Quadrilátero Ferrífero, Brazil. Washington, USGS/ DNPM. Professional Paper. 641(A):110 p. RODRIGUES, S. C; AUGUSTIN, C. H. R. R; NAZAR, T. I. S. M. Mapeamento Geomorfológico do Estado de Minas Gerais: uma proposta com base na morfologia. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 24, n. 1, e. 2233, 2023. ROSS, J. L. S. Geomorfologia: ambiente e planejamento. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2019. SAMPAIO, T. V. M; AUGUSTIN, C. H. R. R. Índice de concentração da rugosidade: uma nova proposta metodológica para

o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo como subsídio a cartografia geomorfológica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 15, n. 1, p. 47-60, 2014. SILVA, J. R.; SALGADO, A. A. R. Mapeamento das unidades de relevo da região da Serra do Gandarela - Quadrilátero Ferrífero-/MG. *GEOgrafias*, v. 5, n. 2, p. 107-125, 2009. SOUZA, L. A; SOBREIRA, F. G. Bacia hidrográfica do ribeirão do Carmo: atributos morfométricos, equação de chuva intensa e tempo de concentração e análise da suscetibilidade a inundação. *Revista Brasileira de Cartografia*, n. 69/7, p. 1355-1370, 2017. VARAJÃO, C. A. C. et al. ESTUDO DA EVOLUÇÃO DA PAISAGEM DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO (MINAS GERAIS, BRASIL) POR MEIO DA MENSURAÇÃO DAS TAXAS DE EROSÃO (10Be) E DA PEDOGÊNESE. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n. 33, p. 1409-1425, 2009. VALERIANO, M. M. TOPODATA: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE, 2008. Disponível em: <http://mtc.m16c.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc.m18@80/2008/07.11.19.24/doc/thisInformationItemHomePage.html> Acesso em: 14 maio de 2023.