

CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA REGIONAL: UM EXERCÍCIO METODOLÓGICO

Natália Aparecida Rodrigues Lima ¹

Denise Alves da Silva ²

Paula Meirilane Soares de Araújo ³

Anna Beatriz Pereira dos Santos ⁴

INTRODUÇÃO

A Geomorfologia tem como escopo analítico a compreensão das formas de relevo e suas dinâmicas, abrangendo tanto as forças naturais atuantes em cada forma de relevo, quanto as intervenções antrópicas modificadoras da paisagem. Esse campo envolve a investigação das variações do relevo, os agentes que atuam na superfície terrestre e as transformações resultantes.

Para explicar as dinâmicas do relevo, os pesquisadores utilizam técnicas como a Cartografia do Relevo, Sensoriamento Remoto, Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e levantamentos de campo. Essas ferramentas ajudam na criação de mapas que fornecem uma compreensão detalhada das paisagens e seus processos evolutivos.

A produção desses mapas requer uma compreensão da escala de representação. Nos estudos geomorfológicos, a escolha da escala é vital para garantir que os fenômenos retratados estejam adequados ao propósito do mapa. No Brasil, a padronização da metodologia para a elaboração de mapas geomorfológicos ainda está em desenvolvimento, especialmente em escalas regionais, como 1:500.000 ou 1:250.000. A heterogeneidade do relevo terrestre e a variedade de escalas e demandas resultam em diferentes conteúdos e legendas nos mapas. Definir diretrizes metodológicas para mapeamentos geomorfológicos representa um desafio significativo, especialmente em escalas regionais. Textos clássicos da geomorfologia oferecem abordagens possíveis para mapeamentos com diferentes níveis de detalhamento, como o mapeamento de modelados e morfoestruturas. Exemplos notáveis incluem o trabalho de Demek (1976),

1 Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, natalia.lima@ufu.br;

2 Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, denise.silva@ufu.br;

3 Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, paulameirelane14@gmail.com;

4 Graduanda do Curso de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia – UFU, anna.santos2@ufu.br.

"Geomorphological Mapping: Progress and Problems," e o Manual Técnico de Geomorfologia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2009), que propõem metodologias para diferentes escalas de mapeamento.

A pesquisa em questão objetiva propor uma metodologia com base morfométrica para a produção de um Mapa Geomorfológico Regional da área da Folha Uberaba (SE-23-Y-C), em Minas Gerais, utilizando a escala de 1:250.000.

A busca por uma metodologia padrão para mapeamentos geomorfológicos no Brasil e no mundo destaca a complexidade e a importância de representar com precisão as características do relevo. Segundo Demek (1976), a padronização é essencial para garantir consistência e precisão na representação das formas de relevo, especialmente em áreas com grande variação geomorfológica (Reddy, 2018). A diversidade de metodologias e a necessidade de adaptação às especificidades locais tornam o desenvolvimento de diretrizes um desafio contínuo, conforme apontado por estudos recentes sobre a cartografia geomorfológica. Esforços significativos têm sido dedicados à padronização dos processos de mapeamento do relevo no Brasil com pesquisadores interessados na área têm se reunido nos últimos anos através da proposta da criação de um novo Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR, 2022), uma iniciativa coordenada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), pelo Serviço Geológico do Brasil (SBG/CPRM, 2022) e pela União da Geomorfologia Brasileira (UGB) (CEN/SBCR, 2022). O objetivo é criar diretrizes que orientem o mapeamento de diferentes formas de relevo em diversas escalas. Grupos de Trabalho especializados, como o GT Subsistema Relevo Tecnogênico, já publicou diretrizes para mapeamento deste tema no Brasil, como o documento "Diretrizes para mapeamento de formas de relevo tecnogênicas no Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo (SBCR), (Moura et al, 2023).

Com isso em mente, a proposta deste trabalho é responder a três questões principais: quais elementos do relevo podem e devem ser representados na escala de 1:250.000, como será a classificação dos elementos na legenda elaborada e quais técnicas de geoprocessamento são adequadas para a realização de mapeamentos em escala regional.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

A pesquisa usa dados secundários (criação de base de dados) e a metodologia baseia-se na no processamento de informações através de um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

A base de dados inclui informações essenciais para a análise do relevo e a metodologia tem como elemento principal a geomorfometria como sustentação dos processos operacionais utilizando imagens de radar provinda da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) (NASA, 2024), como Modelo Digital de Elevação (MDE). Após consolidar a eficiência da base de dados através de testes no ambiente SIG, especificamente no QGIS (QGIS Development Team, 2023), o mapa morfométrico foi desenvolvido.

A metodologia proposta envolve a reclassificação do relevo em termos de dissecação vertical e horizontal, utilizando diversas ferramentas para a correção de defeitos e a inversão do modelo digital de elevação (MDE). Primeiramente, a ferramenta R.FILL.DIR, disponível na extensão GRASS (GRASS Development Team, 2024) do QGIS, é empregada para corrigir defeitos no MDE, gerando uma camada sem depressões. Em seguida, essa camada é invertida na calculadora raster multiplicando o MDE corrigido por -1 para uma análise mais detalhada.

Após a correção e inversão do MDE, as informações de Direção de Fluxo são extraídas usando novamente a ferramenta R.FILL.DIR. Qualquer parte da imagem raster sem informação é corrigida com a ferramenta "Preencher sem dados". A partir dessa camada corrigida, a ferramenta R.WATERSHED gera a camada de Meias Bacias, que é transformada em uma camada vetorial utilizando a ferramenta r.to.vect.

Em seguida, a ferramenta de Estatísticas Zonais atribui os valores de altimetria do MDE sem depressões à tabela de atributos da camada vetorial de Meias Bacias, extraindo a informação "intervalo" do MDE, representando a Dissecação Vertical. Para calcular a Dissecação Horizontal, cria-se um novo campo na tabela de atributos chamado Área, configurado como Número Inteiro - 64 bit com Comprimento do Campo de Saída igual a 20, e usando a função \$area. Outro campo para o Perímetro é criado da mesma forma, usando a função \$perimeter.

A Dissecação Horizontal é calculada dividindo o Perímetro por 2 e, em seguida, calculando a largura média da bacia dividindo o Perímetro pela Área. Cria-se um campo adicional para a Dissecação Vertical (DV) com a informação de "intervalo" e outro para a Dissecação Horizontal (DH) com a Largura Média. Estas informações são então

reclassificadas conforme a metodologia de Ross (1994), conforme postulado por OpenGis (2020):

Para Dissecação Horizontal:

CASE

WHEN "DH" < 250 THEN 5

WHEN "DH" >= 250 and "DH" < 750 THEN 4

WHEN "DH" >= 750 and "DH" < 1750 THEN 3

WHEN "DH" >= 1750 and "DH" < 3750 THEN 2

WHEN "DH" >= 3750 THEN 1

END.

Para Dissecação Vertical:

CASE

WHEN "DV" < 20 THEN 10

WHEN "DV" >= 20 and "DV" < 40 THEN 20

WHEN "DV" >= 40 and "DV" < 80 THEN 30

WHEN "DV" >= 80 and "DV" < 160 THEN 40

WHEN "DV" >= 160 THEN 50

END.

Com estas informações na tabela de atributos, calcula-se o Índice de Dissecação do Relevo somando DH por Ross e DV por Ross. A camada vetorial de Meias Bacias é então convertida novamente em raster, utilizando o Índice de Dissecação recém-criado e a extensão do arquivo vetorial.

Finalmente, atribuem-se aos valores do Índice de Dissecação as classes da Matriz de Dissecação, ajustadas conforme a metodologia de Guimarães et al. (2017), garantindo que a análise geomorfométrica seja precisa e adequada à realidade do relevo da área de estudo.

REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico aborda a cartografia geomorfológica em escala regional, enfatizando a taxonomia proposta por Ross em 1992. Ele delineou uma classificação de compartimentos do relevo em diversos táxons, desde unidades morfoestruturais até formas de processos atuais, e correlacionou esses táxons com escalas cartográficas apropriadas. Isso possibilita uma análise geomorfológica mais precisa e orienta a escolha

de escalas para interpretação dos processos geomorfológicos. Ross (1992) estabelece uma conexão explícita entre os níveis taxonômicos do relevo e as escalas cartográficas apropriadas para sua representação.

Argento (1994, p. 368) destaca que "a metodologia do mapeamento geomorfológico se baseia na organização dos fenômenos mapeados, seguindo uma taxonomia que deve estar alinhada a uma determinada escala cartográfica", evidenciando a importância de compreender qual táxon deve ser mapeado e, conseqüentemente, qual escala deve ser utilizada.

Segundo Argento (1994), o mapeamento geomorfológico dos dois primeiros táxons, tem como escala ideal 1:1.000.000 e 1:500.000, respectivamente, enquanto para os táxons de terceiro a sexto, as escalas devem ser iguais ou menores que 1:100.000. No entanto, a correlação entre escala e taxonomia apresenta desafios para mapeamentos que não se enquadram nessa configuração, como é o caso do mapeamento geomorfológico regional em escala de 1:250.000, por exemplo.

Essa discrepância entre o segundo e o terceiro táxon da proposta de Ross (1992) abre uma possível lacuna espacial geomorfológica, cuja exploração e análise serão abordadas nesta pesquisa.

Ademais, a discussão sobre a evolução do mapeamento do relevo se faz necessária, analisando as produções antigas e as dificuldades encontradas desde seus primórdios no século XX já que, conforme postulado por Rodrigues et al (2023), os desafios na produção de mapas geomorfológicos com bases científicas sólidas são evidentes até hoje, diferentemente da geologia ou da pedologia, que foram capazes de estabelecer critérios e métodos para gerar representações mais uniformes de seus objetos de estudo. Apesar do avanço tecnológico, persistem dificuldades na automatização de mapeamentos de maiores escalas, mas os maiores desafios atuais são relacionados à padronização de legendas e metodologias. (Rodrigues et al, 2023).

A relevância da geomorfometria como metodologia no mapeamento do relevo é destaque, pois fornece uma abordagem detalhada e integrada para análise geomorfológica. A combinação de técnicas avançadas de quantificação com Modelos Digitais de Elevação, possibilita uma compreensão mensurável dos processos que acometem a superfície fazendo com que a representação de elementos morfométricos e morfológicos possa ser mais clara, porém a inclusão de aspectos morfoestruturais e morfodinâmicos se mostra desafiadora, levando à sobreposição de camadas no mapeamento, o que exige a definição de um fundo como base. Daí a relevância da

padronização de métodos de interpretação e técnicas de representação na cartografia geomorfológica em escala regional. Essa uniformização permite estabelecer correlações eficazes entre diferentes regiões geomorfológicas. Como colocado por Neto e Ferraro (2018, p. 268):

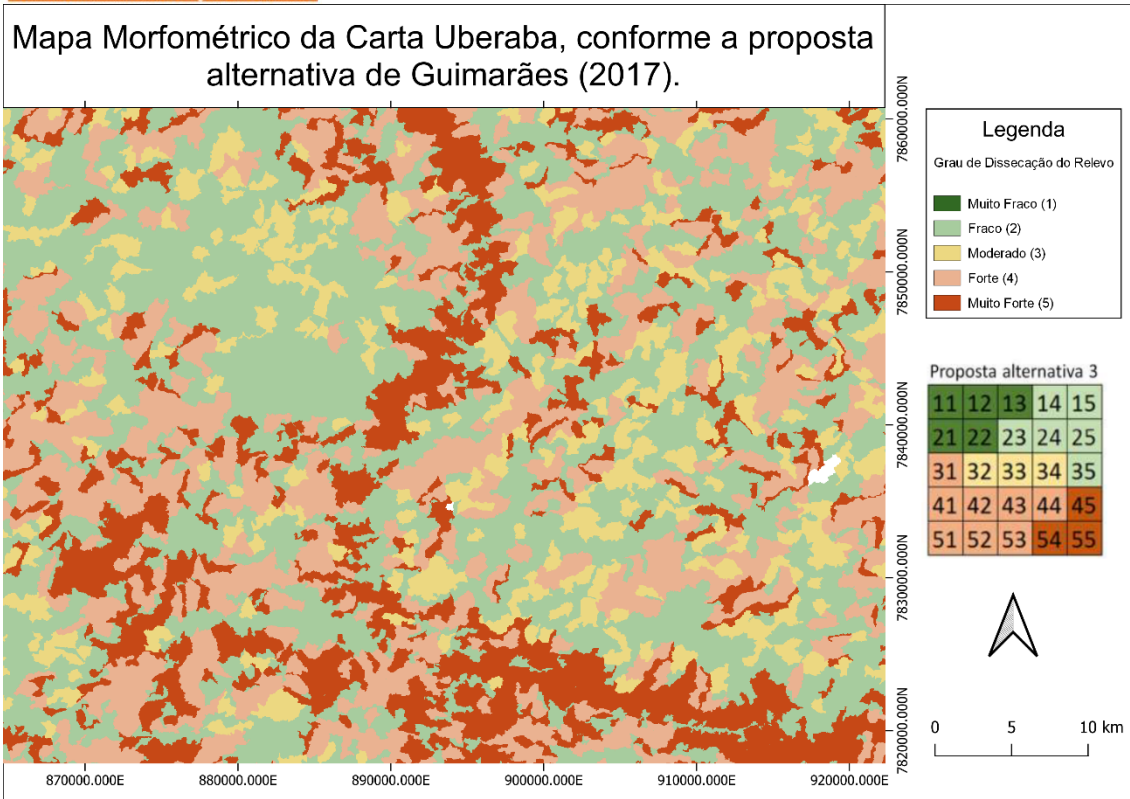
As representações regionais admitem certa generalização da informação, mas também exigem uma organização normativa que seja capaz de definir de forma resoluta as prioridades de representação e a forma pela qual a informação será obtida e organizada. Nesse sentido, é salutar que a cartografia geomorfológica em escala regional seja construída a partir de um princípio de uniformização dos métodos de interpretação e técnicas de representação, fundamental no estabelecimento de correlações regionais proficientes, correlações estas que dependem, indubitavelmente, das iniciativas de coberturas de grandes áreas, referenciadas em espacialidades que refletem, de fato, a manifestação de diferentes regiões geomorfológicas [...].

Por último, a aplicação do Índice de Dissecação do Relevo, elaborado por Ross em 1994, emerge como uma contribuição essencial, fornecendo uma estrutura teórica e metodológica. Este índice resume a morfometria do relevo ao mensurar o nível de entalhamento dos vales em uma determinada região. Para a melhor aplicação da metodologia, utilizou-se a versão alterada da classificação de classes de dissecação do relevo conforme Guimarães et al (2017), que propõe uma reavaliação das classes conforme a área a ser mapeada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos são parciais, pois a pesquisa ainda está em andamento. No entanto, já foi possível desenvolver um mapa morfométrico utilizando a metodologia alternativa proposta por Guimarães et al. (2017) feita a partir da Matriz do Grau de Dissecação de Ross (1994), aplicada à área da carta Uberaba. Este mapa (Figura 1) representa a aplicação prática do Índice de Dissecação do Relevo de Ross com a alteração proposta por Guimarães, permitindo uma análise detalhada da morfometria da região, conforme verificado no mapa abaixo:

Figura 1: Mapa Morfométrico da Carta Uberaba.



Fonte: A autora (2024).

O mapa morfométrico revela que a área abrangida pela carta Uberaba tem variados graus de dissecação, no entanto, a predominância das regiões está classificada nas classes Fraca (2) e Moderada (3) da matriz do índice de dissecação de Ross, na proposta alternativa utilizada. A predominância dessas classes sugere que o relevo da área estudada é levemente articulado, sem a presença de vales muito profundos e interflúvios bem definidos, exceto pela porção central e sul, onde o grau de dissecação é maior.

A aplicação do Índice de Dissecação do Relevo demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a análise geomorfológica, permitindo identificar e quantificar o grau de dissecação da paisagem. Este resultado parcial fornece uma base sólida para futuras etapas da pesquisa, onde se pretende aprofundar a análise e expandir o mapeamento para incluir outras características geomorfológicas da região.

A criação do mapa morfométrico e a aplicação da metodologia alterada de Ross confirmam a utilidade desse índice na compreensão da evolução do relevo e na avaliação dos processos erosivos. Continuar a pesquisa permitirá refinar ainda mais os dados e contribuir para o desenvolvimento de diretrizes mais precisas e eficazes para o mapeamento geomorfológico em escalas regionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A classificação do relevo utilizando técnicas morfométricas são essenciais quando urge a necessidade da realização de mapeamentos de grandes áreas e a aplicação do IDR demonstrou ser uma ferramenta eficaz para a análise geomorfológica, fornecendo uma base sólida para a compreensão da dinâmica evolutiva do relevo e a avaliação dos processos erosivos da área. O uso das ferramentas no ambiente SIG também facilitam em muito o processo do mapeamento e contando com a união dessas duas técnicas, o mapeamento do relevo pode ser ainda mais preciso e verossímil.

Os resultados parciais obtidos até o momento são significativos para a realização dessa pesquisa, que contribui significativamente para o avanço do conhecimento na área de geomorfologia, evidenciando a importância da padronização de métodos e técnicas de mapeamento em escalas regionais.

Palavras-chave: Cartografia do Relevo, Índice de Dissecação do Relevo, Geomorfometria.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento à FAPEMIG PCE00225/24 pelo apoio financeiro na participação do evento.

REFERÊNCIAS

ARGENTO, M. S. Mapeamento geomorfológico. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). *Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos*. 7. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007. p. 365-391.

CHORLEY, R. J. Climate and morphometry. *Journal of Geology*, v. 65, p. 628-638, 1957.

CEN/SBCR. Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo: proposta para padronização dos processos de mapeamento do relevo no Brasil. Brasília, 2022.

GUIMARÃES, F. S.; CORDEIRO, C. M.; BUENO, G. T.; CARVALHO, V. L. M.; NERO, M. A. Uma proposta para automatização do índice de dissecação do relevo. *Revista Brasileira de Geomorfologia* (Online), São Paulo, v. 18, n. 1, p. 155-167, jan./mar. 2017.

HENGL, T.; EVANS, I. S. Mathematical and digital models of the land surface. In: HENGL, T.; REUTER, H. I. (Org.). *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications*. 1. ed. Amsterdam: Elsevier, 2009. p. 31-65.

MARQUES NETO, R.; FERRARO, B. V. Cartografia geomorfológica regional e morfogênese: contribuições metodológicas. *Revista Brasileira de Geomorfologia* (Online), São Paulo, v. 19, n. 2, p. 267-281, abr./jun. 2018. Disponível em:

<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1267>. Acesso em: 27 out. 2023.

NASA. *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global*. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em: 12 jul. 2024.

OPENGIS. Índice de dissecação do relevo (IDR), entalhamento dos vales e dimensão interfluvial média no QGIS 3. *YouTube*, 25 ago. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=FbD8Ig6JJqo&t=1602s>. Acesso em: 12 jul. 2024.

REDDY, G. P. O. Remote sensing and GIS for geomorphological mapping. In: REDDY, G.; SINGH, S. (Eds.). *Geospatial Technologies in Land Resources Mapping, Monitoring and Management*. Cham: Springer, 2018. v. 21. p. 223-252.

RODRIGUES, S. C.; AUGUSTIN, C. H. 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, p. 1-31, 2023. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1267>. Acesso em: 28 out. 2023.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 8, p. 63-74, 1994.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. *Revista do Departamento de Geografia*, São Paulo: Edusp, v. 6, n. 6, p. 17-30, 1992.

SILVA, T. I.; RODRIGUES, S. C. Elaboração de um tutorial de cartografia geomorfológica como alternativa para o ensino de geomorfologia. *Revista Geografia Acadêmica*, Boa Vista, v. 3, n. 2, p. 85-94, 2009.

QGIS Development Team. QGIS Geographic Information System. Versão 3.28.14. Open Source Geospatial Foundation Project, 2024. Disponível em: <https://qgis.org>. Acesso em: 12 jul. 2024