

UNIDADES DE RELEVO DO NOVO MAPA GEOMORFOLÓGICO DO PARANÁ: AVANÇO NA ESCALA E TÁXON

LANDFORMS OF THE NEW GEOMORPHOLOGICAL MAP OF PARANÁ: ADVANCEMENT IN SCALE AND TAXON

UNIDADES DE RELIEVE DEL NUEVO MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL PARANÁ: AVANCE EN ESCALA Y TAXÓN

RESUMO

É proposto e apresentado as unidades de relevo do novo Mapa Geomorfológico do Paraná, que contemplam um avanço na escala e no táxon geomorfológico, cuja representação é por meio de padrões de formas do relevo. O método utilizou um Modelo Digital do Terreno (MDT) para a obtenção de quatro variáveis geomorfométricas: amplitude altimétrica, declividade, média da declividade e índice de posição topográfica, que foram combinadas para a identificação de classes de mapeamento. O cálculo das variáveis foi realizado por meio de janelas móveis, cujo raio de abrangência variou conforme o comprimento médio das vertentes das unidades de relevo. Foram classificados 16 padrões de formas do relevo no mapeamento geomorfológico do estado do Paraná: 1) Colinas Suaves; 2) Colinas; 3) Colinas Onduladas; 4) Feições dissecadas entre colinas; 5) Morrotes; 6) Morros; 7) Morros Dissecados; 8) Morros Elevados; 9) Morros Alongados Estruturais; 10) Serras Montanhosas Baixas; 11) Serras Montanhosas Altas; 12) Serras de Bordas de Planaltos; 13) Patamares Dissecados e Cânions; 14) Planície Fluvio-marinha; 15) Planície Fluvial e 16) Rampas Coluvionares. Essas unidades de relevo foram compatibilizadas com a escala de representação do quarto táxon geomorfológico, na escala cartográfica 1:100.000. O método foi condizente à escala, às características geomorfológicas, à representação pretendida e, depois de submetido a um conjunto de expedições de campo, no qual foram percorridos cerca de 9000 km em vias terrestres, com coleta de 225 pontos amostrais durante um conjunto de viagens de campo, demonstrou fidedignidade com o nível de representação desejado, denotando a exequibilidade do método.

Palavras-chave: Geomorfometria; Mapeamento geomorfológico; Modelo Digital do Terreno; Taxonomia geomorfológica; Classificação do relevo.

ABSTRACT

It is proposed and presented the landforms of the new Geomorphological Map of Paraná, which contemplate an advance in the scale and in the geomorphological taxon, whose representation is through patterns of landforms. The method used a Digital Terrain Model (DTM) to obtain four geomorphometric variables: altimetric amplitude, slope, average slope and topographic position index, which were combined to identify mapping classes. The calculation of the variables was carried out by means of movable windows, whose radius of neighbourhood varied according to the average length of the slopes of the landforms. Sixteen patterns of landforms were classified in the geomorphological mapping of the state of Paraná: 1) Flat Low Hills; 2) Low Hills; 3) Steep Low Hills; 4) Terrain dissected between hills; 5) Hills; 6) High Hills; 7) Dissected Hills; 8) Steep High Hills; 9) Elongated Structural Hills; 10) Low Mountains; 11) High Mountains; 12) Plateau Edges; 13) Dissected Plateaus and Canyons; 14) Fluvio-marine Plain; 15) Fluvial Plain and 16) Colluvial Ramps. These relief units were made compatible with the representation scale of the fourth geomorphological taxon, on a cartographic scale of 1:100,000. The method was consistent with the scale, the geomorphological characteristics, the intended representation and, after being subjected to a set of field expeditions, in which about 9000 km were covered on land roads, with the collection of 225 sample points during a set of trips field, demonstrated reliability with the desired level of representation, denoting the feasibility of the method.

Keywords: Geomorphometry; Geomorphological mapping; Digital Terrain Model; Geomorphological taxonomy; Landform classification.

 Claudinei Taborda da Silveira ^a
 Ricardo Michael Pinheiro
Silveira ^b
 Willian Bortolini ^a
 Victor Pierobom de Almeida ^a

^a Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil

^b Universidade Federal de Rondonópolis (UFR), Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil

DOI: 10.12957/geouerj.2023.74576

Correspondência:

claudineits78@gmail.com
ricardomichaelps@gmail.com
willianbortolini@gmail.com
pierobomvictor@gmail.com

Recebido em: 30 mar. 2023

Revisado em: 18 mai. 2023

Aceito em: 13 jun. 2023



RESUMEN

Se proponen y presentan las unidades de relieve del nuevo Mapa Geomorfológico de Paraná, que contemplan un avance en la escala y en el taxón geomorfológico, cuya representación es a través de patrones de formas de relieve. El método utilizó un Modelo Digital del Terreno (MDT) para obtener cuatro variables geomorfométricas: amplitud altimétrica, pendiente, pendiente promedio e índice de posición topográfica, que se combinaron para identificar las clases de mapeo. El cálculo de las variables se realizó mediante ventanas móviles, cuyo radio de cobertura varió de acuerdo con la longitud promedio de los taludes de las unidades de relieve. Dieciséis patrones de relieve fueron clasificados en el mapeo geomorfológico del estado de Paraná: 1) Colinas bajas; 2) Colinas; 3) Colinas onduladas; 4) Relieve disecado entre colinas; 5) Cerros bajos; 6) Cerros; 7) Cerros disecados; 8) Cerros Altos; 9) Cerros Estructurales Alargados; 10) Montañas Bajas; 11) Montañas Altas; 12) Sierras de borde de altiplanos; 13) Mesetas de altiplanos y Cañones Diseccionados, 14) Llanura Fluvio-marina; 15) Llanura Fluvial y 16) Rampas Coluviales. Estas unidades de relieve se compatibilizaron con la escala de representación del cuarto taxón geomorfológico, en una escala cartográfica de 1:100.000. El método fue acorde con la escala, las características geomorfológicas, la representación pretendida y, luego de ser sometido a un conjunto de expediciones de campo, en las que se recorrieron cerca de 9000 km por caminos terrestres, con la recolección de 225 puntos de muestreo durante un conjunto de viajes campo, demostró confiabilidad con el nivel de representación deseado, denotando la factibilidad del método.

Palabras-clave: Formas en relieve; cartografía geomorfológica; Modelo digital del terreno.



INTRODUÇÃO

Por muitos anos a compartimentação geomorfológica regional paranaense esteve amparada no reconhecimento de unidades de relevo com grandes dimensões, em destaque os cinco compartimentos estabelecidos por Maack (1968): Primeiro, Segundo e Terceiro Planaltos Paranaense, Serra do Mar e Litoral. Mais recentemente com a realização do Mapeamento Geomorfológico do Paraná, por Oka-Fiori *et al.* (2006) e Santos *et al.* (2006), na escala 1:250.000, que atende o terceiro táxon geomorfológico, foram obtidas 50 unidades de relevo. A partir desse trabalho foi ampliada a escala e obtidas às unidades dos padrões de formas do relevo, que são compreendidas com a equiparação ao quarto táxon geomorfológico de Ross (1992).

Quatro outros métodos com potencial emprego ao escopo da proposta foram inicialmente testados na tentativa de atender os objetivos estabelecidos: i) o índice de posição topográfica (IPT), de Weiss (2001), empregado na região central da Serra do Mar Paranaense por Silveira e Silveira (2016) e no Paraná por Silveira e Silveira (2017); ii) a classificação de Iwahashi e Pike (2007), que se utiliza de uma árvore de decisões com base em três variáveis morfométricas, aplicada por Silveira *et al.* (2014) no Paraná; iii) o método de Dikau (1991; 1995), automatizado por Reuter (2009), empregado no Paraná por Silveira e Silveira (2015) e na região central da Serra do Mar Paranaense por Silveira e Silveira (2016) e iv) a proposta de Jasiewicz e Stepinski (2013), que faz a classificação dos elementos de relevo por meio dos *geomorphons*, aplicado no Paraná por Silveira *et al.* (2018).

Verificou-se que os experimentos supra apresentados não atenderam satisfatoriamente o nível de representação pretendido para as unidades de mapeamento do quarto táxon, da forma pretendida, o que demandou o desenvolvimento de um método que, depois de submetido a extensivas avaliações em campo, atendeu aos objetivos.

O método demonstrou fidedignidade com a escala e nível de representação almejado. Nele foi realizada a combinação das variáveis geomorfométricas amplitude altimétrica, média da declividade e índice de posição topográfica, no qual se utilizou janelas móveis na análise matricial.

Suas primeiras aplicações foram empregadas em nível experimental por Bortolini *et al.* (2017), nas cartas Pato Branco (MI 2682) e Clevelândia (MI 2683), localizadas na região sudoeste do Paraná; por Gomes *et al.* (2018), na carta Campo Largo (MI 2841-4); por Bortolini *et al.* (2018), nas cartas Curitiba (MI 2842) e Cerro Azul (MI 2826) e por Bortolini e Silveira (2021), com emprego de segmentação multiresolucional no mapeamento digital de formas de relevo. Esses trabalhos realizados confirmaram a exequibilidade da proposta.

Diante do exposto, o presente trabalho resultou no novo Mapa Geomorfológico do Paraná, que aqui é apresentado no seu “estado da arte”, com vistas à representação da escala 1:100.000, que atende o quarto táxon geomorfológico, com a representação de unidades de padrões de formas de relevo.



MÉTODO

Foram seguidas sete etapas metodológicas para a classificação das unidades de relevo.

Etapa 1: Aquisição do MDT

Foi interpolado a partir do método Topogrid (HUTCHINSON, 1988), disponível no software ArcGIS 10.1, utilizando-se como dados vetoriais de entrada: curvas de nível, pontos cotados e hidrografia, advindos da base de dados das cartas topográficas na escala 1:50.000 e 1:25.000. A resolução espacial adotada para a grade matricial foi de 20 metros, considerando a proposta de Hengl(2006) e experimentos realizados na avaliação da compatibilidade de representação da base cartográfica.

Etapa 2: Obtenção das variáveis geomorfométricas

Foram calculados do MDT a declividade, o Índice de Posição Topográfica (IPT), a amplitude altimétrica e a média da declividade. A declividade foi calculada a partir de uma janela móvel 3×3 pixels, conforme as variáveis direcionais do modelo teórico de Horn (1981). A amplitude altimétrica se caracteriza como a diferença entre a altimetria máxima e mínima de determinada área, dada por um raio circular de tamanho determinado a partir da análise de uma série de perfis de vertentes. Apesar da extensão da vertente em perfil compreender a vertente, foi considerado na análise do MDT o comprimento da vertente em planta. O valor considerado para o raio circular foi o cálculo da moda do comprimento da vertente em planta para cada subunidade morfoescultural. A média da declividade é caracterizada como a média dos valores de declividade de uma determinada área, que, assim como a amplitude altimétrica, foi calculada a partir de um raio predefinido. O IPT, proposto por Wilson e Gallant (2000), caracteriza-se como a diferença entre a elevação de um pixel central (Z_0) e a média de elevação (\bar{Z}) do entorno (Equação 1). Para o cálculo da média de elevação foi utilizado um raio circular de 1 km.

$$IPT = Z_0 - \bar{Z} \text{ (equação 1)}$$

O procedimento de determinação do tamanho do raio para o cálculo das variáveis geomorfométricas foi realizado para cada uma das subunidades morfoesculturais, de Santos et al. (2006), presentes no estado, caracterizadas como 3º nível taxonômico. Cabe considerar que essas subunidades foram empregadas como unidades de relevo representativas das características morfológicas e morfométricas, nas quais foi considerado o valor da moda dos comprimentos de vertentes.

Etapa 3: Levantamento de campo

Foram realizadas diversas expedições de campo, no qual se estima o total de 9000km percorridos em vias terrestres. Essas atividades foram realizadas em diferentes etapas do trabalho. Num primeiro momento com o intuito de conhecer e discutir previamente as características do relevo, identificando os padrões



presentes, posteriormente foram visitados pontos amostrais para a conferência do mapeamento, os quais eram classificados a partir de suas características geomorfológicas correspondentes ao 4º táxon. Durante as expedições de campo foram coletadas fotos georreferenciadas representativas do relevo de 225 pontos amostrais, os quais foram descritos e ilustrados por fotos no nível do solo, e complementados com 25 voos realizados com um drone, modelo Phantom 3. Os pontos de campo serviram, ainda, como pontos de controle para a discretização das variáveis geomorfométricas e para a validação dos resultados. Desse modo, essa etapa foi importante para realizar a conferência dos padrões de formas de relevo, estabelecidos e cartografados.

Etapa 4: Discretização das variáveis

As classes de padrões de formas de relevo foram definidas a partir de observações de campo e interpretação visual do relevo sombreado. Posteriormente, a partir das variáveis geomorfométricas, para o mapeamento das colinas suaves, colinas, colinas onduladas, morrotes, morros, morros dissecados, morros elevados, cânions e/ou patamares com vales dissecados, feições dissecadas entre colinas, serras baixas, serras altas e rampas coluvionares, foram utilizadas as variáveis amplitude altimétrica e média da declividade.

Etapa 5: Integração das variáveis para o mapeamento dos padrões de forma de relevo

A combinação das variáveis por meio de álgebra de mapas resultou na identificação das unidades de mapeamento. Para a detecção das planícies fluviais, foram utilizadas as variáveis geomorfométricas IPT e declividade. O IPT foi discretizado em duas classes (<0 e >0). A declividade, por sua vez, foi discretizada também em duas classes, $<3\%$ e $>3\%$. Estes critérios foram utilizados para toda a área do estado do Paraná. As áreas de IPT abaixo do valor de 0 e com baixa declividade (abaixo de 3%) foram combinadas por álgebra de mapas, delimitando-se, assim, as planícies fluviais. Após a integração e combinação das variáveis geomorfométricas, foi aplicado um filtro que removeu agrupamentos de até 2500 *pixels* (ou 1 km²). A aplicação do filtro está vinculada à hierarquia taxonômica pretendida pelo mapeamento, sendo o valor do filtro definido com base na dimensão das unidades categorizadas de relevo proposta por Dikau (1989).

Etapa 6: Implementação de ajustes

Foram realizadas edições manuais no mapeamento obtido, visando a incorporação de pequenas porções de padrão de relevo ao padrão do seu entorno, por possuírem características semelhantes; o ajuste de áreas de contato entre padrões de relevo, que apresentaram limites que cortam as vertentes; e ajuste de áreas classificadas como determinado padrão de relevo que abrange apenas uma face de vertente. Esses ajustes foram realizados a partir de interpretação visual do relevo sombreado.

Etapa 7: Elaboração do mapa geomorfológico



Corresponde à construção do mapa na escala 1:100.000 e à construção da legenda representativa, onde cada padrão de forma de relevo foi representado por polígonos, diferenciados por cores e por intensidade.

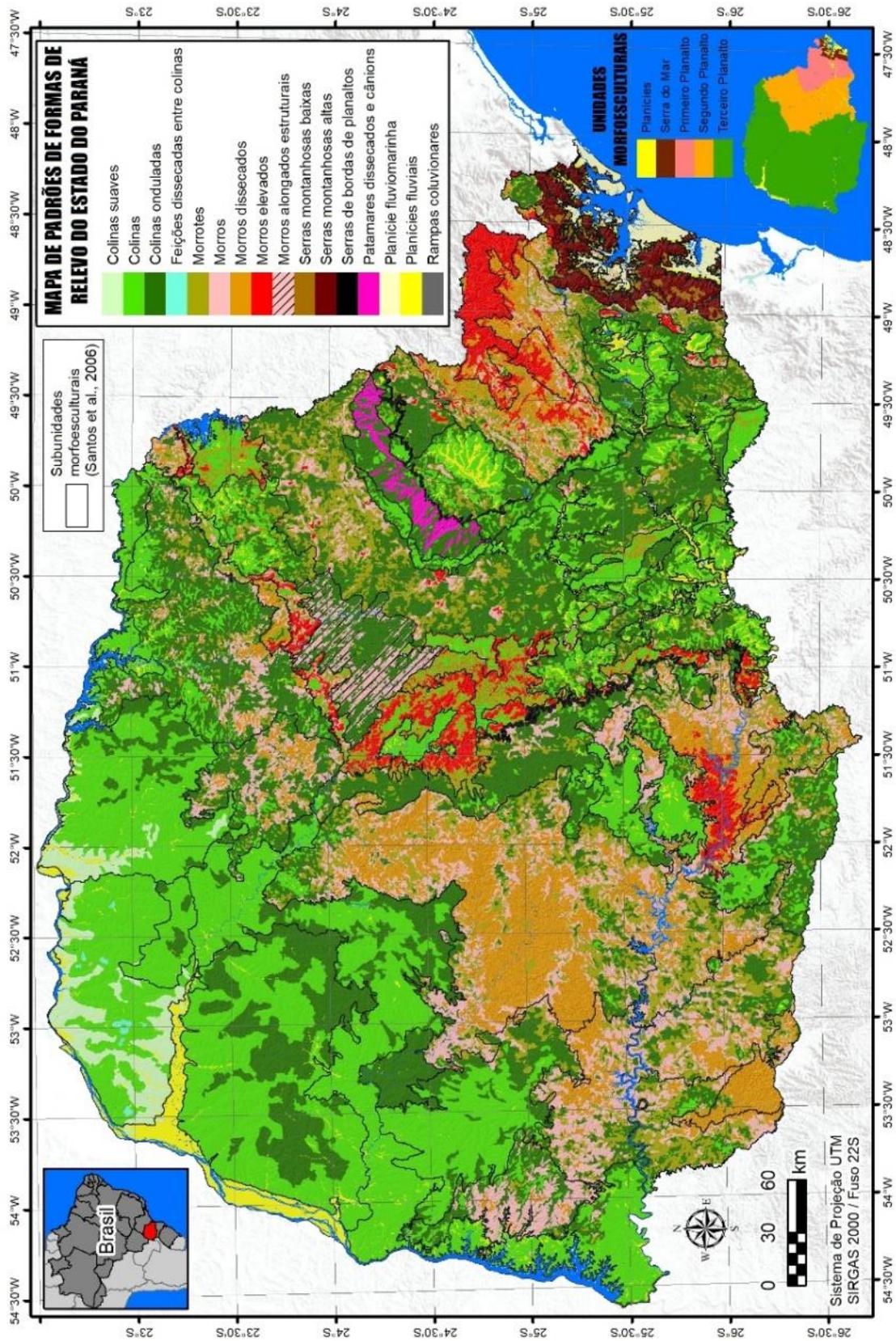
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram classificados 16 padrões de formas de relevo no Paraná, que compõem o novo Mapa Geomorfológico do Paraná: 1) Colinas Suaves; 2) Colinas; 3) Colinas Onduladas; 4) Feições dissecadas entre colinas; 5) Morrotes; 6) Morros; 7) Morros Dissecados; Morros Elevados; 9) Morros Alongados Estruturais; 10) Serras Montanhosas Baixas; 11) Serras Montanhosas Altas; 12) Serras de Bordas de Planaltos; 13) Patamares Dissecados e Cânions; 14) Planície Fluvio-marinha; 15) Planície Fluvial e 16) Rampas Coluvionares (Figura 1).

As distintas unidades que configuram os padrões de formas de relevo estão distribuídas nas unidades morfoesculturais paranaenses do seguinte modo:

No Primeiro Planalto ocorreram oito padrões de formas do relevo: colinas, colinas onduladas, morrotes, morros, morros dissecados, morros elevados, escarpa e planície fluvial.

No Segundo Planalto foram identificados nove tipos padrões de formas do relevo: colinas, colinas onduladas, morrotes, morros, morros elevados, escarpa, planície fluvial, morros alongados estruturais e patamares dissecados e cânions.





No Terceiro Planalto foram identificados nove distintos padrões de formas do relevo: colinas suaves, colinas, colinas onduladas, morrotes, morros, morros dissecados, morros elevados, planície fluvial e feições dissecadas entre colinas.

Na Serra do Mar constam os seguintes padrões: colinas onduladas, morrotes, morros, planície fluvial, planície fluviomarinha, rampas coluviais, serras altas e serras baixas.

Na unidade morfoescultural de Planícies duas classes estão presentes: planície fluvial e planície fluviomarinha, ambas com gênese agradacional.

As colinas e colinas onduladas foram os padrões de relevo mais comumente encontrados no território do Paraná, somando mais da metade da área do estado, pois ocupam, respectivamente, 26,3% e 28,1%. As colinas suaves ocorrem de modo restrito, apenas no compartimento do Terceiro Planalto (SANTOS et al., 2006), nas regiões norte e noroeste do Paraná, cuja representação em área no estado é de 2,2%. A unidade das feições dissecadas entre colinas ocorreu exclusivamente na região noroeste do Paraná, na margem direita do rio Ivaí.

Foram classificadas quatro distintas classes com padrões de morros, que somam a representatividade de 23,3% do território do estado, sendo: a) os morros, que representam 10,3%, b) os morros dissecados, com 8,7%, c) os morros elevados, com 3,5% e d) os morros alongados estruturais, com 0,8%.

Empregou-se na classificação a terminologia de serra montanhosa, exclusivamente utilizada para as unidades de relevo que compreendem a feição de destaque da borda leste, entre o Primeiro Planalto Paranaense e litoral, cujo relevo já foi tratado como uma serra marginal típica em Maack (1968) e Bigarella (1978), pois apresenta elevado desnível para ambas as faces, leste e oeste. As serras montanhosas foram distintas em dois diferentes padrões de formas: serras montanhosas baixas e serras montanhosas altas, a primeira classe com área de 707km² e a segunda com 2.161km².

Os Patamares Dissecados e Cânions são restritos em uma área específica do Segundo Planalto, cujo controle estrutural é feito pelo enxame de diques do Arco de Ponta Grossa influenciados pelo Formação Furnas, cujo processo de resistência à denudação diferencial entre ambas matérias, resulta na expressão morfológica da unidade.

As planícies foram subdivididas em duas categorias: planície fluviomarinha e planícies fluviais. No contexto litorâneo, a formação da planície fluviomarinha está associada a ciclos transgressivo/regressivos do Quaternário nos dois últimos períodos glaciais (ANGULO, 2004) e ao sistema de drenagem vinculado ao complexo estuarino de Paranaguá e Guaratuba, que recebem o material erodido das montanhas da Serra do Mar. Quanto às planícies fluviais, têm gênese agradacional associada aos grandes rios do estado, destacando-se os rios Iguaçu, Tibagi, Ivaí e Paraná.



Em relação às rampas coluvionares, cujo termo foi proposto inicialmente por Bigarella e Mousinho (1965), caracterizam-se como modelado de acumulação, em áreas planas ou embaciadas, resultante da convergência de leques coluviais, cones de dejeção ou da concentração de depósitos de enxurradas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contribuição oferecida em amplo aspecto, em especial sob a óptica de inovação, foi a ampliação da escala e avanço hierárquico na expressão do táxon no mapeamento geomorfológico do estado do Paraná, lançando-se à escala 1:100.000. A complexidade na identificação de unidades inerente ao objeto complexo de representação, que é o relevo, requer esforço de abstração, critérios estabelecidos que permitam sua replicação e clareza na escala que represente padrões de formas de relevo.

Assim, as 16 classes apresentadas (e propostas) para a composição do novo mapa geomorfológico do Paraná são unidades de relevo apresentadas como equivalentes ao quarto táxon geomorfológico e que poderão no futuro contribuir com o atual debate e na formulação do Sistema Brasileiro de Classificação de Relevos (SBCR), iniciado no ano de 2019 e que está em desenvolvimento, com a participação conjunta de dezenas de especialistas em cartografia geomorfológica do país, representando diversas universidades brasileiras e das instituições IBGE, CPRM e UGB.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo recurso de fomento ao projeto de pesquisa “Desenvolvimento Metodológico e Aplicações Modelagem Digital do Terreno no Mapeamento Geomorfológico”, **Processo: 434343/2018-8**. À CAPES pela concessão das **bolsas PROEX** de mestrado e doutorado para os discentes, por meio do Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPR.

REFERÊNCIAS

- ANGULO, R. J. **Mapa do Cenozóico do Litoral do Paraná**. Boletim Paranaense de Geociências, Editora UFPR. n. 55, p. 25-42, 2004.
- BIGARELLA, J.J; BECKER, R.D; MATOS, D.J.; WERNER, A. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná: Um problema de segurança ambiental e nacional**. Secretaria do Estado do Planejamento do Paraná: Curitiba. 1978.
- BIGARELLA, João José; MOUSINHO, Maria Regina. Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvios e várzeas. Boletim Paranaense de Geografia, Curitiba. n. 16/17, p. 153-197. 1965.
- BORTOLINI, W.; SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P.; SILVA, J. M. F. Técnicas geomorfométricas para o mapeamento de padrões de relevo: aplicação nas cartas Curitiba e Cerro Azul, estado do Paraná. **Revista do Departamento de Geografia da USP**, v. 36, p. 15-32, 2018. DOI: 10.11606/rdg.v36i0.144285
- BORTOLINI, W; SILVEIRA, C. T. Emprego de segmentação multiresolucional no mapeamento digital de formas de relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 24, 2021.
- BORTOLINI, W; SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P. Emprego de técnicas geomorfométricas na identificação de padrões de relevo. **Revista Ra'e Ga**, v. 41, p. 131-150, 2017. DOI: 10.5380/raega.v41i0.51724



- DIKAU, R. The application of a digital relief model to landform analysis. In: RAPER, J. F. (Ed.), **Three Dimensional Applications in Geographical Information Systems**. Taylor & Francis, London, p.51-77, 1989.
- DIKAU, R.; BRABB, E. E.; MARK, R. K.; PIKE, R. J. Morphometric landform analysis of New Mexico. **Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband**. v. 101, p. 109-126, 1995.
- DIKAU, R.; BRABB, E. E.; MARK, R. M. **Landform Classification of New Mexico by Computer**. Open File report 91-634. U.S. Geological Survey, 1991.
- GOMES, S.M.A; SILVEIRA, R.M.P.; SILVEIRA, C.T. Aplicação de técnicas geomorfométricas para classificação de formas do relevo em Campo Largo, estado do Paraná - Brasil. **Revista Geografar**, v. 13, n. 1., p. 75-97, 2018.
- HENGL, T. Finding the right pixel size. **Computers & Geosciences**. v. 32, p. 1283-1298, 2006.
- HORN, B. K. P. Hill shading and the reflectance map. **Proceedings of the IEEE**, n. 69, v.01, p. 14-47, 1981.
- HUTCHINSON, M. F. Calculation of hydrologically sound digital elevation models. **Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling at Sydney**, Australia, 1988.
- IWAHASHI, J.; PIKE, R.J. Automated classification of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. **Geomorphology**.v. 86, p. 409-440, 2007.
- JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. F. Geomorphons a Pattern Recognition Approach to Classification and Mapping of Landforms. **Geomorphology**, v. 182, p. 147-156, 2013. DOI: 10.1016/j.geomorph.2012.11.005
- MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Estado do Paraná, Universidade Federal do Paraná e Instituto de Geologia e Pesquisas Tecnológicas, 1968.
- OKA-FIORI, C., SANTOS, L.J.C., CANALI, N.E., FIORI, A.P., SILVEIRA, C.T., SILVA, J.M.F., ROSS, J.L.S. **Atlas geomorfológico do estado do Paraná: Escala base 1:250.000 modelos reduzidos 1:500.000**. Curitiba, Minerais do Paraná SA. - MINEROPAR; Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 59p.
- REUTER, H. I. (eds.) **Geomorphometry - Concepts, Software, Applications**, Series Developments in Soil Science, Amsterdam: Elsevier, v. 33, p. 3-30, 2009.
- ROSS, J. S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. **Rev. Geografia**. São Paulo, IG-USP, p. 17-29, 1992.
- SANTOS, L. J. C. et al. Mapeamento Geomorfológico do Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Ano 7, n. 2. p. 03-11. 2006.
- SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P. Índice de Posição Topográfica (IPT) para classificação geomorfométrica das formas de relevo no estado do Paraná - Brasil. **Revista Ra'e Ga**, v. 41, p. 98-130, 2017. DOI: 10.5380/raega.v41i0.51674.
- SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L.E.S. Classificação automatizada de elementos de relevo no estado do Paraná (Brasil) por meio da aplicação da proposta dos *geomorphons*. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n.01, p. 33-57, 2018. DOI: 10.20502/rbg.v19i1.1263.
- SILVEIRA, R. M. P. **Análise digital do relevo como apoio para a cartografia geomorfológica da porção central da Serra do Mar Paranaense**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná (Programa de Pós-Graduação em Geografia). Curitiba, 2015. 123 p.
- SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. Análise digital do relevo aplicada à cartografia geomorfológica da porção central da Serra do Mar Paranaense. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, nº 4, 615-629, 2016. DOI: 10.20502/rbg.v17i4.1063.
- SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. Classificação hierárquica automatizada de formas do relevo no estado do Paraná apoiada na modelagem digital do terreno. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 05, p. 1509-1523, 2015.
- SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T. Método geomorfométrico para mapeamento de leques aluviais. **Geosul**, v. 35, p. 66-86, 2020.



SILVEIRA, R. M. P.; SILVEIRA, C. T.; OKA-FIORI, C. Emprego de técnicas de inferência espacial para identificação de unidades de relevo apoiado em atributos topográficos e árvore de decisão. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 1, 87-101, 2014. DOI: 10.20502/rbg.v15i1.433.

WEISS, A. **Topographic Position and Landforms Analysis**. Poster presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA, 2001.

WILSON, J. P. Digital terrain modelling. **Geomorphology**. v. 137, p. 107-121, 2012. DOI: 10.1016/j.geomorph.2011.03.012

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. (eds.). **Terrain analysis: principles and applications**. New York: John Wiley & Sons, p.1-27, 2000.