



ANÁLISE SEMIAUTOMATIZADA DE GEOMORPHONS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SOTURNO-RS

George Gabriel Schnorr¹

Fabiano Dal Ongaro²

Lucas da Silva Ribeiro³

Luís Eduardo de Souza Robaina⁴

RESUMO

O mapeamento das características do relevo permite uma série de análises que podem ser voltadas para a compressão dos processos que ocorreram no passado, bem como utilizadas como subsídio a ações de planejamento territorial. O presente trabalho visa a aplicação da metodologia dos *geomorphons* à análise das características físicas da Bacia Hidrográfica do Rio Soturno (BHRS), centro do Rio Grande do Sul. Dessa forma, a metodologia utilizada baseia-se na classificação do relevo em 10 diferentes elementos por meio do comando *r.geomorphon*, no *software* GrassGIS, a partir da entrada de um MDE. No presente trabalho, utilizou-se de um produto com 30 metros de resolução espacial derivado da missão SRTM. Por meio da aplicação da metodologia proposta, destaca-se a predominância de elementos que marcam a transição entre o Planalto sob a Formação Serra Geral e a Depressão Periférica. Dessa forma, os elementos encosta, vale, crista e crista secundária ocupam mais de 60% da área total da bacia. As diferentes características físicas condicionam variedade no uso e ocupação da terra, principalmente quando relacionado ao cultivo agrícola. A aplicação da metodologia de classificação dos elementos do relevo por meio dos *geomorphons* pode ser utilizada como ferramenta de apoio a políticas voltadas ao planejamento e ordenamento territorial, uma vez que permitiu a classificação das principais características físicas da área de estudo.

INTRODUÇÃO

A superfície do planeta é estruturada em formas de relevo que são resultado da influência acumulada de processos geomórficos, geológicos, hidrológicos, ecológicos e de formação do solo que atuaram sobre ela ao longo do tempo (MACMILLAN e SHARY, 2009). A possibilidade de mapeamento e caracterização dessas feições permite a compreensão dos processos pretéritos, bem como pode subsidiar a gestão e o planejamento territorial.

¹ Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, giorgeschnorr@gmail.com;

² Mestrando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, fabiano.on.ufsm@gmail.com;

³ Doutorando do Curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, lucassilvaribeiro12@gmail.com;

⁴ Prof. Dr. do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria - UFSM, lesrobaina@yahoo.com.br;



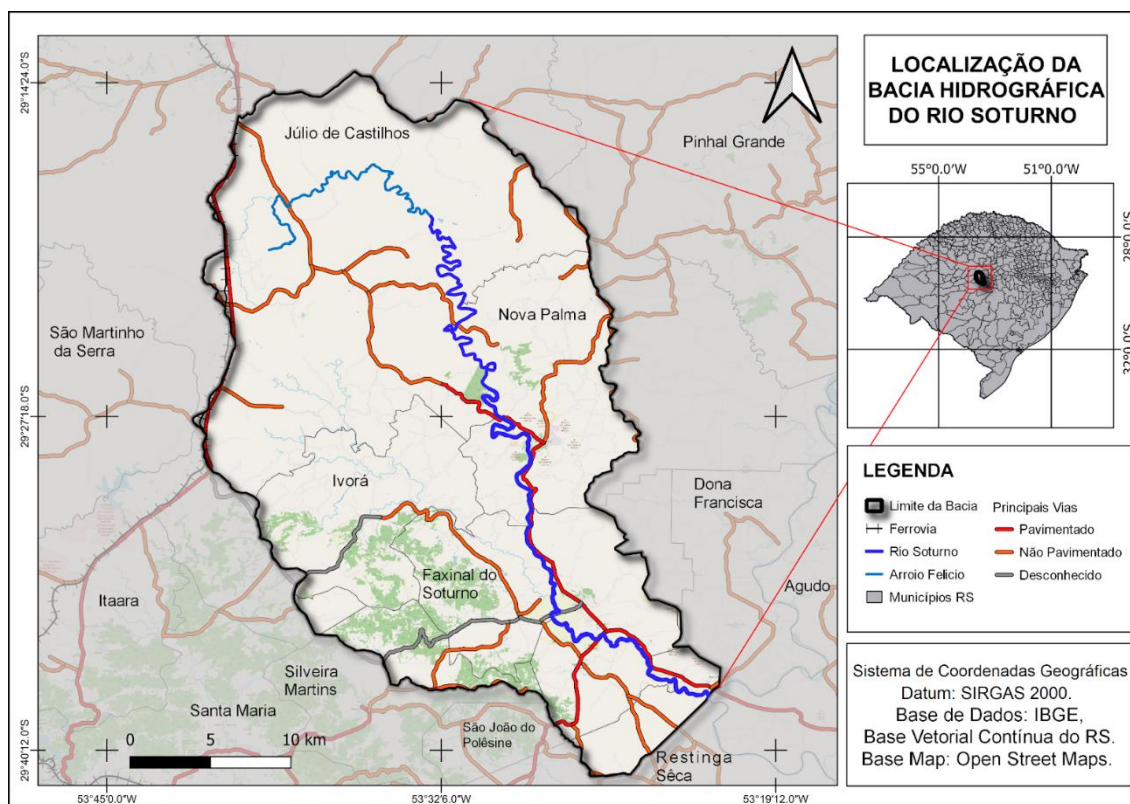
Dessa forma, é possível classificar o relevo com base nas suas características. Uma metodologia que permite tal classificação, refere-se ao mapeamento semi automático dos elementos do relevo – *geomorphons* (JASIEWICKZ e STEPINSKI, 2013). Por meio dessa metodologia, é possível classificar o relevo em 10 diferentes elementos: áreas planas (*flat*), pico (*peak*), crista (*ridge*), ressaltos (*shoulder*), crista secundária (*spur*), encosta (*slope*), escavado (*hollow*), base de encosta (*footslope*), vale (*valley*), e fosso (*pit*) a partir da comparação entre altura topográfica, distância e ângulo dos pixels vizinhos em relação ao pixel central.

No Brasil, esta metodologia foi inicialmente aplicada por Robaina, Trentin e Laurent (2016) no estado do Rio Grande do Sul. Também em escala estadual, nos estados do Tocantins (ROBAINA et al., 2017) e Paraná (SILVEIRA et al., 2018), bem como em bacias hidrográficas (FURLAN, TRENTIN e ROBAINA, 2018; RADEMANN e TRENTIN, 2018; GUADAGNIN e TRENTIN, 2019; DUTRA, FURLAN e ROBAINA, 2020); e em escala municipal (DOTTO e ROBAINA, 2021). Além disso, a ferramenta também já foi utilizada como apoio no mapeamento digital de solos (PINHEIRO et al., 2015; SILVA et al., 2016).

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo aplicar a metodologia dos *geomorphons* à análise das características físicas da Bacia Hidrográfica do Rio Soturno (BHRS), localizada na região central do Rio Grande do Sul (Figura 1). A pesquisa também aborda aspectos relacionados à morfologia e às características de uso da terra da área de estudo, visando contribuir para uma compreensão integrada da dinâmica geomorfológica e hidrológica da bacia.



Figura 1 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Ribeiro et al. (2024).

METODOLOGIA

Inicialmente, foi realizada a delimitação da BHRS a partir do processo de vetorização manual, com o auxílio de características topográficas da área, como curvas de nível, pontos cotados e imagens de satélite. Na sequência, foram organizadas informações da área para compor o banco de dados do trabalho.

Para a aplicação da metodologia de geração dos elementos do relevo, utilizou-se como produto um Modelo Digital de Elevação (MDE). No presente trabalho, utilizou-se de um MDE com resolução espacial de 30 metros, obtido pelo *United States Geological Survey* (USGS), em que estão hospedadas as imagens do sistema de radar da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM).

A classificação dos *geomorphons* na BHRS foi realizada utilizando a ferramenta *r.geomorphons* do GRASS, integrada ao software QGIS (<https://grass.osgeo.org/grass82/manuals/r.geomorphon.html>). Essa ferramenta aplica



um algoritmo desenvolvido por Jasiewicz e Stepinski (2013) para a classificação dos elementos do relevo.

Segundo Jasiewicz e Stepinski (2013), o processo envolve a avaliação de uma janela de *pixels* ao redor do *pixel* central, onde os valores são atribuídos conforme a diferença de altura: “1” se o valor for maior, “0” se igual, e “-1” se menor. Além da variação de altura, é considerada a linha de visada, levando em conta os ângulos *zenit* e *nadir* nas oito direções ao redor do *pixel* central, sendo estabelecida uma angulação máxima para classificar como plano (*flat*).

É válido ressaltar que se fez necessário o teste de diversas variáveis, buscando a que melhor se adapte à área de estudo. No presente trabalho, definiu-se: 2 graus para a variável “*t*” (*flat terrain angle threshold*), 30 *pixels* para a variável “*L*” (*search distance*) e 2 para a variável “*s*” (*skip distance*).

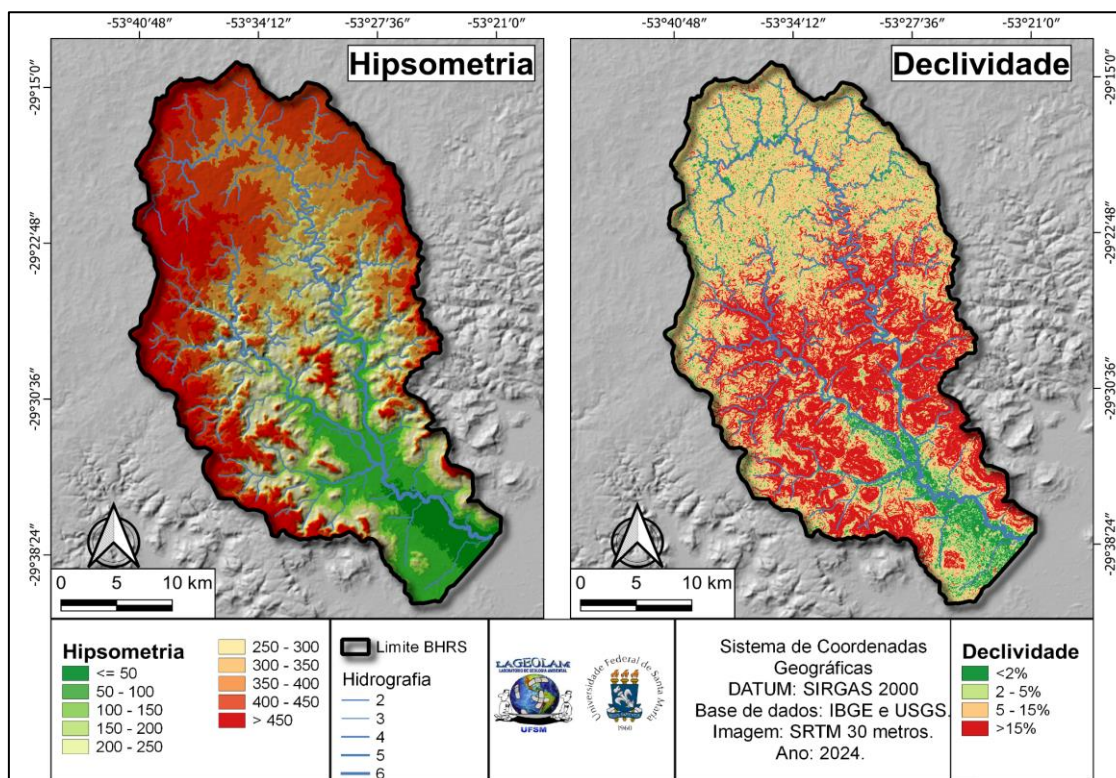
RESULTADO E DISCUSSÕES

A área da BHRS ocupa aproximadamente 986,767 km², estando presente de forma parcial nos municípios de: Júlio de Castilhos (23,56%), Pinhal Grande (0,17%), Nova Palma (47,51%), Ivorá (99,37%), Silveira Martins (31,81%), Faxinal do Soturno (82,92%), Dona Francisca (9,87%), Restinga (0,93%) e São João do Polêsine (53,65%). A altitude na bacia varia entre 36 e 544 metros, resultando em uma amplitude altimétrica de 508 metros.

O relevo da BHRS (Figura 2) é caracterizado por apresentar características de uma área de transição entre o compartimento geomorfológico Planalto Meridional Brasileiro (sobre a Formação Serra Geral), seu rebordo e a Planície Sedimentar Aluvial da Depressão Central (SARTORI et al., 1975).

Descovi Filho (2007) classificou três unidades para a BHRS com base nos atributos do relevo. A Unidade I, que representa o baixo curso da bacia hidrográfica, é caracterizada por declividades de 0 a 2% e altitudes inferiores a 120 metros. A Unidade II está situada no médio curso da área de estudo, com declividades superiores a 15% e altitude média de 340 metros (áreas do rebordo do planalto). Já a Unidade III, localizada no alto curso, apresenta declividades que variam de 2% a 15% e altitude média próxima de 450 metros.

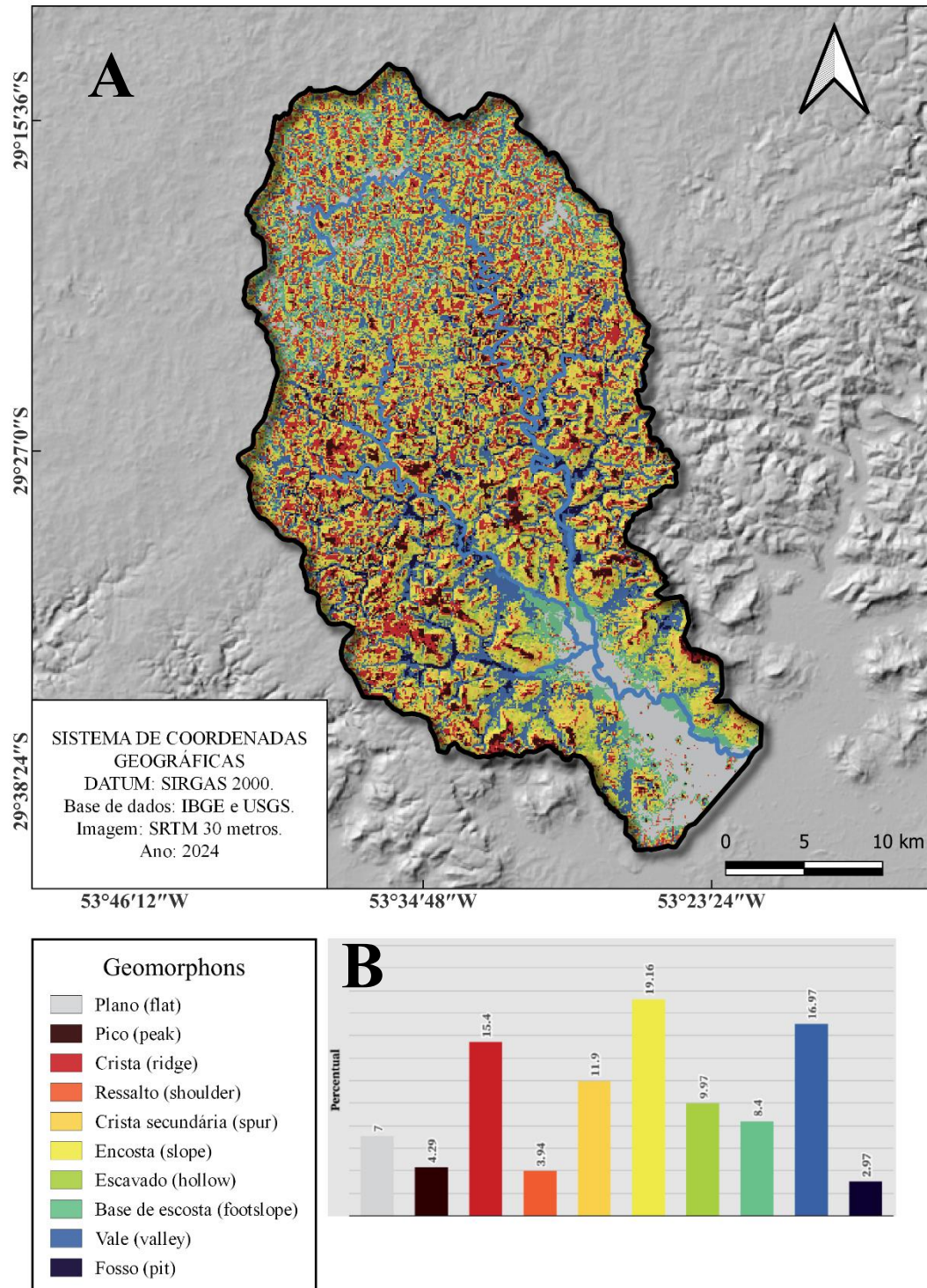
Figura 2 – Mapa de Hipsometria e Declividade



Fonte: Ribeiro et al. (2024).

A aplicação do algoritmo permitiu identificar os 10 elementos geomorfométricos do relevo na área de estudo (Figura 3). Com base nos dados encontrados, o tipo mais prevalente foi a encosta, com 219 km² (19,16%), seguido pelos vales (194 km²; 16,97%), cristas (176 km²; 15,40%), cristas secundárias (136 km²; 11,90%) e escavado (114 km²; 9,97%). Elementos menos expressivos em extensão incluíram base de encosta (96 km²; 8,40%), planos (80 km²; 7,00%), picos (49 km²; 4,29%), ressaltos (45 km²; 3,94%) e fossos (34 km²; 2,97%).

Figura 3 – Mapa de geomorphons da área de estudo (A) com a porcentagem de ocupação de cada classe (B).



Fonte: Elaborado pelos autores (2025).



A predominância dos *geomorphons* encosta, vales, crista e crista secundária, marcam a principal característica geomorfológica da área de estudo, o contato entre a Depressão Periférica e o Planalto da Serra Geral. Conforme observado na figura 3, as áreas de encosta e vale são bem delimitadas nas porções em que o relevo passa de plano para mais movimentado. Isso ocorre principalmente nas áreas de rebordo, que se caracteriza por encostas íngremes e vales que descendem para a depressão periférica, aliados a áreas correspondentes a cristas e cristas secundárias, que delimitam divisores topográficos, controladores da dinâmica de escoamento superficial.

As áreas mais planas, localizadas na Depressão Periférica, por sua vez, são marcadas pelos elementos base de encosta e plano. Nessas porções, o Rio Soturno possui sua foz com o Rio Jacuí. A área é caracterizada por declividade próxima a zero, o que favorece processos deposicionais e a formação de planícies aluviais.

As diferentes condições topográficas da BHRS dão origem à variedade no uso e ocupação da terra. Nas porções de planalto, destaca-se o plantio de soja e milho, nas áreas de planície arroz, e nas áreas de rebordo, onde inclinação do relevo é maior, predominam formações florestais nativas (ALBERTI, 2005).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia utilizada se demonstrou eficaz, uma vez que possibilitou identificar e caracterizar as principais características do relevo da área de estudo. A definição dos valores utilizados para as variáveis “t”, “L” e “s” no presente trabalho foram determinantes para a classificação, que correspondeu com as características reais do relevo.

Os resultados alcançados demonstram o potencial da aplicação da ferramenta em projetos voltados ao planejamento e ordenamento territorial. Ao mesmo tempo, também potencializa o desenvolvimento de novas pesquisas a serem realizadas na área de estudo.

Palavras-chave: Relevo; Planejamento Ambiental; Geomorfologia.



REFERÊNCIAS

- ALBERTI, A. A. **Influência do uso da terra em variáveis limnológicas no Rio Soturno, Rio Grande do Sul-Brasil**. 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, 2015.
- DESCOVI FILHO, L. L. V. **Mapeamento de Unidades de Relevo da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Soturno/RS**. 2007. 64 f. Trabalho de conclusão de curso (Geografia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.
- DOTTO, A. V. E.; ROBAINA, L. E. S. Identificação e Classificação do relevo do município de São Martinho da Serra – RS. **Ciência e Natura**, v. 43, p. 49, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2179460X42781>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- DUTRA, D. S.; FURLAN, A. R.; ROBAINA, L. E. S. Compartimentação dos elementos do relevo da bacia hidrográfica do arroio Pantanoso – Canguçu/RS, através da proposta dos geomorphons. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 2, p. 713–726, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p713-726>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- FURLAN, A. R.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Classificação dos elementos do relevo a partir da metodologia dos geomorphons na bacia hidrográfica do rio Apuaê-Mirim, RS. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 32, p. 27–45, 2018. Disponível em: <http://200.198.145.164/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/4192>. Acesso em: 30 jun. 2025.
- GUADAGNIN, P. M. A.; TRENTIN, R. Classificação do relevo com base nos elementos de Geomorphons e sua relação com a vegetação florestal nativa na Serra do Caverá - Sudoeste do RS, Brasil. **GeoTextos**, v. 15, n. 1, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.9771/geo.v15i1.30646>. Acesso em: 01 jul. 2025.
- JASIEWICZ, J.; STEPINSKI, T. Geomorphons—a pattern recognition approach to classification and mapping of landforms. **Geomorphology**, v. 182, p. 147-156, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.11.005>. Acesso em: 04 abr. 2025.
- MACMILLAN, R.; SHARY, P. Landforms and landform elements in geomorphometry. In: HENGL, Tomislav; REUTER, Hannes. **Developments in soil Science: Geomorphometry - Concepts, Software, Applications**, v. 33, p. 227-254, 2009.
- PINHEIRO, H. S. K.; ANJOS, L. H. C.; JUNIOR, W. C.; CHAGAS, C. S. Modelos baseados em árvores para predição de classes de solo. Embrapa. In: **Congresso brasileiro de ciência do solo**, p. 1-5, 2015.
- RADEMANN, L. K.; TRENTIN, R. Compartimentação do relevo de forma automatizada em ambiente SIG na bacia hidrográfica Areal do Limeira, Cacequi/RS. **Geographia Opportuno Tempore**, v. 4, n. 2, p. 45–56, 2018.



ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; CRISTO, S. S. V.; Sccoti, A. A. V. Application of the concept of geomorphons to the landform classification in Tocantins state, Brazil.

RA'EGA - O Espaço Geográfico Em Análise, 41, p. 37–48. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/raega.v41i0.48724>. Acesso em: 30 jun. 2025.

RIBEIRO, L. S. et al. Análise morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Soturno, região Central do Rio Grande do Sul. In: **XX SBGFA - Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada & IV ELAAGFA - Encontro Luso-Afro-Americano de Geografia Física e Ambiente**, 2024. Disponível em:

<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/118334>. Acesso em: 20 jun. 2025.

ROBAINA, L. E. S.; TRENTIN, R.; LAURENT, F. Compartimentação do estado do rio grande do sul, brasil, através do uso de geomorphons obtidos em classificação topográfica automatizada. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 17, n. 2, 2016.

Disponível em: <https://doi.org/10.20502/rbg.v17i2.857>. Acesso em: 30 jun. 2025.

SARTORI, P. L.; FILHO, C. M.; MENEGOTTO, E. Contribuição ao estudo das rochas vulcânicas da bacia do Paraná na região de Santa Maria, RS. **Revista brasileira de Geociências**, v. 5, p. 141-159, 1975.

SILVA, S. H. G. S. et al. Geomorphometric tool associated with soil types and properties spatial variability at watersheds under tropical conditions. **Scientia Agricola**, v. 73, n. 4, p. 363–370, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0293>. Acesso em: 30 jun. 2025.

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. 1, 2018. Disponível em:

<https://doi.org/10.20502/rbg.v19i1.1263>. Acesso em: 30 jun. 2025.

USGS, United States Geological Survey. **Modelos Digitais de Elevação**. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Acesso em 8 março de 2025