

## **Análise da rugosidade do relevo utilizando a ferramenta *Focal Statistics* no município de Canguçu, RS**

### **Relief roughness analysis using the Focal Statistics tool in the municipality of Canguçu, RS**

*Lucas Krein Rademann*

Mestrando do Programa de Pós-graduação em Geografia  
da Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

[lucasrademann@yahoo.com](mailto:lucasrademann@yahoo.com)

*Danilo da Silva Dutra*

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Geografia  
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

[danielodasilvadutra@hotmail.com](mailto:danielodasilvadutra@hotmail.com)

*Luís Eduardo de Souza Robaina*

Professor Doutor do Departamento de Geociências na  
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

[lesrobaina@yahoo.com.br](mailto:lesrobaina@yahoo.com.br)

*Romario Trentin*

Professor Doutor do Departamento de Geociências na  
Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

[romario.trentin@gmail.com](mailto:romario.trentin@gmail.com)

#### **Resumo**

Nos últimos anos os estudos morfométricos do relevo tem avançado significativamente na obtenção de dados para a análise da paisagem, sendo a automatização através do uso de SIGs um dos principais diferenciais da análise morfométrica, trazendo velocidade de análise e diminuindo a subjetividade do pesquisador. Desta forma, esse trabalho tem como objetivo analisar a rugosidade do relevo do município de Canguçu – RS. Para tanto utilizou-se da ferramenta de estatística de vizinhança Focal Statistics estabelecendo padrões do relevo, divididos em quatro classes. No município houve um predomínio da classe de relevo ondulado presente sob o maciço granítico mais resistente ao intemperismo. A classe de relevo levemente ondulado foi a segunda com maior ocorrência, com quase 20% da área total, associado as áreas de topo de divisores de água. De forma geral a metodologia empregada obteve resultados satisfatórios, permitindo uma análise geral do relevo do município, sendo uma importante contribuição para a análise morfométrica.

**Palavras-chave:** Morfometria, Rugosidade do Relevo, Estatística Espacial, Canguçu – RS.

#### **Abstract**

In the last years, morphometric studies of the relief have advanced significantly in obtaining data for the landscape analysis, being the automation using SIGs one of the main differentials of the morphometric analysis, bringing faster analysis and reducing the subjectivity of the researcher. In this way, this work has as objective to analyse the roughness of the relief of the municipality of Canguçu - RS. In order to this, was used the neighbourhood statistics tool called Focal Statistics, establishing relief patterns, divided into four classes. In the municipality, there was a predominance of the class of undulated relief present under the granite massif more resistant to weathering. The slightly waved relief class was the second with the highest occurrence, with almost 20% of the total area, associated with the top areas of water dividers. In general, the methodology used obtained

satisfactory results, allowing a general analysis of the relief of the municipality, being an essential contribution to the morphometric analysis.

**Keywords:** Morphometry, Relief Roughness, Spatial Statistics, Canguçu - RS.

## 1. INTRODUÇÃO

Os estudos morfométricos do relevo são muito utilizados na obtenção de informações sobre a dinâmica da paisagem, sendo de grande relevância nos estudos geomorfológicos. Os estudos morfométricos dão suporte aos entendimentos dos processos de dinâmica atuantes no modelado do relevo e, desta forma de grande importância aos estudos de planejamento e gestão.

A compartimentação do relevo, até recentemente, foi realizada através de técnicas analógicas, permitindo resultados subjetivos. O desenvolvimento de métodos de geoprocessamento e SIGs permite a representação da superfície terrestre na forma de modelos digitais numéricos, denominado também de Modelos Digitais do Terreno (MDT). Os parâmetros obtidos dos MDTs constituem descritores representativos de mensurações quantitativas das formas de relevo, possibilitando análise topográfica de uma zona de interesse. Conforme Muñoz (2009), as técnicas geomorfométricas descrevem de forma quantitativa, as formas da superfície da Terra por meio de equações aplicadas a modelos numéricos de representação altimétrica.

Ao encontro disso, Sarría, Castillo e García (2018) destacam que um dos principais objetivos da geomorfometria moderna é a definição e extração de variáveis geomorfométricas quantitativas de um modelo digital do terreno em uma determinada resolução (tamanho do pixel), e da segmentação da paisagem partindo do modelo digital do terreno.

Diferentes autores têm apresentado método de classificação topográfica automatizada utilizando variáveis morfométricas obtidas de MDT (IWAHASHI; PIKE, 2007; JASIEWICZ; STEPINSKI, 2013; SILVEIRA *et al.*, 2014; TRENTIN *et al.*, 2015, 2016; GOMES *et al.*, 2016; ROBAINA *et al.*, 2016).

Sampaio (2008) delimitou uma forma padrão de variabilidade dos valores altimétricos das vertentes e de seus segmentos, através dos valores de declividade, nos quais, o uso de ferramentas de softwares de mapeamento possibilita a transformação de pontos com conotação numérica em informações topológicas. Com base nessa concepção utilizam o Índice de Concentração da Rugosidade (ICR) com a aplicação do estimador de densidade por Kernel, para análise da distribuição e recorrência espacial da declividade, para o mapeamento e quantificação da dissecação do relevo (SAMPAIO; AUGUSTIN, 2014). Também, utilizando esta proposta, Bastos Júnior, Siqueira e Almeida (2015) analisam o relevo com base na análise da distribuição espacial da declividade em uma região de pediplano sertanejo no semi-árido nordestino.

Desse modo, a obtenção do ICR fornece dados que permitem a análise do padrão de dissecação do relevo e indicam a ocorrência de diferentes processos de intemperismo e erosão nas diferentes áreas estudadas. (SAMPAIO; AUGUSTIN, 2014; FLORES; OLIVIERA, 2016)

Nesse trabalho apresenta-se uma proposta de análise automática da rugosidade do relevo utilizando uma ferramenta estatística do SIG denominada *Focal Statistics*. A escolha da ferramenta se deve ao fato de sua utilização demandar um número menor de etapas de processamento, utilizar apenas dados matriciais, sem conversão para vetores, bem como, o procedimento de definição regional da rugosidade apresenta técnicas estatísticas, que conseguem definir com maior precisão as áreas homogêneas quanto a inclinação do terreno. A ferramenta de estatísticas focal executa operações de vizinhança que faz uma varredura e calcula uma saída em que o valor de cada célula de saída é uma função dos valores de todas as células de entrada que estão em uma vizinhança especificada pelo usuário em torno dessa localização.

## 2. METODOLOGIA

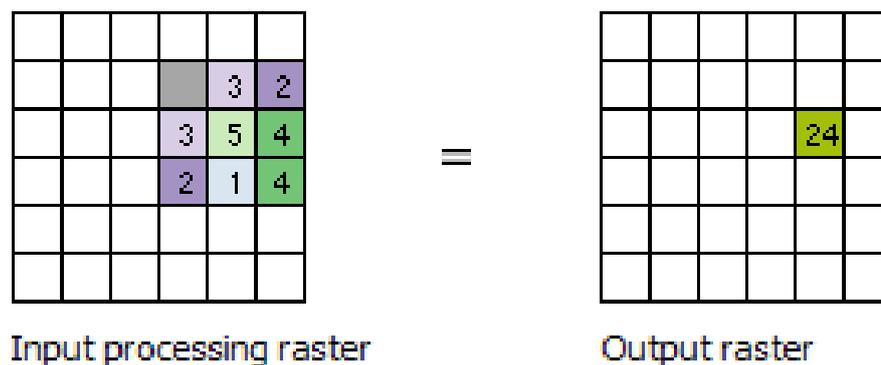
Para a análise da declividade média foram obtidos os dados planialtimétricos do município de Canguçu, através das imagens de radar Shuttle Radar Topograph Mission (SRTM) versão 4.1 com resolução espacial de 90 metros. Estes dados são disponibilizados gratuitamente pelo United States Geological Survey (USGS).

Através do Modelo Digital do Terreno foi obtido a declividade da área de estudo com o uso da ferramenta *Slope* no software ArcGIS 10.5, desenvolvido pela ESRI. Dentre as formas de representação da declividade foi escolhida a porcentagem para o presente trabalho. A operação para a geração do mapa de declividade, foi executada por meio de uma janela móvel “3x3” sobre o MDE com o objetivo de calcular a declividade da célula central, apoiado sobre as oito células vizinhas, esta janela desloca-se sobre todo o conjunto de dados tendo como resultado o raster de declividade, que é calculado pelo polinômio Horn (1981).

Após a obtenção dos valores de declividade foi utilizada a ferramenta de estatística *Focal Statistics* do ArcGIS 10.5, que consiste em uma ferramenta que executa uma operação de vizinhança onde é calculado um *raster* de saída em que o valor de cada célula deste *raster* é estabelecido em função dos valores do *raster* de entrada dentro de uma vizinhança estabelecida para análise. A função aplicada no *raster* de entrada para obter o *raster* resultante é uma estatística, podendo ser média, máximo, mínimo, soma, entre outros.

Na execução, o algoritmo visita cada célula no *raster* e calcula a estatística especificada com a vizinhança estabelecida. A célula onde a estatística está sendo calculada é chamada de célula

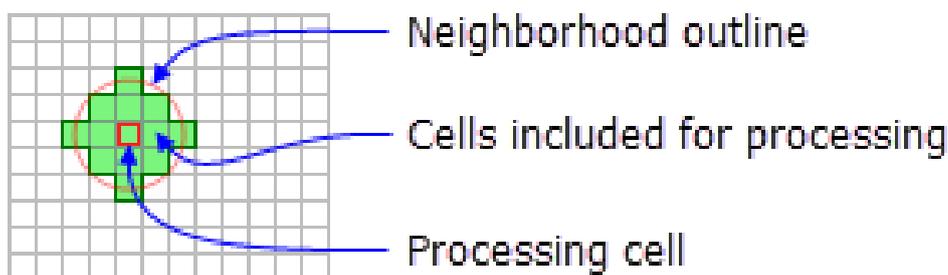
de processamento. O valor da célula de processamento, bem como todos os valores da célula na vizinhança identificada são incluídos no cálculo de estatísticas da vizinhança (Figura 1).



**Figura 1** – Exemplo de aplicação da função de soma no *raster* de entrada.  
Fonte: ESRI.

Para a análise da declividade média de Canguçu foi utilizado como raster de entrada a declividade calculada na ferramenta *Slope*. A função para o cálculo do raster de saída foi escolhida a média.

A forma para a definição da vizinhança a ser analisada na ferramenta *Focal Statistics* pode variar de acordo com o objetivo do trabalho, podendo ser anelar, circular, retangular, em cunha, ou até mesmo irregular. Para o presente trabalho foi utilizada a forma circular para a análise da vizinhança (Figura 2), buscando analisar a vizinhança de forma homogênea.



**Figura 2** – *Focal Statistics* em formato circular.  
Fonte: ESRI.

Desta forma foram definidos para a determinação da declividade média na ferramenta *Focal Statistics*: o *raster* de entrada, com a declividade já calculada; a forma de análise de vizinhança circular, com raio de 12 células, equivalente a 1080m, levando em consideração a resolução de 90m do *raster* de entrada. Já a estatística para o cálculo do *raster* de saída foi a média.

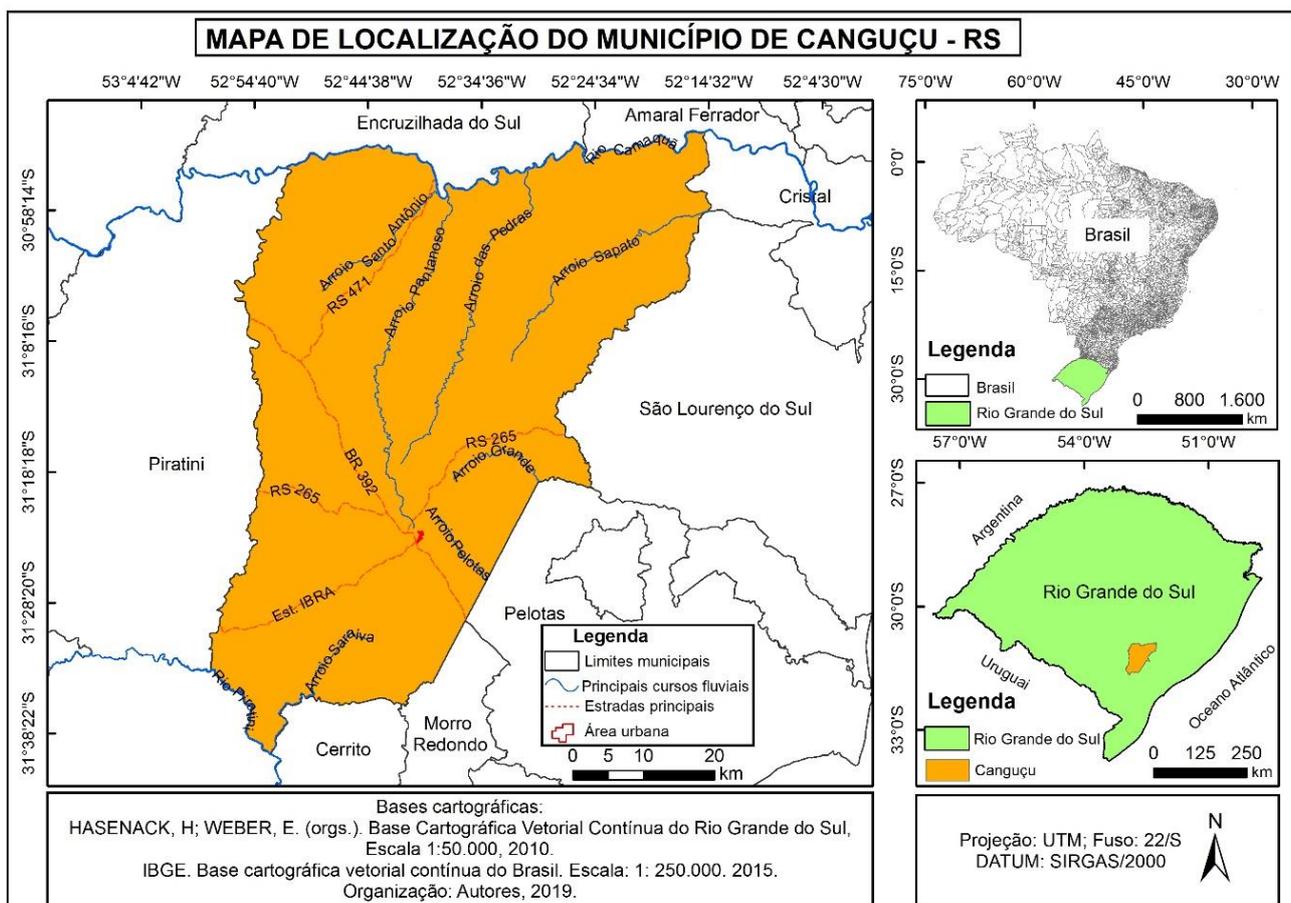
A operação tem como arquivo de saída um *raster* da declividade média da área de estudo, considerando as janelas de 12 células, gerando uma homogeneização e generalização da declividade, permitindo a divisão de classes mais contínuas e de mais fácil análise.

Por fim, o *raster* resultante foi classificado em quatro classes, distribuídas da seguinte forma: menor que 2, correspondente a áreas planas; de 2 a 6, correspondendo a áreas levemente onduladas; de 6 a 12, que corresponde às áreas onduladas; e as áreas fortemente onduladas com os valores acima de 12.

Para a representação das classes foram elaborados perfis topográficos para cada classe definida no *software* ArcGIS 10.5. Os perfis foram exportados para o *software* CorelDraw, onde foi elaborado o *layout* e calculadas as escalas vertical e horizontal de cada perfil.

### 3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Canguçu, compreende uma área territorial oficial de 3.525,293 km<sup>2</sup> (IBGE, 2019). Localizado no sul do estado do Rio Grande do Sul/Brasil, está inserido entre as seguintes coordenadas geográficas: 31°40'06" a 30°53'06" de latitude sul e 52°59'28" a 52°14'21" de longitude oeste (Figura 3).

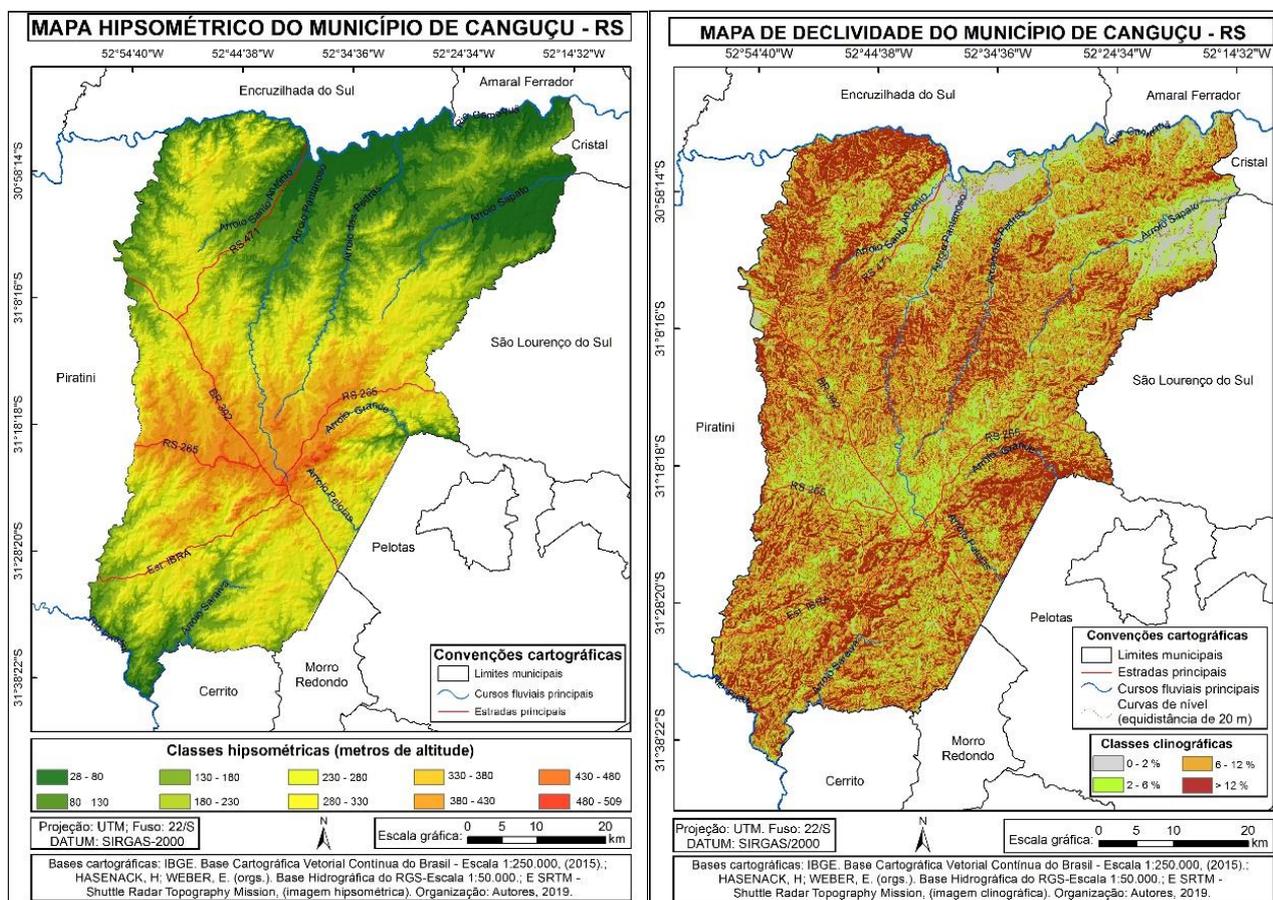


**Figura 3 -** Mapa de localização da área de estudo.  
**Organização:** Autores, 2019.

Quanto aos aspectos físicos do ambiente, a área de estudo apresenta uma densa rede hidrográfica onde destacam-se os arroios das Pedras, Sapato, Santo Antônio, Saraiva e o Pantanoso. Todos os cursos fluviais dessa área contribuem com as bacias hidrográficas dos rios Piratini, Camaquã e do arroio Pelotas (Figura 4).

Em termos geológicos-geomorfológicos o município de Canguçu está localizado na parte leste do Escudo Sul Rio Grandense (ESRG), conhecida como o Batólito de Pelotas (FRAGOSO CÉSAR *et al.* 1986), formado predominantemente por suítes e complexos graníticos neoproterozoicos, sendo as frações de crosta paleoproterozoica retrabalhada.

As altitudes variam de 28 metros no médio/baixo curso do arroio Sapato e junto a área de planície de inundação do rio Camaquã até valores de 509 metros em picos no topo de morros graníticos na porção centro-sul do município (Figura 4). As declividades predominantes são entre 6-12%, as quais ocupam cerca de 42% da área de estudo. Declividades superiores ocorrem em toda área, mas são predominantemente em vertentes na porção NW, E e Centro-sul do município.

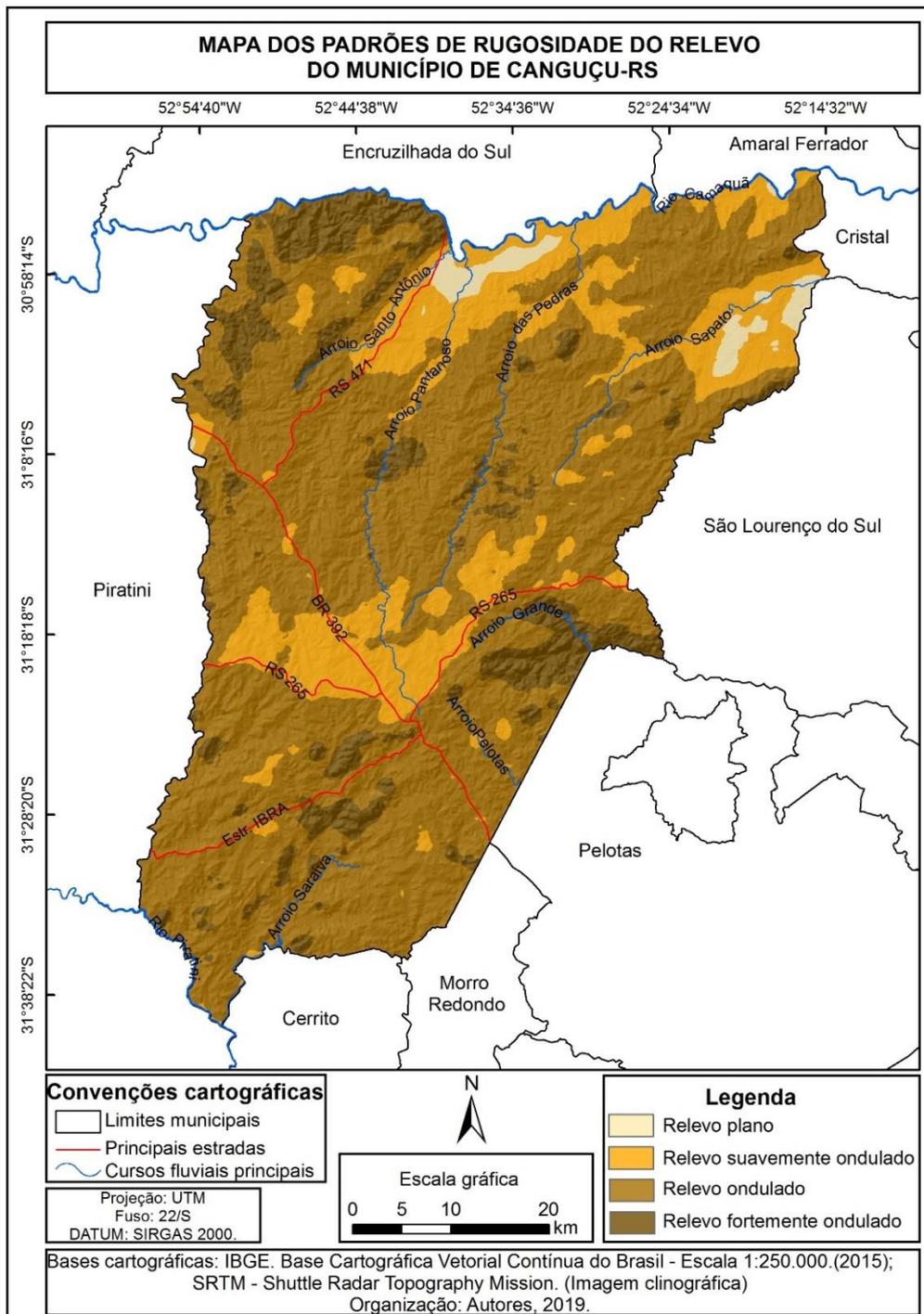


**Figura 4** – Mapas de hipsometria e declividade do município de Canguçu – RS.

**Organização:** Autores, 2019.

#### 4. ANÁLISE DA RUGOSIDADE DO RELEVO

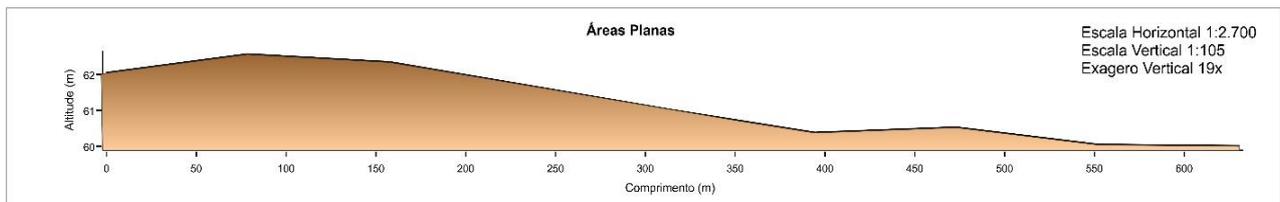
A análise da distribuição e recorrência espacial da declividade, permitiu classificar a rugosidade do relevo no município de Canguçu, identificando áreas planas, levemente onduladas, onduladas e fortemente onduladas (Figura 5).



**Figura 5** - Mapa dos padrões de rugosidade do relevo no município de Canguçu.

**Organização:** Autores, 2019.

As áreas planas conforme perfil (Figura 6) ocorrem em uma pequena área do município, inferiores a 2% do total da área (Tabela 1), sendo a de menor expressão na área de estudo.



**Figura 6** - Perfil topográfico sobre áreas planas.  
**Organização:** Autores, 2019.

**Tabela 1** - Distribuição dos padrões de relevo.

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Áreas planas	63.30	1.80
Levemente ondulado	628.88	17.84
Ondulado	2420.70	68.68
Fortemente ondulado	411.82	11.68

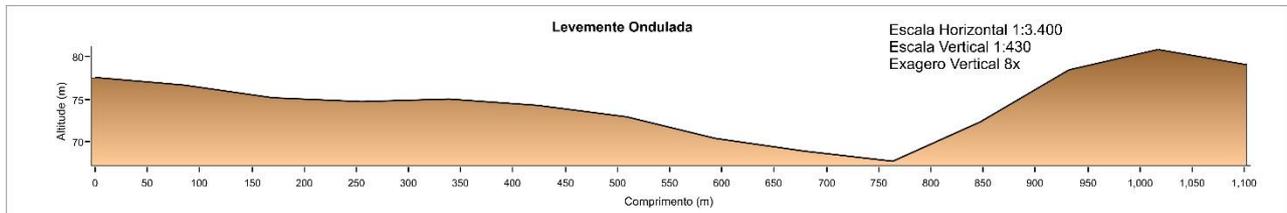
**Organização:** Autores, 2019.

Esta classe está concentrada em duas áreas de ocorrência, no norte e nordeste do município. São representadas, ao norte, pelos depósitos aluvionares do rio Camaquã, e na porção nordeste, associadas aos depósitos eluviais e coluviais do arroio Sapato (Figura 7).



**Figura 7** - Área plana próxima ao rio Camaquã; Coordenadas geográficas: 30°59'34" S e 52°39'00" W; Orientação: Norte. **Organização:** Autores, 2019.

O relevo levemente ondulado, conforme perfil (Figura 8), que corresponde a quase 20% da área de estudo, ocorre associado ao relevo plano formando áreas de acumulação. Uma característica importante desse relevo levemente ondulado é marcar o topo das áreas mais elevadas, constituindo divisores de águas entre as bacias do rio Camaquã e Piratini (Figura 9).

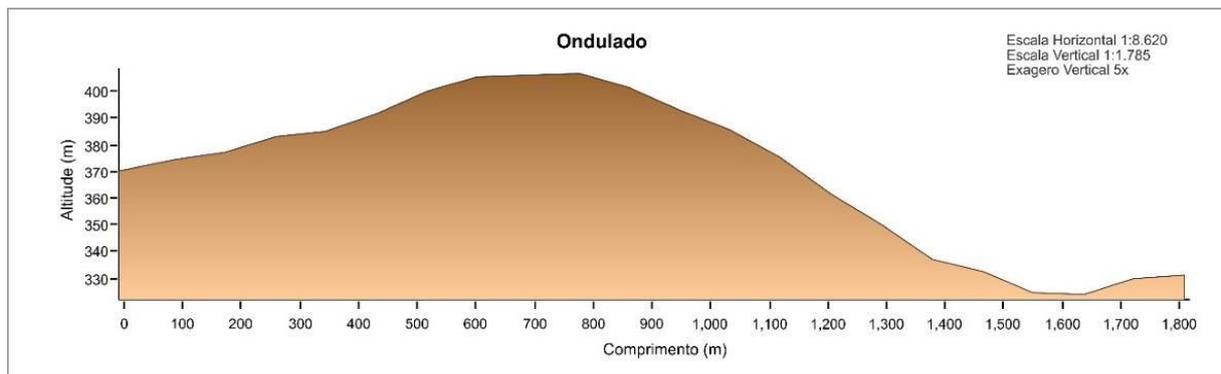


**Figura 8** - Perfil topográfico sobre áreas levemente onduladas.  
**Organização:** Autores, 2019.



**Figura 9** - Relevo levemente ondulado no divisor das bacias hidrográficas dos rios Piratini e Camaquã; Coordenadas Geográficas: 31°20'28"S e 52°43'40"W; Orientação: SE.  
**Organização:** Autores, 2019.

O relevo ondulado, perfil da (Figura 10), que predomina na área de estudo com quase 70% do total da área do município representa relevo desenvolvido sobre maciços graníticos com diferentes fases de intrusão (Figura 11) e com resistências aos processos de intemperismo e erosão associadas as características dos seus componentes e da drenagem interna que se associa ao grau de fraturamento.

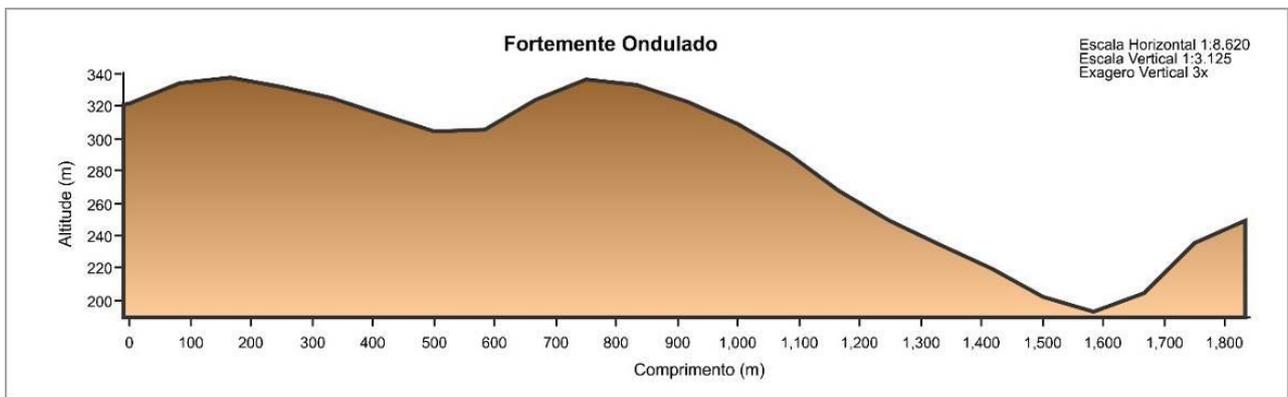


**Figura 10** - Perfil topográfico sobre áreas onduladas.  
**Organização:** Autores, 2019.



**Figura 11** - Relevo ondulado na localidade do Passo da Maria Antônia; Coordenadas Geográficas: 31°30'48"S e 52°56'4"W; Orientação: NW.  
**Organização:** Autores, 2019.

As áreas com relevo fortemente ondulado, perfil apresentado na Figura 12, com declividades acima de 12%, ocorrem concentradas no noroeste, leste-sudeste e centro-sul do município, compondo ao redor de 11% do total. Se associa a formas de vertentes onde são comuns a ocorrência de afloramentos de rocha e campos com blocos e matacões (Figura 13).



**Figura 12** - Perfil topográfico sobre áreas fortemente onduladas.  
**Organização:** Autores, 2019.



**Figura 13** - Relevo fortemente ondulado na localidade do Passo dos Oliveiras; Coordenadas Geográficas: 31°27'42"S e 52°48'50"W; Orientação: L.  
**Organização:** Autores, 2019.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização do estudo da rugosidade do relevo permitiu a identificação dos principais padrões do relevo em Canguçu. Evidenciando a erosão diferencial das rochas graníticas favorecendo a formação de áreas onduladas em grande parte do município.

O uso da ferramenta *Focal Statistics* junto aos dados de declividade, permite uma análise morfométrica do relevo, compartimentando em unidades contínuas e de fácil identificação, levando em consideração a resolução dos dados e o comprimento da vertente na área de estudo. A maioria

das compartimentações desta natureza tendem a segmentar demasiadamente o espaço tornando difícil a análise e a leitura do mapa, sendo assim o *Focal Statistics* uma importante ferramenta para a análise generalizada dos dados, cumprindo com o seu objetivo de identificar padrões.

A metodologia utilizada se mostrou uma importante aliada na compartimentação de padrões homogêneos do relevo, a partir da análise dos índices de rugosidade. O produto cartográfico gerado pode ser tomado como base na análise geomorfológica de uma área de estudo, visto que corresponde à realidade do local, evidenciando as principais formas de relevo do município.

A proposta de análise enriquece a discussão sobre a quantificação morfológica estabelecendo valores na avaliação do relevo, permitindo sua obtenção de forma padronizada, mais ágil e precisa, via Sistemas de Informação Geográfica (SIG), complementando propostas de mapeamento morfométrico em diferentes escalas.

## REFERÊNCIAS

BASTOS JÚNIOR, E. M.; SIQUEIRA, J. B.; ALMEIDA, J. A. P. Aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) em uma região de pediplano sertanejo no semi-árido nordestino, Nossa Senhora da Glória/SE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. 17., 2015, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: INPE, 2015. p. 6030-6034.

CURCIO, G. R. **Relações entre geologia, geomorfologia, pedologia e fitossociologia nas planícies fluviais do Rio Iguaçu, Paraná, Brasil.** 2006. 511 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Centro de Ciências Florestais e da Madeira, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

DEMEK, J. Generalization of Geomorphological Maps. In: UGI, C. de géomorphologie appliquée (Org.). **Prog. made Geomorphol. mapping. Progrès la Cartogr. géomorphologique.** Brno and Bratislava, p. 36-72, 1967.

ESRI. **ArcGIS Help Documentation Archive (10.5 and earlier).** Redlands, Califórnia. Disponível em: <<http://resources.arcgis.com/en/help/>>. Acesso em: 13 fev. 2019.

FLORES, D. M.; OLIVEIRA, D. Aplicação do Índice de Concentração de Rugosidade (ICR) para análise de bacias hidrográficas e para traçado de lineamentos estruturais. **Geografia, Ensino & Pesquisa**, v. 20, n. 3, p. 125-139, 2016.

FRAGOSO-CÉSAR, A. R. S.; FIGUEIREDO, M. C. H.; SOLIANI JR., E.; FACCINI, U. F. O Batólito Pelotas (Proterozóico Superior/ Eo-Paleozóico) no Escudo do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 38., 1986, Goiânia. *Anais...* Goiânia: SBG, 1986. p. 1322-1342.

GOMES, S. M. A.; SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P. Compartimentação Geomorfométrica de Unidades de Relevo das Cartas MI 2726-4 e MI 2820-2 - Estado do Paraná. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. 11., 2016, Maringá. *Anais...* Maringá: UGB, 2016. p. 5.

HASENACK, H.; WEBER, E. (Org.). **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - Escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS. 2010. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/dados-espaciais/250-base-cartografica-vetorial-continua-do-rio-grande-do-sul-escala-1-50-000>>. Acesso em: 7 abr. 2015.

HORN, B. K. P. Hill shading and the reflectance map. **Proceedings of the IEEE**, v. 69, n. 1, p. 14–47, 1981.

HUGGETT, R. J. Soil landscape systems: A model of soil Genesis. **Geoderma**, v. 13, n. 1, p. 1–22, 1975.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de Dados**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?>>. Acesso em: 4 jan. 2019.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. Escala 1:500.000. São Paulo, 1981.

IWAHASHI, J.; PIKE, R. J. Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature. **Geomorphology**, v. 86, n. 3–4, 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.

KRETSCH, J. L. **Shuttle radar topography mission overview**. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2000. p. 276–282.

MINATEL TINÓS, T.; FERREIRA, M. V.; RIEDEL, P. S.; ZAINÉ, J. E. Aplicação e avaliação de metodologia de classificação automática de padrões de formas semelhantes do relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 15, n. 3, p. 353–370, 2014.

MUÑOZ, V. A. **Análise Geomorfométrica de Dados SRTM Aplicada ao Estudo das Relações Solo-Relevo**. 2009. 112 f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2009.

ROBAINA, L. E. D. 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.

ROBAINA, L.; TRENTIN, R.; LAURENT, F. Zoneamento em Unidades Morfológicas da Bacia do Rio Oudon, Noroeste da França, a partir de MDT em Ambiente de SIG. **Revista Geografia**, Rio Claro, v. 41, n. 2, p. 223-240, 2016.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia. Ambiente e Planejamento**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 1990. 85p.

\_\_\_\_\_. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 6, p. 17–29, 1992.

SARRÍA, F. A.; CASTILLO, F. G.; GARCÍA, F. C. A new approach to the openness index for landform characterisation. **Computer and Geosciences**, v. 119, p. 68-79, 2018.

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**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 47-60, 2014.

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. 8, n. 3, p. 1509–1523, 2015.

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 Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 41, p. 98-130, 2017.

SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P.; TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Automated classification of landform elements in the state of paraná (Brazil) applying the proposal of the geomorphons. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 1, 2018.

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, n. 4, 2016.

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, p. 87-101, 2014.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. D. S.; BARATTO, D. D. S. Análise de Elementos do Relevo através do Topographic Position Index (TPI) da Bacia Hidrográfica do Arroio Puitã – Oeste do Rio Grande do Sul/Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 31, p. 14-25, 2016.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. Classificação das unidades de relevo através de parâmetros geomorfométricos. **Mercator**, Fortaleza, v. 15, n. 3, p. 53–66, 2016.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S.; SILVEIRA, C. T. Compartimentação geomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Itú/RS. **Revista Brasileira de Geomorfologia** v. 16, n. 2, 2015.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. **USGS Global Visualization Viewer. Water-use**. 2016. Disponível em: <earthexplorer.usgs.gov>. Acesso em 03 dez. 2018.

VALERIANO, M. de M. **Modelo Digital de Elevação com Dados SRTM Disponíveis para a América do Sul**. São José dos Campos: INPE, 2004. 72p.

VELOSO, A. J. G. Importância do Estudo das Vertentes. **GEOgraphia**, Niterói, v. 4, n. 8, p. 79-83, 2002.

VIDAL-TORRADO, P.; LEPSCH, I. F.; CASTRO, S. S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa, v. 4, p. 145-192, 2005.

ZEVENBERGEN, L. W.; THORNE, C. R. Quantitative analysis of land surface topography. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 12, n. 1, p. 47–56, 1987.

Trabalho enviado em 13/03/2019

Trabalho aceito em 11/07/2019