



ANÁLISE AUTOMATIZADA DE VERTENTES DO RELEVO NO MUNICÍPIO DE CANGUÇU-RS COM APOIO DE ÁRVORE DE DECISÃO

Danilo da Silva **Dutra**¹, Luís Eduardo de Souza **Robaina**², Romário **Trentin**²

(1- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Geografia, danilodasilvadutra@hotmail.com; 2 - Universidade Federal de Santa Maria, Doutor, Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, lesrobaina@yahoo.com.br, romario.trentin@gmail.com)

Resumo: Atualmente existem muitas metodologias para o estudo do relevo e, entre as mais recentes, destaca-se a análise automatizada do relevo a partir do uso de técnicas de SIG. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é realizar uma análise automatizada das vertentes do relevo no município de Canguçu com apoio de árvore de decisão. Para realização desse trabalho, utilizou-se o Modelo Digital do Terreno (MDT) disponibilizado pelo SRTM. Os parâmetros do relevo como altitude, declividade e forma das vertentes foram sobrepostos, utilizando árvore de decisão, definindo doze unidades de relevo no município. A unidade I predomina na área de estudo, representada por altitudes maiores que a média, declividades superiores a 5% e vertentes com curvatura plano convergente. Essa unidade caracteriza-se predominantemente, enquanto as nascentes dos canais fluviais de primeira ordem. A partir desse estudo, destaca-se a importância da análise automatizada no sentido de caracterizar, de forma menos subjetiva, as vertentes que compõem o relevo.

Palavras chaves: SIG; Compartimentação geomorfométrica; Município de Canguçu-RS.

AUTOMATED ANALYSIS OF SLOPES OF THE RELIEF IN THE CITY OF CANGUÇU, RIO GRANDE DO SUL, WITH DECISION TREE SUPPORT

Abstract: There are many methodologies for the study of the relief nowadays. Among the most recent, the automated relief analysis through the use of GIS techniques stands out. In

Artigo recebido para publicação em 16 de Janeiro de 2019

Artigo aprovado para publicação em 23 de Julho de 2019



this regard, the objective of this work is to carry out an automated analysis of slopes of the relief in the city of Canguçu with decision tree support. In order to carry out this work, the Digital Terrain Model (DTM) provided by the SRTM was used. Relief parameters such as altitude, declivity and shape of the slopes were overlapping. The decision tree was used, and twelve units of relief in the city were defined. The unit I, represented by altitudes higher than the average, declivities higher than 5% and slopes with convergent flat curvature, predominates in the study area, and is predominantly characterized as the source of first order streams. With this study, it is highlighted the importance of the automated analysis in order to characterize the slopes that constitute the relief in a less subjective way.

Keywords: GIS; Geomorphometric partitioning; Canguçu, Rio Grande do Sul.

ANÁLISIS AUTOMATIZADO DE VERTIENTES DEL RELEVO EN EL MUNICIPIO DE CANGUÇU-RS CON APOYO DE ÁRBOL DE DECISIÓN

Resumen: Actualmente existen muchas metodologías para el estudio del relieve y, entre las más recientes, se destaca el análisis automatizado del relieve a partir del uso de técnicas de SIG. En este sentido, el objetivo del presente trabajo es realizar un análisis automatizado de las vertientes del relieve en el municipio de Canguçu con apoyo de árbol de decisión. Para realizar este trabajo, se utilizó el Modelo Digital del Terreno (MDT) que es puesto a disposición por el SRTM. Los parámetros del relieve como altitud, declividad y forma de las vertientes fueron superposición, utilizando árbol de decisión, definiendo doce unidades de relieve en el municipio. La unidad I predomina en el área de estudio, representada por altitudes mayores que la media, declividades superiores a 5% y vertientes con curvatura plano convergente. Esta unidad se caracteriza predominantemente, mientras las nacientes de los canales fluviales de primer orden. A partir de ese estudio, se destaca la importancia del análisis automatizado en el sentido de caracterizar, de forma menos subjetiva, las vertientes que componen el relieve.

Palabras claves: SIG; Compartimentación geomorfométrica; Municipio de Canguçu-RS.

INTRODUÇÃO



O estudo e caracterização do relevo são de fundamental importância para análises ambientais, pois condiciona o fluxo de materiais e as trocas de energia (MOORE; GRAYSON; LADSON, 1991) e, portanto, influencia a umidade do terreno, as características dos solos e os processos morfogenéticos.

Conforme Ab'Sáber (1969), a compartimentação topográfica refere-se a identificação das formas do relevo, e tal aspecto deve ser feito o mais próximo possível da realidade concreta observada. Com um viés mais prático e também mais de acordo com a realidade brasileira, Ross (1992) propõe o estudo do relevo a partir de seis níveis taxonômicos.

Com o avanço da ciência, novas metodologias de estudo do relevo vão surgindo, e na maioria das vezes, são incorporadas aos métodos tradicionais de estudo. Esses métodos de classificação possibilitam a subdivisão das formas em elementos de vertentes, definidos em relação a curvaturas de perfil e de plano, inclinação, orientação e posicionamento na paisagem (MACMILLAN E SHARY, 2009).

Para caracterizar o relevo do município buscou-se uma análise quantitativa por intermédio de parâmetros designados, neste trabalho, por geomorfometria (geomorphometry) ou análise digital do relevo (BISPO et al., 2009; SILVEIRA e SILVEIRA, 2013; SIRTOLI et al., 2008).

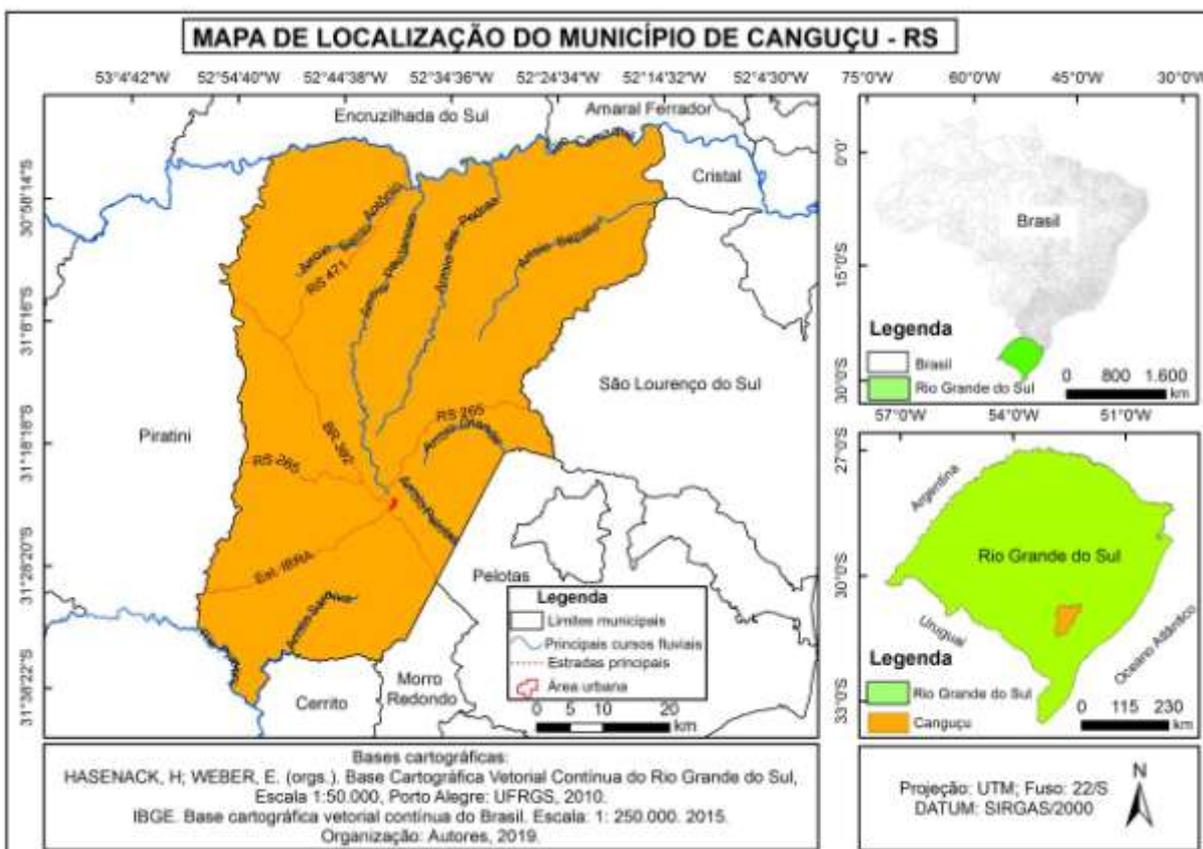
Os atributos topográficos podem ser parametrizados a partir de variáveis, tais como altitude, declividade, aspecto, diferentes curvaturas (em plano, perfil, etc.), área de contribuição, índice topográfico de umidade, etc. (FRANKLIN e PEDDLE (1987), McBRATNEY et al., 2003, SILVEIRA e SILVEIRA, 2013).

No Rio Grande do Sul trabalhos de compartimentação geomorfométrica das vertentes foram elaborados por Guadagnin e Trentin (2014) na bacia hidrográfica do rio Caverá, o trabalho de Trentin et al (2015) na bacia do rio Itu e, Trentin e Robaina (2016) estudaram a bacia do rio Ibirapuitã.

O presente trabalho apresenta um estudo do relevo que compõe o município de Canguçu, no Sul do Rio Grande do Sul. Ele foi desenvolvido com o emprego de atributos topográficos obtidos de um Modelo Digital do Terreno (MDT), como altitude, declividade e forma das vertentes.

O município de Canguçu-RS está localizado entre as coordenadas geográficas $52^{\circ}59'28''$ e $52^{\circ}14'21''$ de longitude oeste, em relação ao Meridiano de Greenwich e $30^{\circ}53'06''$ e $31^{\circ}40'06''$ de latitude sul, em relação a linha do Equador, com área territorial de 3.525,293 km² (IBGE, 2012). Faz limites político administrativos com oito municípios, sendo eles: Piratini ao oeste; Encruzilhada do Sul e Amaral Ferrador ao norte; Cristal ao nordeste; São Lourenço do Sul e Pelotas ao leste; Morro Redondo ao sudeste e Cerrito ao sul. Canguçu encontra-se a uma distância de 300 km da capital Porto Alegre. Na Figura 1 é apresentada a localização do município de Canguçu.

Figura 1: Localização do município de Canguçu-RS



Organização: Os autores, 2019.

METODOLOGIA



Para a análise geomorfométrica foi observado, sobretudo, o comportamento da hidrografia, utilizando-se da base hidrográfica disponibilizada por Hasenack e Weber (2010), na escala de 1:50.000.

A classificação das vertentes é realizada por meio da sobreposição de informações e atributos topográficos, como altimetria, declividade, perfil de curvatura e plano de curvatura, gerados através de SIG e hierarquizados por meio de árvore de decisão topográficos.

As análises das vertentes foram realizadas utilizando um Modelo Digital de Elevação (MDE), originado da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), disponibilizado pelo United States Geological Survey (USGS), com resolução espacial de 3 arc-second (90 metros).

O primeiro parâmetro utilizado considerou as variações de amplitude apresentado pela área de estudo em função da distribuição do histograma de frequência, onde foi considerada a média geral das altimetrias que corresponde a 231 metros, que dividiu as vertentes localizadas nas maiores altitudes e localizadas nas menores altitudes. Esse mesmo atributo também foi analisado, preliminarmente, mediante sua separação em cinco classes: 28 - 100; 100 - 200; 200 - 300; 300 - 400; e 400 - 509 metros. Estas classes foram definidas conforme o histograma de frequência bem como uma melhor representatividade para a área de estudo.

A caracterização das vertentes foi desenvolvida a partir do gradiente e orientação no espaço (VELOSO, 2002) e, dessa forma, podem ser classificadas de acordo com a sua declividade e a sua curvatura no plano ou em perfil.

As informações de declividade geradas a partir do MDE foram obtidas no presente trabalho por meio do polinômio de Horn (1981) e foram separadas em duas classes, cujo limite é de 5%. Esse mesmo atributo também foi analisado, preliminarmente, em quatro classes: 0 - 2; 2 - 5; 5 - 15 e >15%. Declividades entre 0 e 2% são consideradas áreas planas; declividades entre 2 e 5% constituem áreas levemente onduladas; declividades entre 5 e 15% começam a ser fortemente onduladas, e declividades maiores que 15% são fortemente onduladas e portanto, impróprias para práticas agrícolas.

O plano de curvatura das vertentes corresponde à variação do gradiente de arqueamento na direção ortogonal da vertente (curvatura da superfície perpendicular à direção

da inclinação) e foram obtidos a partir do MDE, por meio do emprego do polinômio de Zevenbergen e Thorne (1987).

O perfil é analisado de acordo com o seu valor de curvatura (histograma de frequência) e, teoricamente, vertentes retilíneas têm valor de curvatura nulo, vertentes côncavas têm-nos positivos e convexas têm curvatura negativa (VALERIANO, 2003). Porém, vertentes com valores nulos são muito raras na natureza, assim muito pouco do que se julga retilíneo apresenta valor de curvatura realmente nulo, mas valores pertencentes a um intervalo de tolerância na vizinhança desse valor.

A classificação do plano das vertentes, em ambiente SIG, é analisada de acordo com o seu histograma de frequência que indica o valor da referida curvatura. Semelhante ao perfil, os valores nulos correspondem à inexistência de curvatura correspondendo à vertente plana, já os valores positivos representam curvatura divergente e os valores negativos correspondem à curvatura convergente.

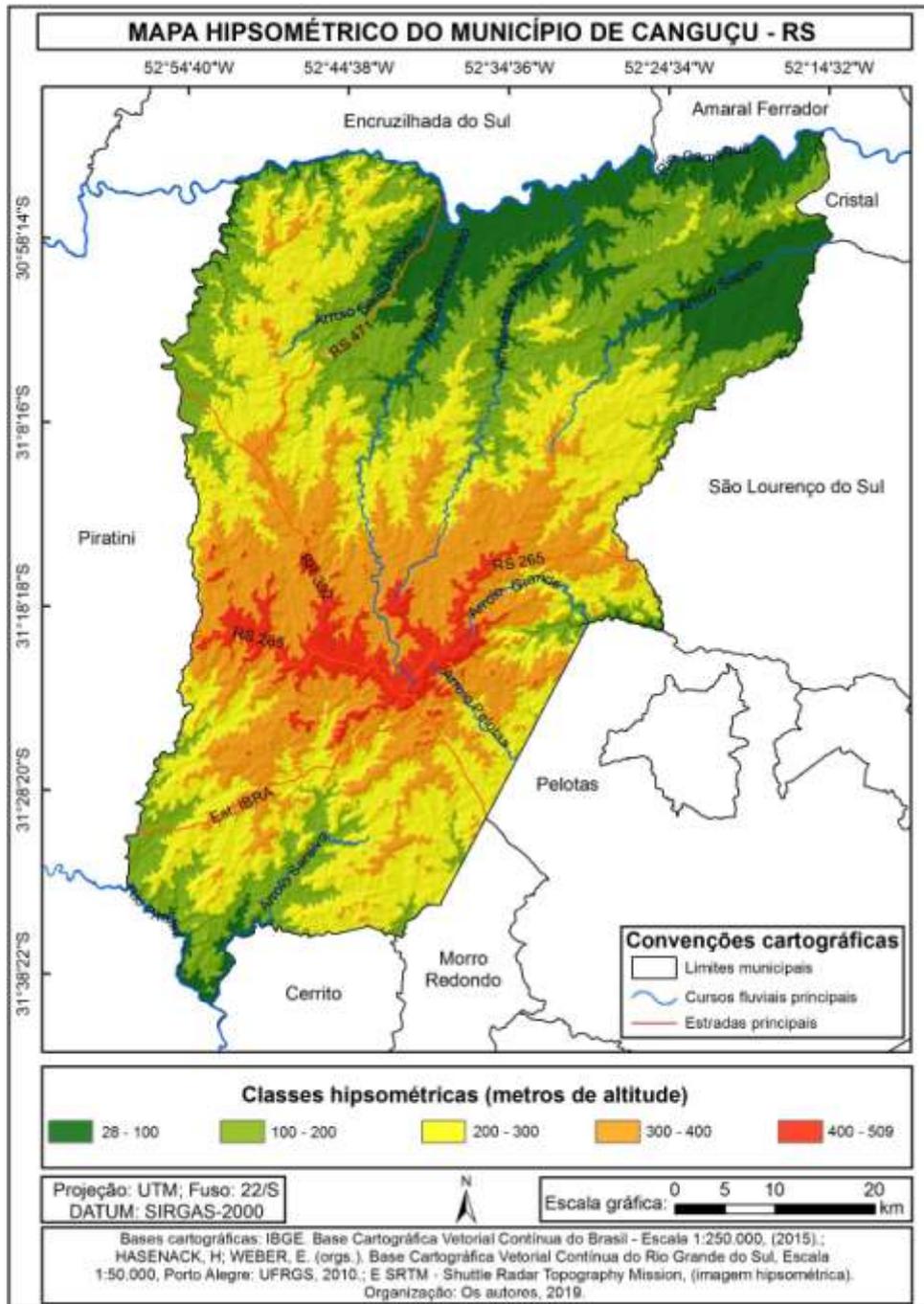
A partir da hierarquização através de árvore de decisão, se procedeu a sobreposição entre as classes de altitude, declividade e dos tipos de vertentes. Esses procedimentos foram executados através das seguintes ferramentas do software Arcgis 10.5: Arc Toolbox - Spatial Analyst Tools - Local - Combine.

Desse modo, foram definidas doze unidades morfométricas de vertentes, conforme mostrado na Figura 2.

RESULTADOS

As altitudes no município variam de 509 metros na sua porção central até altitudes de 28 metros no extremo norte, associado ao rio Camaquã, sendo a altitude média de 268 metros. Ao analisar as classes de altitude de Canguçu, destaca-se a classe com altitudes médias, entre 200 e 300 metros, que equivale a mais de 31% do município (Tabela 1). As maiores altitudes chegam a 509m, localizadas na porção central do município e as menores, que chegam a 28m estão situadas, predominantemente, na região norte e nordeste associadas as planícies do rio Camaquã (Figura 3).

Figura 3 - Mapa hipsométrico de Canguçu



Organização: Os autores, 2019

Com relação a declividade, as mais importantes são as que ocorrem no intervalo de 5 a 15%, as quais equivalem a 2.124,92 km² o que corresponde a mais de 60% da área desse município (Tabela 2) e estão espacializadas em praticamente todas as direções.

Tabela 2 - Informações quantitativas das classes de declividade do relevo de Canguçu

Classes de declividade	Área km²	Distribuição (%)
0 - 2	268,79	7,63
2 - 5	731,67	20,76
5 - 15	2.124,92	60,29
> 15	398,85	11,32
Total	3524,23	100

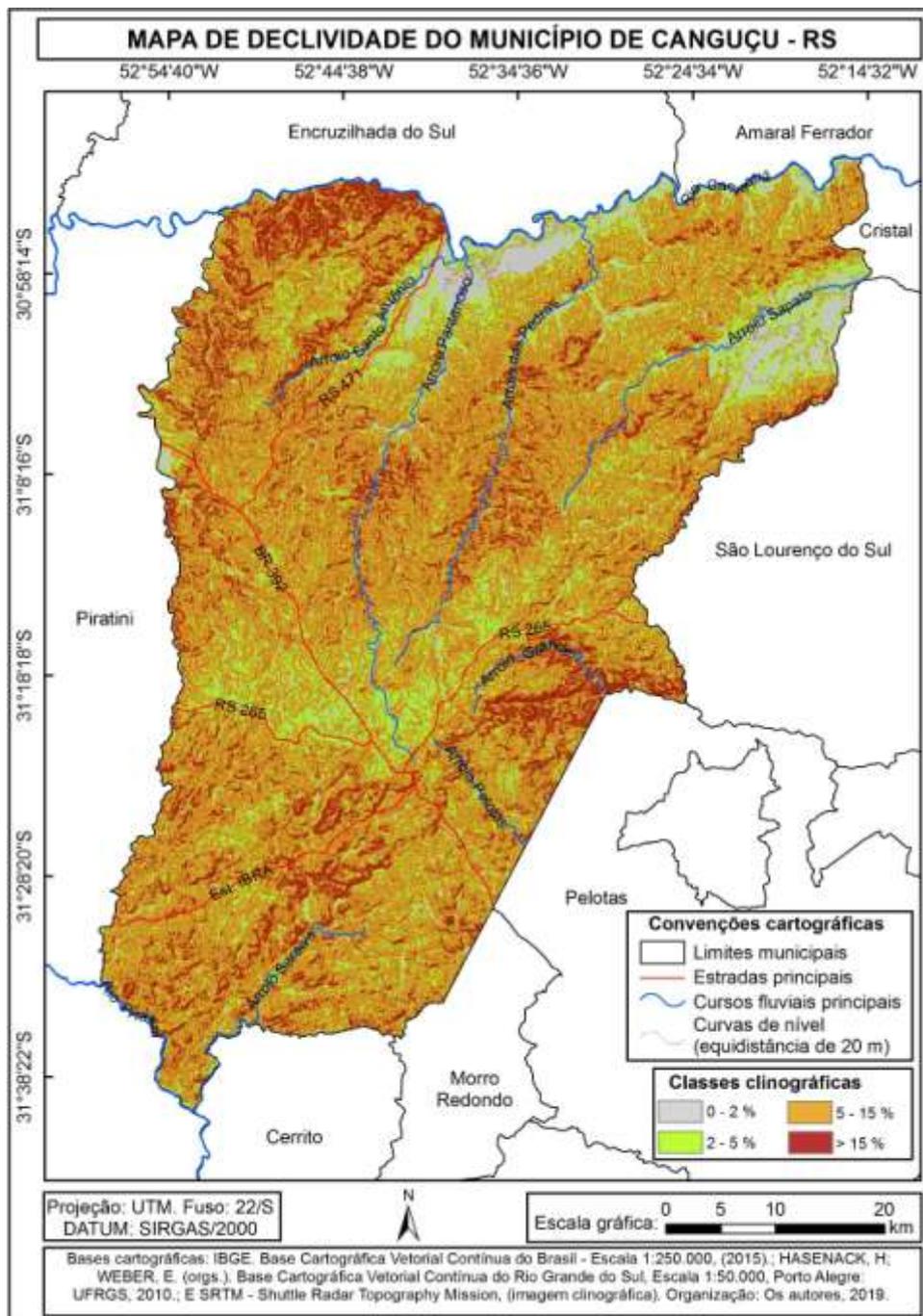
Organização: Os autores, 2019

Por outro lado, a classe entre (0 a 2%) é a que ocupa menor área. Essa classe constitui 268,79 km² equivalendo a 7,63% da área de Canguçu (Tabela 2). Esse intervalo encontra-se espacializada, principalmente, em uma faixa do norte e nordeste de Canguçu próximo as planícies do rio Camaquã e do arroio Sapato.

Consecutivamente, se apresenta a classe com declividade (> 15%), a qual ocupa 398,85 km² ou 11,32% (Tabela 2). Encontra-se espacializada ao longo de uma faixa de direção nordeste entre o centro-sul do município e abrangendo o leste próximo ao limite com os municípios de São Lourenço do Sul e Pelotas. Além disso, ocorre formando um relevo movimentado na porção noroeste do município.

A classe de declividade entre (2 a 5%) que se apresenta em 731,67 km² ou 20,76% da área de Canguçu (Tabela 2) também está espacializada em praticamente todas as áreas do município (Figura 4).

Figura 4 - Mapa de declividade de Canguçu



Organização: Os autores, 2019

O relevo também foi analisado a partir da forma das vertentes representadas por plano e perfil. A área de estudo caracteriza-se pelo plano de curvatura predominantemente formado



por vertentes convergentes com área de 1.785,76 km² ou 50,67%. Por outro lado, as vertentes divergentes representam 1.738,47 km² ou 49,33%.

As vertentes convergentes são representativas dos vales fluviais, portanto da baixa vertente onde os fluxos de água e matéria se concentram. Por outro lado, as vertentes divergentes são representativas da média e alta vertente onde os fluxos de água e matéria divergem. O leve predomínio dos tipos de vertentes convergentes explica a significativa densidade fluvial da área de estudo.

Quanto ao perfil de curvatura, a área de estudo apresenta um padrão predominantemente formado por vertentes côncavas com área de 1.856,30 km² ou 52,67%. Por outro lado, as vertentes convexas representam 1.667,92 km² ou 47,33%.

O predomínio de vertentes côncavas na área de estudo se justifica pelo grau de dissecação do relevo, sendo que elas representam maior parte dos vales fluviais, nascentes e ou cabeceiras de drenagem. As vertentes convexas são representativas da média e alta vertente das formas do relevo em colinas, morrotes e morros onde os processos morfogenéticos são significativos.

A sobreposição de informações de altitude média, declividade e forma das vertentes, permitiram identificar no município de Canguçu doze unidades morfométricas de vertentes, apresentadas em duas figuras para melhor observação. A distribuição quantitativa das unidades morfométricas podem ser observadas na Tabela 3.

As unidades I ao VI correspondem a área do município com altitudes maiores que a média (Figura 5), enquanto as unidades do VII ao XII equivalem a área do município com altitudes menores que a média (Figura 6).

Uma primeira análise a se fazer, sobre as unidades das vertentes, é que nas unidades I, II e III as declividades são superiores a 5%, caracterizando porções nas vertentes onde os processos morfogenéticos passam a ser importantes.

A unidade I predomina na área de estudo, com área de 667,02 km² ou 18,92%. Apresenta altitudes maiores que a média, declividades superiores a 5% e vertentes com curvatura plano convergente. Essa unidade caracteriza-se predominantemente, enquanto as nascentes dos canais fluviais de primeira ordem.

Tabela 3: Informações quantitativas das unidades morfométricas das vertentes no município de Canguçu.

Unidades morfométricas das vertentes	Área (km ²)	Área (%)
Unidade I	667,02	18,92
Unidade II	216,35	6,14
Unidade III	507,9	14,41
Unidade IV	236,62	6,71
Unidade V	61,63	1,75
Unidade VI	158,05	4,48
Unidade VII	564,19	16,01
Unidade VIII	216,43	6,14
Unidade IX	347,93	9,88
Unidade X	318,2	9,02
Unidade XI	76,2	2,16
Unidade XII	154,25	4,38
Total	3524,77	100

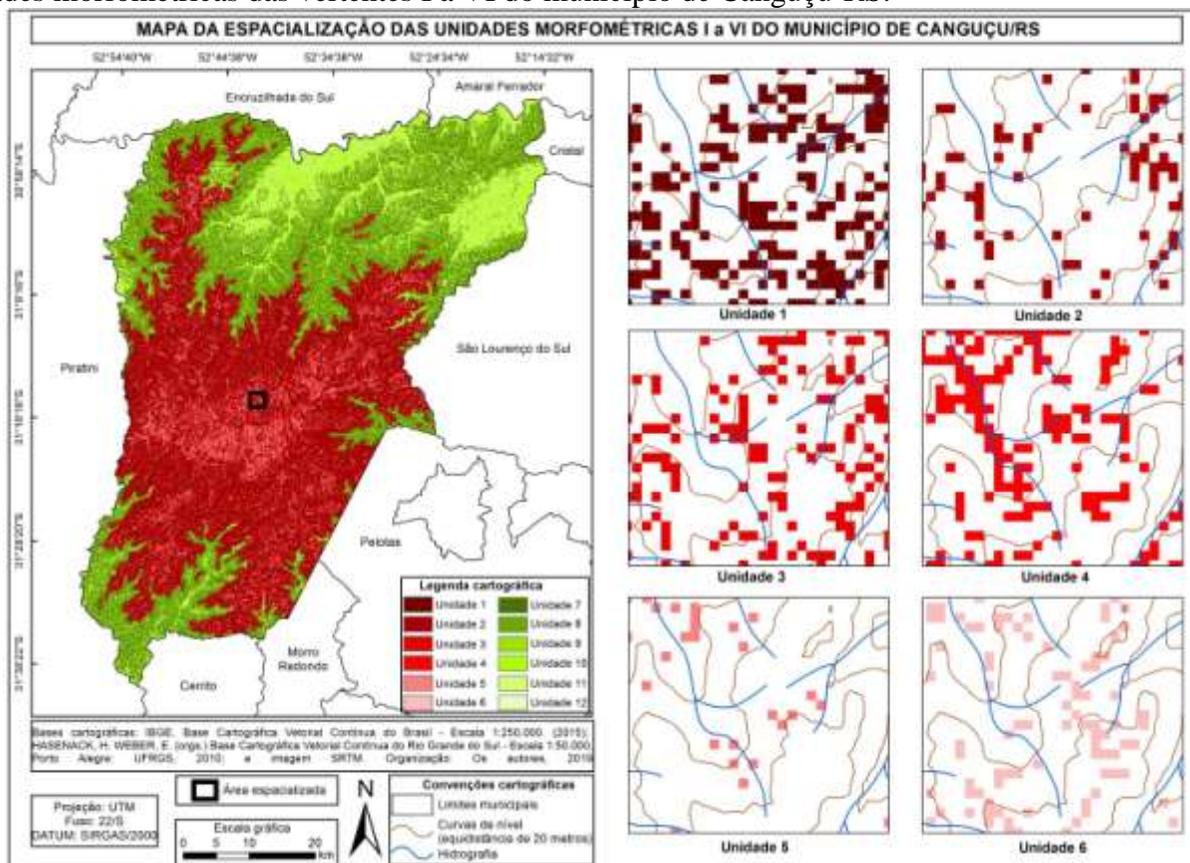
Organização: Os autores, 2019.

A unidade II cobre 216,35 km² ou 6,14% do município. Apresenta altitudes maiores que a média e declividades maiores que 5%, vertente com curvatura plano divergente e perfil côncavo. Encontra-se espacializada de forma descontínua ao longo dos interflúvios, caracterizando-se enquanto áreas dispersoras dos fluxos de água das áreas mais altas de Canguçu.

A unidade III ocupa área de 507,9 km² ou 14,41%, portanto uma área bastante expressiva. Essa unidade está espacializada de forma adensada ao longo de praticamente todos os interflúvios, e principalmente, representativa do topo dos morros e morrotes. Constituída por altitudes maiores que a média, declividades maiores que 5%, curvatura de vertente plano divergente e perfil convexo caracteriza-se enquanto as áreas mais propensas aos processos morfogenéticos no município.

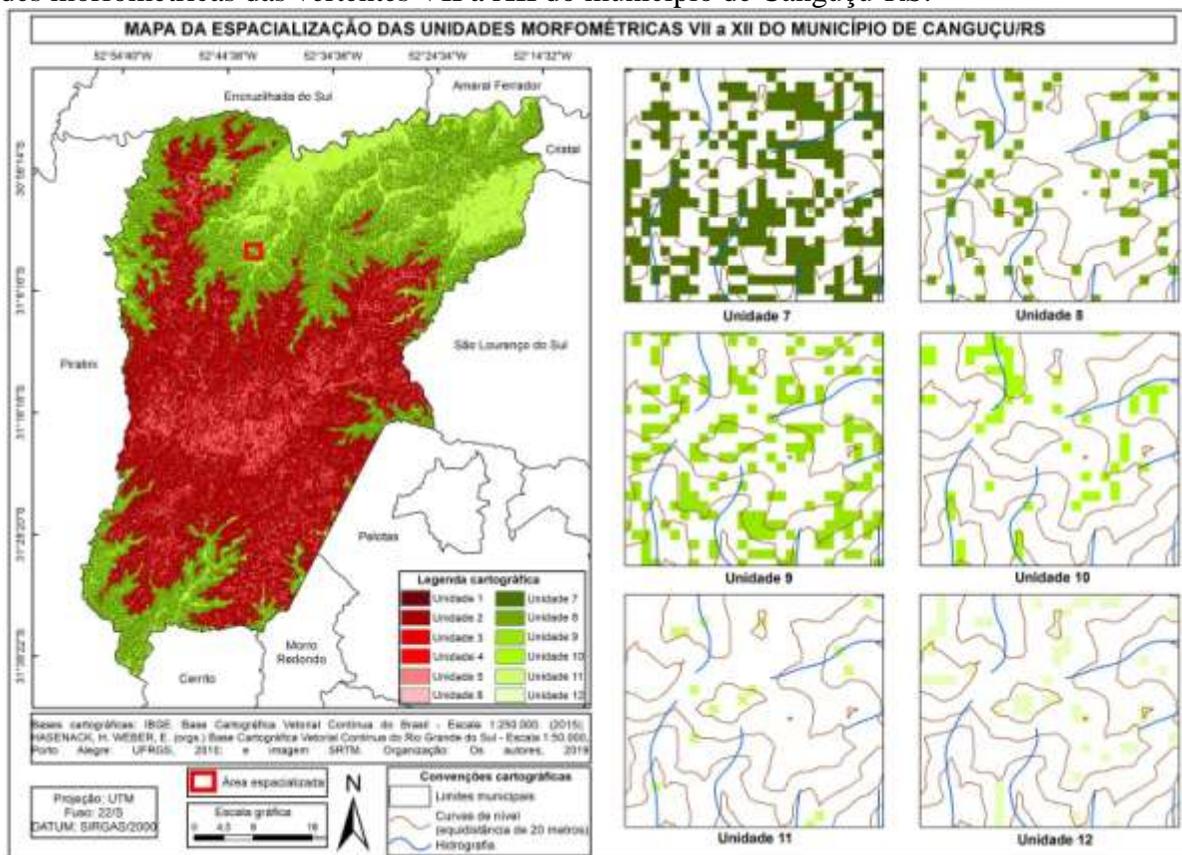
As unidades IV, V e VI representam porções na vertente com inclinações inferiores a 5%, representando áreas com baixo escoamento superficial.

Figura 5: Mapa das unidades morfométricas das vertentes I a VI do município de Canguçu-RS.



Organização: Os autores, 2019.

Figura 6: Mapa das unidades morfométricas das vertentes VII a XII do município de Canguçú-RS.



Organização: Os autores, 2019.



A unidade IV cobre uma área de 236,62 km² ou 6,71%. Compreende altitudes maiores que a média e declividades menores que 5%. Devido a essas características e, principalmente, pela curvatura de vertente plano convergente, são áreas concentradoras dos fluxos de água destacando-se enquanto as áreas úmidas, no topo de vertentes, predominando na região central do município.

A unidade V corresponde a menor área do município de Canguçu, com 61,63 km² ou 1,75%. Compreende vertentes com curvatura plano divergente e perfil côncavo. Essa unidade está concentrada próximo aos cursos fluviais.

A unidade VI caracteriza-se por altitudes maiores que a média, declividades menores que 5% e curvatura de vertente plano divergente com perfil convexo, caracterizando-se como o topo das áreas altas. Ocupa área de 158,05 km² ou 4,48%.

A unidade VII cobre a segunda maior área, com 564,19 km² ou 16,01%. Tem altitudes menores que a média e declividades maiores que 5%. As vertentes caracterizam-se por curvatura plano convergente. Constitui as vertentes que formam canais de escoamento da rede de drenagem onde ocorre a convergência dos fluxos de água.

A unidade VIII apresenta altitudes menores que a média, declividades maiores que 5%, vertentes com curvatura plano divergente e perfil côncavo. Essa unidade cobre área de 216,43 km² ou 6,14%. Espacialmente e, predominantemente, ocupa os interflúvios dos canais fluviais.

A unidade IX ocupa área de 347,93 km² ou 9,88%. Apesar de representar altitudes menores que a média, apresenta declividades superiores a 5%, e que associado a vertentes plano divergentes e perfil convexo caracterizam-se enquanto áreas dispensoras dos fluxos de água, caracterizando principalmente, o terço superior das vertentes nas formas de morros e morrotes.

A unidade X caracteriza-se por altitudes menores que a média, declividades menores que 5% e curvatura das vertentes plano convergente, portanto constitui as áreas planas e também o médio e o baixo curso dos principais arroios de Canguçu. Essa unidade representa uma área de 318,2 km² ou 9,02%.

A unidade XI representa área pouco significativa, com 76,2 km² ou 2,16%. Essa unidade é composta por áreas com altitudes menores que a média, declividades menores que



5%, vertentes com plano de curvatura divergente e perfil côncavo. Essa unidade tende a se concentrar próxima aos cursos fluviais.

A unidade XII também cobre área pouco significativa com 154,25 km² ou 4,38%. Caracterizada por altitudes menores que a média, declividades menores que 5%, vertentes com curvatura plano divergente e perfil convexo, essa unidade compreende, majoritariamente, os divisores de água menos proeminentes da área de estudo.

As áreas com altitudes menores que a média ocorrem na porção Norte e no extremo Sul do município. A espacialização das unidades morfométricas VII a XII podem ser observadas na Figura 6.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Através da aplicação de um MDT com apoio do SIG foram definidas, por cruzamento controlado por uma árvore de decisão, doze unidades de vertentes no município de Canguçu.
- Destaca-se a predominância no município, da unidade I e VII, sendo que a unidade I é caracterizada por altitudes maiores que a média, declividades maiores que 5% e plano de curvatura plano convergente, enquanto a unidade VII representa, vertentes convergentes em altitudes inferiores a média. Estas unidades representam significativa área territorial do município caracterizada por nascentes fluviais ou canais fluviais de primeira ordem.
- A análise das vertentes permite avaliar comportamentos frente a processos morfogenéticos e pedogenéticos que atuam na região.
- Por fim, considera-se que a proposta metodológica aplicada nesse trabalho, através do SIG e árvore de decisão, foi importante para análise automatizada das características predominantes das vertentes que se apresentam no município, diminuindo a subjetividade.

AGRADECIMENTO

A CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. "Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário", in Geomorfologia 18, São Paulo, IGEOG-USP, 1969.
- BISPO, P.C; VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T. M. Variáveis geomorfométricas locais e sua relação com a vegetação da região do interflúvio Madeira-Purus (AM-RO). **Acta Amazônica**, v. 39, n. 01, p-81-90, 2009.
- FRANKLIN, S. E., and D. PEDDLE, 1987, Texture analysis of digital image data using spatial cooccurrence, **Computers e Geosciences**. 13(3): 293-311.
- GUADAGNIN, P.M.A; TRENTIN, R. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOMÉTRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO CAVERÁ – RS. **Geo UERJ**. Rio de Janeiro - Ano 16, nº. 25, v. 1, 1º semestre de 2014, p.183-199.
- HASENACK, H; WEBER, E. (Orgs). **Base Cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul – Escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS – IB – Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD – ROM (Série Geoprocessamento, 3).
- HORN, B. K. P. Hill shading and the reflectance map. **Proceedings of the IEEE**, n.69, v.01, p.14-47, 1981.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico 2010**. Rio de Janeiro, 2012.
- _____. **Base Cartográfica Contínua do Brasil na escala de 1:250.000**. 2015. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapeamento-sistematico/base-vetorial-continua-escala-250mil/>
Acesso em: 10 dez 2017.
- MACMILLAN, R. A. e SHARY, P. A. Chapter 9 Landforms and landform elements in geomorphometry. In: HENGL, T. e REUTER, H. I. (eds), **Geomorphometry-Concepts, Software, Applications**. **Developments in Soil Science**, vol. 33, Elsevier, Amsterdam, 2009. Pag. 227-254.
- McBRATNEY, A. B.; MENDONÇA-SANTOS, M. L.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, v. 117, p. 3-52, 2003.
- MOORE, I. D.; GRAYSON, R. B.; LADSON, A R. Digital Terrain Modeling : A Review of Hydrological Geomorphological and Biological Applications. **Hydrological Processes**, 1991.



- ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo.** Revista do departamento de geografia. São Paulo. FFLCU-USP (1992).
- SILVEIRA, C. T.; SILVEIRA, R. M. P.; Classificação geomorfométrica de unidades morfológicas do relevo no estado do Paraná obtida de atributos topográficos e árvore de decisão. **Anais do XV Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada.** Vitória/ES. 2013.
- SIRTOLI, A. E.; SILVEIRA, C. T.; MONTOVANI, L. E.; SIRTOLI, A. R. A.; OKA-FIORI, C. Atributos do relevo derivados de modelo digital de elevação e suas relações com solos. **Scientia agraria**, v.9, n.3, p. 317-329, 2008.
- TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S.; SILVEIRA, C. T. Compartimentação geomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Itú/RS. **Revista brasileira de geomorfologia**, São Paulo, v.16, n.2, (Abr-jun) p.219-237, 2015.
- TRENTIN, R; ROBAINA, L. E. S. classificação das unidades de relevo através de parâmetros geomorfométricos. **Revista Mercator**, Fortaleza, v.15, n.3, p.53-66, jul./set., 2016.
- VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em microbacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, set./dez. 2003.
- VELOSO, A. A importância do estudo das vertentes. **Geographia**, v.4, n.8, p1-5, 2002.
- ZEVENBERGEN, L. W.; THORNE, C. R. Quantitive Analysis of Land Surface Topography. **Earth Surface Processes and Landforms**, v.12, p.47-56, 1987.