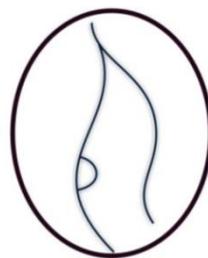




INTERFACE
ISSN 2448-2064



CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO RELEVO DO MUNICÍPIO DE NOVA ESPERANÇA DO SUL, RS

CHARACTERIZATION OF THE SPACE DISTRIBUTION OF RELIEF IN THE MUNICIPALITY OF NOVA ESPERANÇA DO SUL, RS

Carla Cargnin Faccin
carlafaccin@hotmail.com

Romario Trentin
romario.trentin@gmail.com

Luís Eduardo de Souza Robaina
lesrobaina@yahoo.com.br

Resumo

O presente trabalho, realizado no município de Nova Esperança do Sul, localizado na região Oeste do Rio Grande do Sul, teve o objetivo de definir as características das vertentes que formam as unidades do relevo da área em estudo, por meio as técnicas de geoprocessamentos associadas a análise digital do relevo. As unidades geomorfométricas foram definidas a partir do emprego de atributos topográficos obtidos de um Modelo Digital de Terreno (MDT) em uma proposta de mapeamento geomorfométrico automatizado gerados por meio de um SIG e hierarquizados através de uma árvore de decisão. Foram utilizadas três variáveis geomorfométricas: declividade, perfil de curvatura e plano de curvatura, que resultaram na decisão de oito unidades de relevo. Estas unidades apresentam uma distribuição dispersa em toda a área do município em estudo, onde predominam declividades inferiores a 5%, com perfil convexo, o que se constata na definição das unidades 3 e 4 que são as que ocupam as maiores áreas e juntas somam cerca de 37% do total da área de estudo. As vertentes com inclinações superiores a 5% as mais significativas são as com perfil côncavo onde o fluxo é divergente e nas de perfil convexo o plano é convergente, representadas pelas unidades 7 e 8 com 15% e 16%, respectivamente, da área total do município. Esta técnica de análise de relevo apresenta-se como uma importante ferramenta na caracterização do município, uma vez que associados a outros planos de informações podem auxiliar na definição de estratégias de ocupação da área.

Palavras chaves: Atributos Topográficos. Unidades de Relevo. Nova Esperança do Sul.

Abstract

The present work, carried out in the municipality of Nova Esperança do Sul, located in the West region of Rio Grande do Sul, had the objective of defining the characteristics of the slopes that form the units of the relief of the area under study, through the associated geoprocessing techniques the digital analysis of the relief. The geomorphometric units were defined using topographic attributes obtained from a Digital Terrain Model (MDT) in a proposal for automated geomorphometric mapping generated through a GIS and hierarchized through a decision tree. Three geomorphometric variables were used: slope, curvature profile and curvature plane, which resulted in the decision of eight relief units. These units have a dispersed distribution throughout the area of the municipality under study, where declines of less than 5% predominate, with a convex profile, which can be seen in the definition of units 3 and 4, which occupy the largest areas and together add up to about 37% of the total study area. The slopes with slopes greater than 5% the most significant are those with a concave profile where the flow is divergent and in those with a convex profile the plane is convergent,

represented by units 7 and 8 with 15% and 16%, respectively, of the total area of the municipality. This technique of analysis of disclosure presents itself as an important tool in the characterization of the municipality, since associated with other plans of information can help in the definition of strategies of occupation of the area.

Keywords: Topographic Attributes. Relief Units. Nova Esperança do Sul.

Introdução

A análise das vertentes compreende uma área da geomorfologia que estuda o relevo, sua gênese, dinâmica e evolução. As vertentes podem ser definidas, de forma simplificada como um elemento da superfície terrestre inclinado em relação à horizontal, que apresenta um gradiente e uma orientação no espaço. Desta forma o estudo das vertentes apresenta-se com grande potencialidade para o entendimento da morfologia do relevo e, quando relacionado a outras variáveis ambientais, como geologia, solos, uso e ocupação, possibilitam estudos de análise de potencialidades e restrições quanto a exploração deste relevo.

Atualmente, com o desenvolvimento de métodos de geoprocessamento e SIGs é possível a representação da superfície terrestre como modelos digitais do terreno (MDT), que permitem cálculos automatizados de uma série de variáveis relacionadas (VIDAL-TORRADO *et al.*, 2005). Apesar da complexidade em representar digitalmente e de forma tridimensional o relevo, as geotecnologias associadas às técnicas geomorfométricas de análise e representação em SIG, tem obtido êxito em definir parâmetros, técnicas e metodologias de análise, cada vez mais precisas.

Franklin e Peddle (1987) definem cinco parâmetros básicos à parametrização do relevo: i) elevação, ii) declividade iii) orientação, iv) curvatura, representada pela concavidade/convexidade do relevo, v) rugosidade. Macmillan & Shary, (2009) analisam um conjunto de vertentes através das curvaturas de perfil e de plano, inclinação, orientação e posicionamento na paisagem.

As técnicas geomorfométricas de classificação de relevo, apesar de clássicas na geomorfologia passam a ser amplamente utilizadas a nível global com a disponibilização de modelos digitais de elevação de acesso livre e disponíveis para grande parte de superfície terrestre, como é o caso do MDE disponibilizado pela missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). A partir do ano 2000, diversas aplicações e metodologias passam a ser empregadas, como é o caso da classificação topográfica automatizada foi realizada por Iwahashi e Pike (2007) com base em três variáveis morfométricas: declividades, convexidade das encostas e textura superficial.

No Brasil, a partir destes dados, um importante trabalho, consiste nos dados a nível nacional disponibilizados por Valeriano, (2003). Conforme o autor, em relação à análise das vertentes, as variáveis associadas ao plano e perfil das vertentes, pode-se dizer que o plano representa as condições de convergência e divergência, enquanto o perfil refere-se ao caráter convexo/côncavo do terreno, quando analisado em perfil.

Silveira *et al.* (2015) também apresentam diversas aplicações geomorfométricas, principalmente para o estado do Paraná, e definem que os atributos topográficos podem ser parametrizados a partir de variáveis, tais como altitude, declividade, aspecto, diferentes curvaturas (em plano, perfil, etc.), área de contribuição e índice topográfico de umidade.

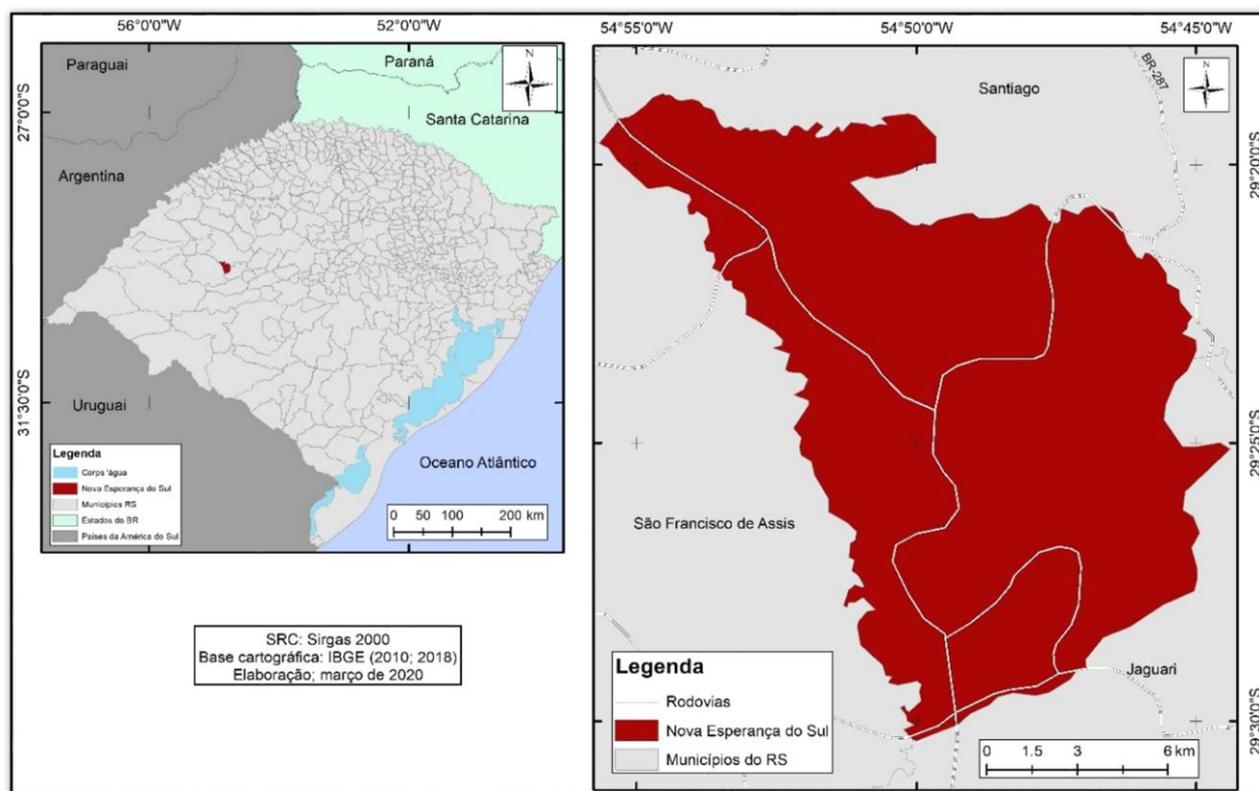
No estado do Rio Grande do Sul o trabalho de compartimentação do relevo utilizando técnicas geomorfométricas foram aplicadas por Trentin *et al* (2015), na Bacia Hidrográfica do Rio Itu, Robaina *et al* (2016), estabeleceram a compartimentação do relevo do estado do Rio Grande do Sul, Robaina *et al* (2018), aplicaram técnicas geomorfométricas para compartimentar o relevo da bacia hidrográfica do Rio Uruguai. Estes trabalhos realizam o zoneamento do relevo, empregando atributos topográficos de elevação, plano e perfil de curvatura e declividade, as variáveis são derivadas de um Modelo Digital de Elevação (MDE) e geradas por meio da ferramenta SIG.

Conforme Robaina *et al* (2015) as formas de relevo e as litologias constituem o substrato físico na qual se desenvolvem as atividades humanas e dessa forma, trabalhos de zoneamentos que

determinam unidades homogêneas são fundamentais para o entendimento dos processos geomorfológicos e como as ações geomorfológicas podem interferir no meio. Assim sendo, se estabelece a principal importância no processo de análise espacial do relevo, suas formas, padrões e dinâmica.

O presente trabalho possui o objetivo de apresentar um estudo das características do relevo no município de Nova Esperança do Sul. A área de estudo está localizada entre as coordenadas geográficas de latitude $29^{\circ} 23' 40''$ e $29^{\circ} 48' 42''$ Sul e longitude $54^{\circ} 50' 32''$ e $54^{\circ} 79' 52''$ Oeste, na região Oeste do Rio Grande do Sul e apresenta uma área de aproximadamente $193,2 \text{ km}^2$ conforme pode-se observar na Figura 01.

Figura 01: Mapa de localização do Município de Nova Esperança do Sul, apresentando a rede de drenagem principal, vias de comunicação e área urbana



Org: os autores

Material e Métodos

A classificação é realizada por meio do cruzamento de informações e atributos topográficos gerados em ambiente SIG e hierarquizados através de árvore de decisão, baseado em valores pré-definidos, com base em conhecimento da área. Foram empregados três atributos topográficos: declividade, perfil de curvatura e plano de curvatura.

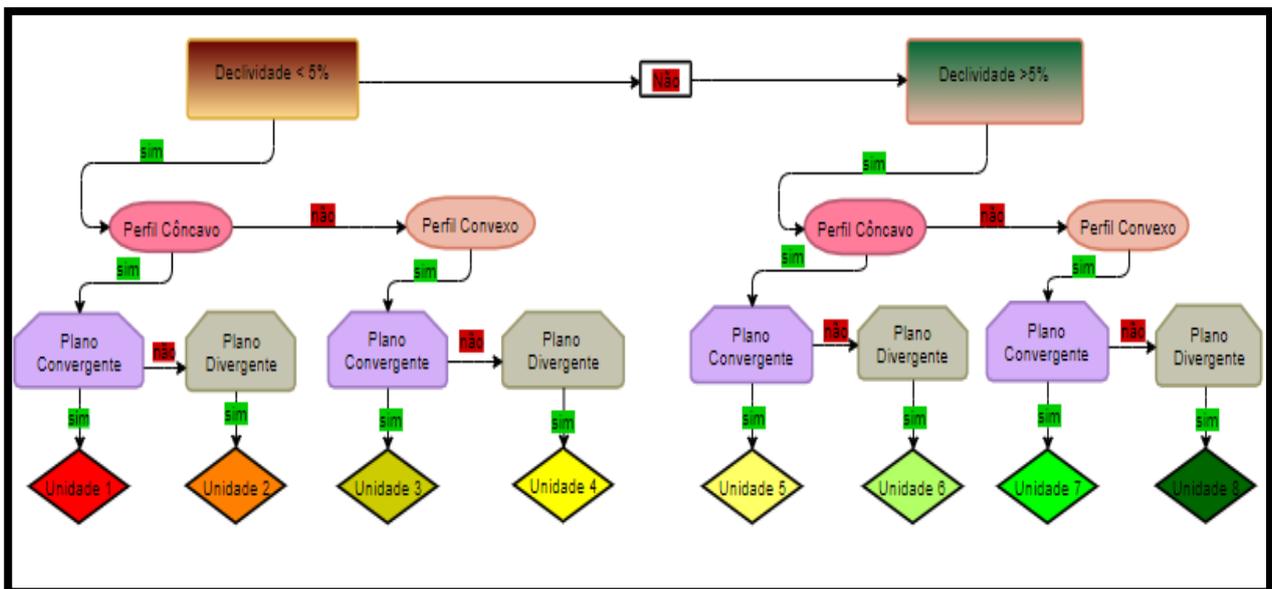
Com base na carta topográfica 1:50.000 e as curvas de nível de 20 metros, realizou-se a interpolação dessas informações altimétricas, com a ajuda do interpolador ANUDEM (HUTCHINSON, 1989) que consiste em modelo digital do terreno, hidrologicamente consistente, disponível como ferramenta no aplicativo ArcMap versão 10.1®. Através da escala das cartas base e da densidade de informações altimétricas, compostas pelas curvas topográficas e dos pontos cotados, definiu-se a resolução espacial do modelo digital do terreno (MDT) em 20 metros, calculado através do método de complexidade do relevo proposto por (HENGL, 2006).

As informações de declividades geradas a partir do MDT foram obtidas no presente trabalho por meio do polinômio de Horn (1981) e foram separadas em duas classes, cujo limite é de 5%. O plano de curvatura da vertente corresponde à variação do gradiente de arqueamento na direção ortogonal da vertente (curvatura da superfície perpendicular à direção da inclinação) e refere-se ao caráter divergente/convergente do terreno, enquanto o perfil de curvatura é a taxa de variação do gradiente de arqueamento na direção de sua orientação (a curvatura da superfície no sentido do declive) e está relacionada ao caráter convexo/côncavo do terreno, sendo decisiva na aceleração ou na desaceleração do fluxo da água sobre o mesmo. Ambos foram obtidos a partir do MDT, por meio do emprego do polinômio de Zevenbergen e Thorne (1987).

O perfil das vertentes, em ambiente SIG, 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). Em função das características do relevo do município de Nova Esperança do Sul e, pelo fato da análise das vertentes serem realizadas através da relação entre curvaturas em plano e perfil, optou-se por classifica-las apenas em côncavas e convexas.

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. Através da árvore de decisão apresentada na Figura 02, definiu-se o cruzamento das informações, onde foram identificadas 08 unidades.

Figura 02: Fluxograma apresentando a árvore de decisão utilizada para a definição das unidades geomorfológicas



Org: os autores

Resultados e Discussão

As unidades geomorfológicas indicam as características das vertentes e são baseados nos atributos de declividade, perfil e plano de curvatura das vertentes. O atributo declividade é um dos mais utilizados para caracterização do relevo, pois permite uma primeira indicação dos processos morfológicos de esculturação do relevo. As declividades acima de 5% marcam o limite de

ocorrência predominante de processos morfogenéticos erosivos. A figura 03 apresenta uma fotografia de uma vertente com inclinação superior a 5%

Figura 03: Fotografia mostrando área na porção leste do município, onde observa-se o predomínio de vertente com declividade superior a 5%.



28

Fonte: os autores

As formas das vertentes definidas pelo perfil e plano foram primeiramente analisadas por Hugget (1975) que propõe nove padrões ideais para indicações das direções dos fluxos da água sobre as vertentes, cujas diferenças nos solos e na paisagem são resultantes, em parte, do movimento da água e sua distribuição nas vertentes. O perfil de curvatura é importante para caracterizar mudanças na velocidade do fluxo da água e processos relacionados ao transporte de sedimentos, enquanto o plano de curvatura demonstra a propensão da água a convergir ou divergir no terreno (WILSON e GALLANT, 2000).

Baseando-se nos parâmetros descritos, foram classificados os tipos de vertentes e se estabeleceu o zoneamento das unidades de relevo. Para a área de estudo foram definidas 08 unidades de relevo com participação na área apresentadas na tabela 01.

Tabela 01: Área e porcentagem de cada unidade geomorfométrica definida.

| Unidades | Área km ² | Porcentagem % |
|-----------|----------------------|---------------|
| Unidade 1 | 14,8 | 7,65 |
| Unidade 2 | 16,0 | 8,22 |
| Unidade 3 | 40,0 | 20,21 |
| Unidade 4 | 33,9 | 17,57 |
| Unidade 5 | 17,0 | 8,84 |
| Unidade 6 | 30,1 | 15,58 |
| Unidade 7 | 31,5 | 16,34 |
| Unidade 8 | 10,0 | 5,60 |
| | Total 193,2 | Total 100% |

Fonte: os autores

As unidades 1 a 4, são representadas esquematicamente através de modelos de curvatura e inclinação das vertentes na Figura 04. Na figura 05 é apresentada uma fotografia de campo, onde são delimitadas as unidades geomorfométricas sobre a fotografia, ilustrando a ocorrência das mesmas no terreno. Na Figura 06 é apresentada a distribuição espacial destas unidades. Estas unidades representam as áreas menos inclinadas do município, onde as declividades são inferiores a 5% e, combinada com as curvaturas de plano e perfil, definem as 4 primeiras unidades geomorfométricas que predominam espacialmente na porção sul e extremo noroeste do município.

Figura 04: Desenho esquemático apresentando a forma das vertentes das unidades 1, 2, 3, 4



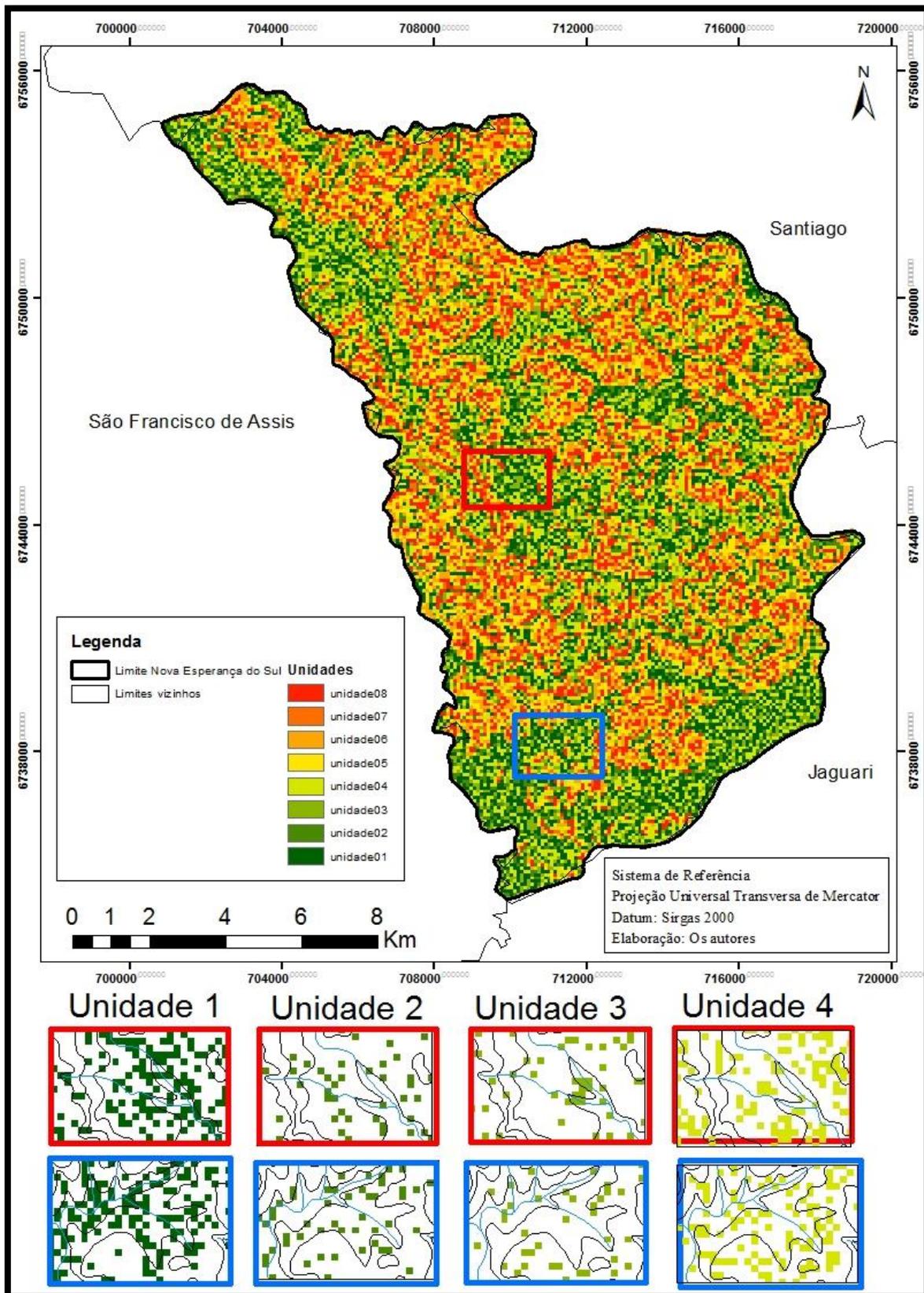
Fonte: os autores.

Figura 05: Fotografia com a identificação das unidades de relevo, com ocorrência predominante das unidades 01, 02, 03 e 04 em relevo suavemente ondulado da porção central do município.



Fonte: os autores.

Figura 06: Mapa com a distribuição das Unidades de Relevo através de Parâmetros Geomorfométricos com destaque para as Unidades 01,02,03,04.



Fonte: os autores

As unidades 1 e 2 (Figura 06) apresentam vertentes com perfil côncavo indicando escoamento mais significativo na porção de topo. A unidade 1 é predominante, se caracteriza por apresentar fluxo concentrado associado ao plano de curvatura, convergente, enquanto a unidade 2, que ocorre mais dispersa apresenta fluxo divergente.

A unidade 1 ocorre associada a canais de drenagem e formando áreas úmidas na meia-vertente de colinas. A unidade 2 ocorre, principalmente, na meia encosta em direção ao topo, ocupando o terço superior da vertente. As unidades 3 e 4 apresentam perfil convexo, indicando escoamento mais significativo na porção médio-inferior da encosta. A unidade 3 ocorre de forma mais dispersa e se associa com a unidade 1. A unidade 4 é mais comum e forma porções de topo das encostas e formando interflúvios de canais.

As unidades 5,6,7 e 8, são representadas esquematicamente através de modelos de curvaturas e inclinação das vertentes na Figura 07 e, apresentam sua distribuição espacial ao longo do município representadas na Figura 08. A Figura 09 representa uma fotografia de campo, no município de Nova Esperança do Sul, onde são delimitadas as unidades de 5 a 8, mostrando a ocorrência destas unidades espacialmente no terreno. Em função das declividades superiores a 5%, estas unidades se caracterizam pela maior suscetibilidade à processos morfogenéticos.

Figura 07: Desenho esquemático das unidades 5,6,7,8.



Fonte: os autores.

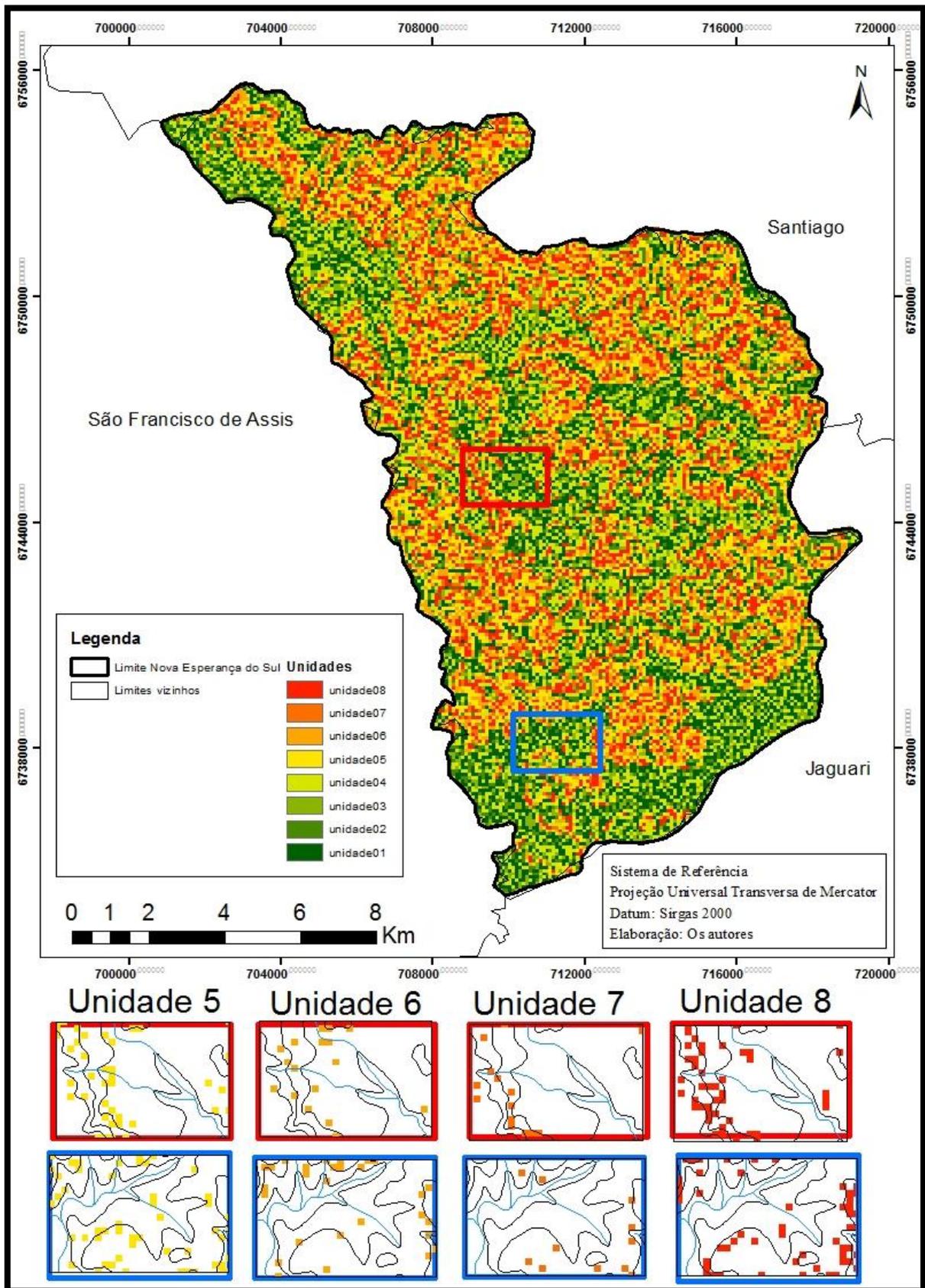
A unidade 05 (Figuras 07, 08 e 09) com fluxo concentrado e com escoamento maior no terço superior é a mais suscetível a erosão. Na unidade 06 o perfil côncavo indica escoamento maior no terço superior, mas com fluxo divergente. A unidade 07, é representado por um perfil convexo e plano convergente, marcando principalmente as nascentes presentes na região. Ocorre dispersa por toda a área em análise A unidade 08, representa porções superiores das vertentes com velocidade de fluxo aumentando em direção à base e fluxo divergente.

Quando a predominância espacial das unidades geomorfométricas, destaca-se a unidade 3 com 40 km², representando 20, 21% da área total do município e, conforme suas características morfológicas, com declividades inferiores a 5% perfil de curvatura convexo e plano convergente, pode-se definir claramente sua relação de ocorrência espacial associada a porção sul do município nas áreas de limite dos interflúvios levemente ondulados a planos.

A segunda unidade com maior ocorrência espacial é a unidade 4 que ocupa uma área de 33,90 km² e representa 17,57% da área total do município, esta unidade por sua vez, caracteriza-se também pelas declividades inferiores a 5% e perfil convexo, porém o plano de curvatura é divergente, o que indica claramente que em declividades inferiores a 5%, o perfil convexo é o predominante no município.

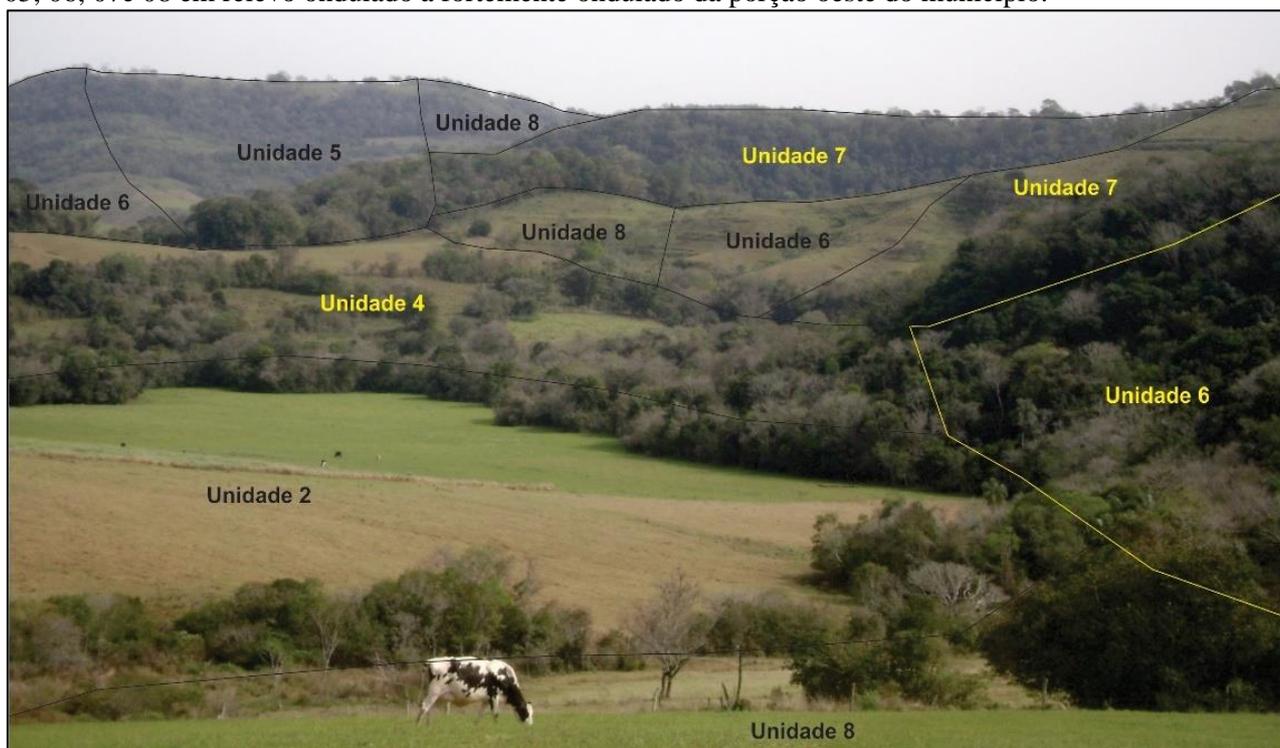
Quanto as unidades com declividades acima de 5% destacam-se as unidades 7 com 16,34% da área total do município e a unidade 6 com 15,58%. Estas unidades por sua vez, apresentam características bem distintas, a unidade 7 possui perfil de curvatura convexo e plano de curvatura convergente. Já a unidade 6, diferente da unidade 7 possui o perfil côncavo e o plano divergente, o que demonstra que em relevo de maior inclinação, as curvaturas do relevo são mais diversificadas.

Figura 08: Mapa com a distribuição das Unidades de Relevo através de Parâmetros Geomorfométricos com destaque para as Unidades 05,06,07,08.



Fonte: os autores.

Figura 9. Fotografia com a identificação das unidades de relevo, com ocorrência predominante das unidades 05, 06, 07 e 08 em relevo ondulado a fortemente ondulado da porção oeste do município.



Fonte: os autores.

Considerações Finais

O estabelecimento de critérios com parâmetros fixos, utilização de MDTs para o cálculo de variáveis favorecem no mapeamento do relevo, diminuindo a subjetividade para a identificação e a delimitação das feições. O cruzamento das informações utilizando-se a árvore de decisão com os parâmetros de declividade, perfil e plano de curvatura das vertentes permitiu identificar 08 unidades representativas no município de Nova Esperança do Sul.

Como características gerais, constatou-se que no município de Nova Esperança do Sul apresenta áreas onde predominam declividades inferiores a 5%, com perfil convexo, o que se constata na definição das unidades 3 e 4 que são as que ocupam as maiores áreas e juntas somam cerca de 37% do total da área de estudo. As vertentes com inclinações superiores a 5% as mais significativas são as com perfil côncavo onde o fluxo é divergente e nas de perfil convexo o plano é convergente, representadas pelas unidades 7 e 8 com 15% e 16%, respectivamente, da área total do município.

O produto cartográfico obtido possibilita considerar que a metodologia utilizada é adequada para a caracterização das vertentes da área de estudo e a espacialização dos processos presentes, com potencial para suporte em trabalhos que relacionem as características do relevo com outros atributos ambientais e de uso do solo.

Referências Bibliográficas

AMEIDA, M. P.; TRENTIN, R. **Compartimentação geomorfométrica da bacia hidrográfica do Arroio Caverá –RS.** Revista do Departamento de Geografia, Rio de Janeiro, V.1, n.25, p. 183-199,2014.

FRANKLIN, S. E., and D. PEDDLE, 1987, **Texture analysis of digital image data using spatial cooccurrence**, *Computers & Geosciences*, 13(3): 293-311.

HENGL, T. Finding the right pixel size. *Computers & Geosciences*, 32, 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 HUGGET, R. J. Soil Landscape Systems: A model of soil genesis. *Geoderma*, v.13, p.01-22, 1975.

HUTCHINSON, M. F. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*, 106, p. 211-272, 1989.

IWAHASHI, J.; PIKE, R. J. **Automated classifications of topography from DEMs by an unsupervised nested-means algorithm and a three-part geometric signature**. *Geomorphology* 86(3-4): 409-440, 2007.

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.

ROBAINA, L. E. S. ; TRENTIN, R. . Analysis of the Basin of the Uruguay River Through Automated Geomorphometric Classification of the Landforms Elements. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 11, p. 2081-2093, 2018.

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, p. 287-298, 2016.

ROBAINA, L. E. S. et al. **Zoneamento Morfológico da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí e sua Relação com os Processos Superficiais e o Uso do Solo**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 63-77, 2015.

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**. *Geografia 0100-7912*, v. 41, 2016.

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.

Trentin, R., 2011. **Mapeamento Geomorfológico e Caracterização Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itu – Oeste do Rio Grande do Sul – Brasil**. Tese (Doutorado). Curitiba. Universidade Federal do Paraná.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. S. ; SILVEIRA, C. T. . Compartimentação geomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Itú/RS. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 16, p. 219-237, 2015.

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, p.539-546, 2003.

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, p.539-546, 2003.

VALERIANO, M. M.; CARVALHO JÚNIOR, O, A. **Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias**. Revista Brasileira de Geomorfologia, v 4, n.1, p.17-29, 2003.

VELOSO, A. **A importância do estudo das vertentes**. Geographia, v. 4, n. 8, p 1-5, 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: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. p. 145–192.

35

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

ZEVENBERGEN, L.W.; THORNE, C.R. **Quantitative Analysis of Land Surface Topography. Earth Surface Processes and Landforms**, v.12, p.47-56, 1987.