

Utilização de parâmetros geomorfométricos para a classificação do relevo do município de Mata – RS

Danielli Flores Dias
Universidade Federal de Santa Maria

Romario Trentin
Universidade Federal de Santa Maria

Rodrigo Diniz Marques
Universidade Federal de Santa Maria

Resumo

Nos últimos anos, o estudo das formas de relevo tem sido cada vez mais fundamental para o entendimento da configuração do espaço geográfico. A parametrização do relevo refere-se a representação quantitativa das características morfológicas da paisagens descritas de forma contínua por meio de equações aplicadas a modelos numéricos de representação altimétrica que derivam os atributos geomorfométricos. Diante disso, foi realizado uma compartimentação do relevo no município de Mata, através da utilização de parâmetros geomorfométricos. A classificação do relevo da área de estudo, realizou-se a partir da proposta de mapeamento geomorfométrico automatizado por Silveira e Silveira (2013), seguindo os preceitos de Iwahashi e Pike (2007). O relevo do município também foi analisado seguindo a proposta descrito por Guadagnin e Trentin (2014) e Trentin et al (2015), baseando-se em um cruzamento de índices topográficos gerados através de um ambiente georreferenciados de um SIG e hierarquizados através de uma árvore de decisão com valores pré-definidos. Com base nisso, a classificação do relevo foi realizada através do cruzamento de informações e atributos topográficos extraídos de dados SRTM gerados por meio de um SIG e hierarquizados através de uma árvore de decisão, resultando assim, em doze unidades geomorfométricas para o município de Mata.

Palavras-chave: Compartimentação Geomorfométrica; Árvore de Decisão; Município de Mata.

Abstract:

In recent years, the study of landforms has been increasingly central to the understanding of the geographical space configuration. The relief parameter refers to the quantitative representation of morphologic characteristics described landscapes continuously by equations applied to numerical models of altimetric representation arising geomorphometric attributes. Therefore, a partitioning of relief in the municipality of Mata was conducted through the use of geomorphometric parameters. The classification of the relief of the study area, was held from the proposed automated geomorphometric mapping Silveira and Silveira (2013), following the precepts of Iwahashi and Pike (2007). The relief of the municipality was also analyzed following the proposal described by Guadagnin and Trentin (2014) and Trentin, Robaina and Silveira (2015), based on a cross topographic indices generated through a georeferenced environment of a GIS and prioritized through a tree decision with pre-defined values. Based on this, the classification of the relief was made by crossing information and topographic attributes extracted from SRTM data generated by a GIS and prioritized through a decision tree, resulting in twelve geomorphometric units for the municipality of Mata.

Key-Words: : *Geomorphometric Compartmentation; Decision Tree; Municipality of Mata.*

Introdução

Enquanto denominada como a ciência da terra, a Geografia tem como princípio fundamental, o estudo do Espaço Geográfico. Embora esteja associado a definições complexas e abrangentes, o Espaço Geográfico pode ser entendido de uma forma mais ampla, como a relação entre a sociedade e a natureza.

Schirmer (2012, p. 14) destaca que o “Espaço Geográfico é resultado da ação do homem, e dessa forma, constitui-se de aspectos ambientais, econômicos e sociais”. Diante das alterações ambientais vivenciadas até o presente momento, nota-se que cada vez mais, não se pode pensar o espaço de forma fragmentada. Compreender que as mudanças ambientais além de terem sua origem natural e que, além disso, também são influenciadas pela ação antrópica é um fator muito importante para a análise do relevo que compõem a paisagem.

A dinâmica do ambiente, está relacionada as modificações causadas pela ação antrópica. Desta forma, trabalhos que retratam a relação sociedade/natureza se revestem de grande importância, pois se hoje considerarmos todos os meios de atuação antrópica, pode-se dizer que não mais existe natureza que ainda não tenha sofrido algum tipo de influência ou alteração antrópica. As ações que o homem exerce sobre a natureza, apresentam um padrão de localização próprio de cada sociedade. Essas marcas geradas pela apropriação e transformação do meio natural, são responsáveis pela organização do Espaço Geográfico. Para Scoti (2015), as diferentes formas de avaliar o ambiente modificado permitem o surgimento de estudos, onde muitos deles, estão relacionadas a interação sociedade/natureza, que visam buscar alternativas para um uso menos agressivo e ordenado do meio ambiente.

Diante disso, nos últimos anos o estudo das formas de relevo tem sido cada vez mais fundamental para o entendimento da configuração do espaço geográfico. Cabral (2014, p. 26) destaca que o “relevo como objeto de estudo da geomorfologia, é o resultado da atuação das forças antagônicas sintetizadas pelas atividades tectônicas e estruturais e pelos mecanismos morfoclimáticos ao longo do tempo geológico, podendo ocorrer de forma simultânea ou sucessiva”.

O relevo refere-se as saliências e reentrâncias da superfície terrestre, que podem ser descritas e caracterizadas em diferentes escalas. O relevo de uma região é caracterizado por diferentes atributos, tais como, as altitudes, as declividades, o comprimento e amplitude das encostas, sendo que é a partir das cartas topográficas e recentemente, das imagens de RADAR da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), que podem-se obter e gerar essas informações.

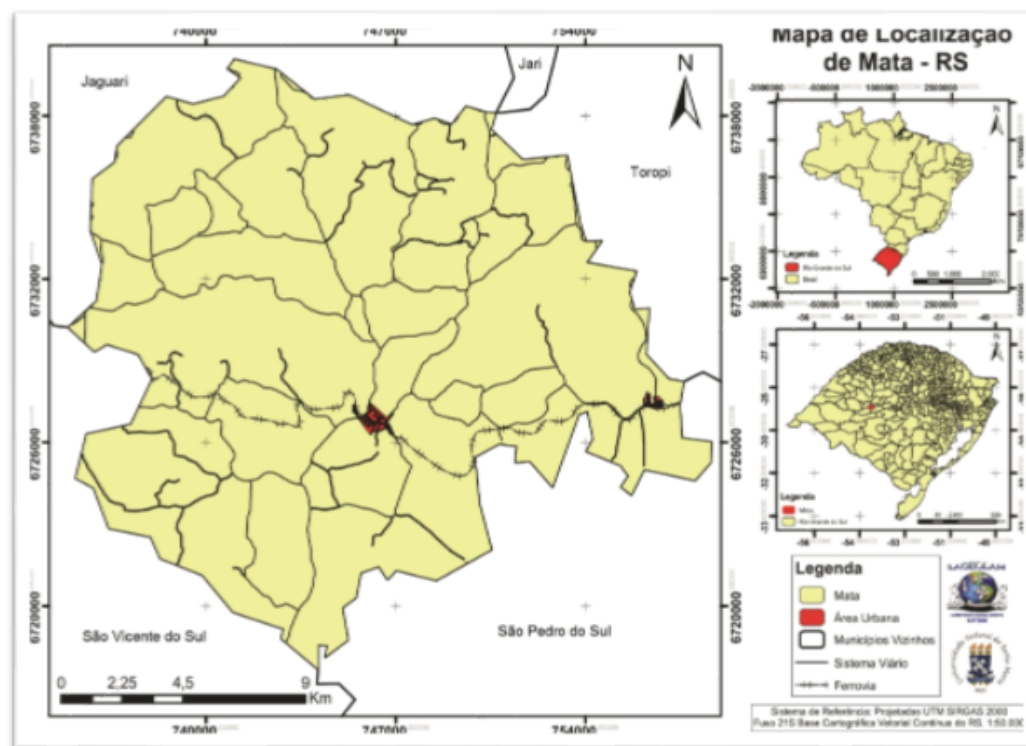
Conforme destaca Wood (1996) a parametrização do relevo refere-se a representação quantitativa das características morfológicas da paisagem descritas de forma contínua por meio de equações aplicadas a modelos numéricos de representação altimétrica que derivam os atributos geomorfométricos. Os atributos topográficos podem ser parametrizados a partir de diversas variáveis, dentre elas, destacam-se: altitude, declividade, perfil de curvatura e plano de curvatura que permitem a compartimentação geomorfométrica da área de estudo.

Diante disso, o perfil e o plano de curvatura são extremamente importantes para o entendimento da configuração do terreno e dos tipos de processos que ali podem ocorrer, como por exemplo, os processos erosivos. O primeiro refere-se ao caráter côncavo e convexo do terreno, quando analisado em perfil (VALERIANO, 2003); e o segundo refere-se ao caráter convergente e divergente dos fluxos de matéria sobre o terreno, quando este é analisado em projeção horizontal (VALERIANO e CARVALHO JUNIOR, 2003).

Alguns estudos realizados na porção oeste do Estado do Rio Grande do Sul pelo Laboratório de Geologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (LAGEOLAM/UFSM), reforçam a importância dos estudos geomorfológicos para fins de planejamento e gestão da área em análise. Diante disso, destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Guadagnin e Trentin (2014), Guadagnin, Trentin e Alves (2015) e Trentin, Robaina e Silveira (2015).

Dando continuidade a esses trabalhos de análise do relevo, apresenta-se a compartimentação geomorfológica do município de Mata, que localiza-se entre as coordenadas geográficas de 29°27'01" e 29°38'08" (latitude sul) e 54°20'01" e 54°34'20" (longitude oeste), limitando-se com os seguintes municípios: Jaguarí ao norte e a oeste, Jari ao norte, São Pedro do Sul ao leste e a sul, São Vicente do Sul ao oeste e a sul e Toropi ao leste. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014) o município possui uma área territorial de 311,8 km² e uma população total de 5.111 habitantes. A Figura 1 representa a localização do município de Mata.

Figura 1 Mapa de Localização do município de Mata.



Fonte: Os autores (2015).

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo estabelecer a compartimentação do relevo do município de Mata/RS, utilizando os processamentos em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a interpretação de parâmetros geomorfométricos.

Metodologia

A classificação do relevo para o município de Mata, realizou-se a partir da proposta de mapeamento geomorfométrico automatizado proposta por Silveira e Silveira (2013), seguindo os preceitos de Iwahashi e Pike (2007).

O relevo da área de estudo também foi analisado seguindo uma proposta de mapeamento geomorfométrico descrito por Guadagnin e Trentin (2014) e Trentin et al (2015), baseando-se em um cruzamento de índices topográficos gerados através do ambiente georreferenciados de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) e hierarquizados através de uma árvore de decisão com valores pré-definidos, com base no conhecimento da área de estudo e através de quatro variáveis morfométricas: altimetria, declividade, perfil de curvatura e plano de curvatura.

Com base nisso, a classificação do relevo foi realizada através do cruzamento de informações e atributos topográficos extraídos de dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), por meio de um SIG e hierarquizados através de uma árvore de decisão com valores pré-definidos.

Frente a isso, como base cartográfica para a geração dos atributos topográficos, utilizou-se as cartas topográficas elaboradas pela Diretoria de Serviços Geográficos do Ministério do Exército (DSG/IBGE, 1977), com escala de 1:50.000, sendo utilizadas as seguintes folhas: Jaguari (SH-21-X-D-II-4), Mata (SH-21-X-D-V-1), São Vicente do Sul (SH-21-X-D-V-2) e Vinte Tiros (SH-21-X-D-III-3), sobre as quais foram extraídas as curvas de nível de equidistância de 20 metros, os pontos cotados e a rede e drenagem da área de estudo. Através disso, realizou-se a interpolação dessas informações altimétricas, utilizando-se o interpolador ANUDEM (Hutchinson, 1989; 1996; 2008), disponibilizado como ferramenta no software ArcGis® versão 10.1 (ESRI, 2013), que cria um modelo digital do terreno hidrologicamente consistente.

No presente trabalho, estas informações foram consideradas em função da distribuição do histograma de frequência, onde foi considerada a média geral das altimetrias, que corresponde a 170 metros. A escolha por este valor como limite justifica-se pelo fato de que o município de Mata encontra-se em uma transição de uma área de Depressão (áreas mais rebaixadas) para uma área de Planalto (áreas mais elevadas).

A partir da criação do modelo digital do terreno, são geradas as demais informações que correspondem a compartimentação geomorfométrica da área de estudo. A primeira informação adquirida deste modelo corresponde as declividades do município, que foram geradas através do polinômio de Horn (1981). A declividade corresponde a um dos mais importantes parâmetros na análise das vertentes, pois tem como característica representar a sua inclinação. Diante disso, as informações correspondente as declividades foram discriminadas em duas classes cujo limite é de 5%, onde as altas declividades estão sujeitas aos processos denudacionais, enquanto que as baixas declividades estão mais vulneráveis aos processos agradacionais.

Por sua vez, em ambientes de SIG, o perfil da vertente é analisado de acordo com o seu valor de curvatura e representado por meio do histograma de frequência. Diante disso, conforme destaca Valeriano (2003), as vertentes retilíneas possuem valor de curvatura nulo, as vertentes côncavas possuem valor de curvatura positivo e as vertentes convexas possuem valor de curvatura negativo. Isso se explica em função do processamento em SIG gerar um raster com valores que variam de -5 a +5 aproximadamente. Os valores negativos correspondem as vertentes convexas, os valores muito próximos de zero são as curvaturas planas e os valores positivos, correspondem as curvaturas côncavas. Esse raster é reclassificado em apenas duas classes e conforme representa a Tabela 1, a classe 1 (convexa) corresponde a todos os valores negativos e a classe 2 (côncava) corresponde a todos os valores positivos.

Conforme comentam Guadagnin e Trentin (2014), as vertentes com valores nulos são muito raras na natureza, e assim, muito pouco do que se julga retilíneo apresenta valor de curvatura realmente nulo, mas sim, valores pertencentes a um intervalo de tolerância na vizinhança desse valor.

Por fim, a classificação do plano das vertentes em ambientes de SIG são analisadas de acordo com o seu histograma de frequência que indica o valor da referida curvatura. Semelhante ao perfil da vertente, os valores nulos correspondem a inexistência de curvatura em vertentes planas, os valores positivos representam curvatura divergente e os valores negativos representam a curvatura convergente (TRENTIN, ROBAINA e SILVEIRA, 2015).

Para a compartimentação geomorfométrica do município de Mata, optou-se pela classificação das curvaturas das vertentes em duas classes: quanto ao perfil (côncavas e convexas) e quanto ao plano (convergente e divergente), conforme representa a Tabela 1.

Tabela 1 Classificação das informações básicas para a determinação das Unidades Geomorfométricas do município de Mata.

Altitude	Declividade	Plano	Perfil
1 - < Média	1 - <5%	1 - Convergente	1 - Convexo
2 - > Média	2 - >5%	2 - Divergente	2 - Côncavo

Fonte: Adaptado de Guadagnin e Trentin (2014).

Através do cruzamento das informações utilizando-se a árvore de decisão, foram identificadas 12 Unidades Geomorfométricas que representam a distribuição espacial das características. A Figura 2 representa o fluxograma representando a árvore de decisão utilizada para definir as Unidades Geomorfométricas da área de estudo.

Figura 2 Fluxograma representando a árvore de decisão utilizada para a definição das unidades geomorfológicas do município de Mata/RS.



Fonte: Guadagnin e Trentin (2014).

Resultados e Discussões

O município de Mata apresenta como menor cota altimétrica o nível de 88 metros, localizado junto a planície de inundação do rio Toropi. Já a maior cota altimétrica que é de aproximadamente 409 metros situa-se na porção norte-nordeste do município, resultando em uma amplitude altimétrica de 321 metros. Essa diferença altimétrica pode ser explicada pelo fato de que o município de Mata encontra-se na transição da Depressão Periférica Sul-Rio-Grandense (áreas mais rebaixadas) para o Planalto Meridional Brasileiro (áreas mais elevadas).

Por sua vez, a declividade é considerada um dos atributos mais importantes para a caracterização do relevo, pois permite uma primeira indicação dos processos morfogenéticos atuantes na área de estudo. As declividades abaixo de 5% marcam o limite de ocorrência predominante dos processos morfogenéticos atuantes, enquanto que as declividades acima de 5% marcam o limite de ocorrência de processos morfogenéticos erosivos. Sendo assim, essas informações permitem a primeira divisão entre o predomínio dos processos pedogenéticos de acumulação e os processos morfogenéticos erosivos.

Já o perfil de curvatura tem por objetivo representar a forma da vertente no sentido descendente e indicar a proporção da mudança do potencial de gradiente, influenciando no fluxo da água e na velocidade dos processos de transporte de sedimentos. Para esse estudo, foram considerados os perfis de curvatura de caráter côncavo e convexo.

Por fim, o plano de curvatura tem por objetivo representar a medida da convergência e divergência topográfica, influenciando na concentração e/ou na dissipação do fluxo de água na paisagem. Diante disso, para esse estudo foram considerados os planos de curvatura de caráter convergente e divergente.

Com base nos parâmetros descritos acima, foram estabelecidas 12 Unidades Geomorfométricas que são apresentadas na Tabela 2 e descritas a seguir.

Tabela 2 Área e porcentagem das Unidades Geomorfométricas do município de Mata.

Unidades	Área em km ²	Porcentagem (%)
I	58,44	18,7
II	28,63	9,3
III	46,96	15,2
IV	8,99	2,8
V	18,36	5,8
VI	2,51	0,9
VII	6,97	2,2
VIII	34,74	11,1
IX	20,46	6,5
X	55,37	17,8
XI	10,41	3,3
XII	20,23	6,4
Total	311,8	100

Fonte: Os autores (2015).

A Unidade I cobre uma área de aproximadamente 58,44 km², representando 18,7% do total da área do município de Mata, sendo assim, considerada a unidade geomorfométrica mais expressiva dentro da área de estudo. Essa unidade predomina nas porções mais altas do município, ou seja, nas áreas que correspondem ao Rebordo do Planalto Meridional Brasileiro. Nessa unidade predominam os processos morfogenéticos de erosão em virtude de suas declividades serem superiores a 5%, as vertentes apresentam caráter côncavo e convexo, além de ser uma área em que ocorre a concentração de água em decorrência do plano de curvatura apresentar caráter convergente.

A Unidade II cobre uma área de aproximadamente 28,63 km² e representa 9,3% do total da área de estudo. Assim como a Unidade I, também ocorre predominantemente nas porções mais elevadas do município, apresentando altitude maior que a média e declividades superiores aos 5%. Nessa unidade, os processos erosivos podem ser atenuados, devido ao perfil côncavo e o plano de curvatura divergente, o que faz com que a água se dissipe com menor velocidade.

A Unidade III cobre uma área de aproximadamente 46,96 km², representando 15,2% do total da área do município. Ocorre nas porções mais elevadas do município, ou seja, nas porções que compreendem ao Rebordo do Planalto e em algumas áreas isoladas nas porções mais ao sul do município. Caracteriza-se por apresentar altitude e declividade maior que a média, o que pode levar a ocorrência de processos erosivos acentuados devido ao aumento da velocidade do fluxo em razão do perfil apresentar caráter convexo e o plano carater divergente.

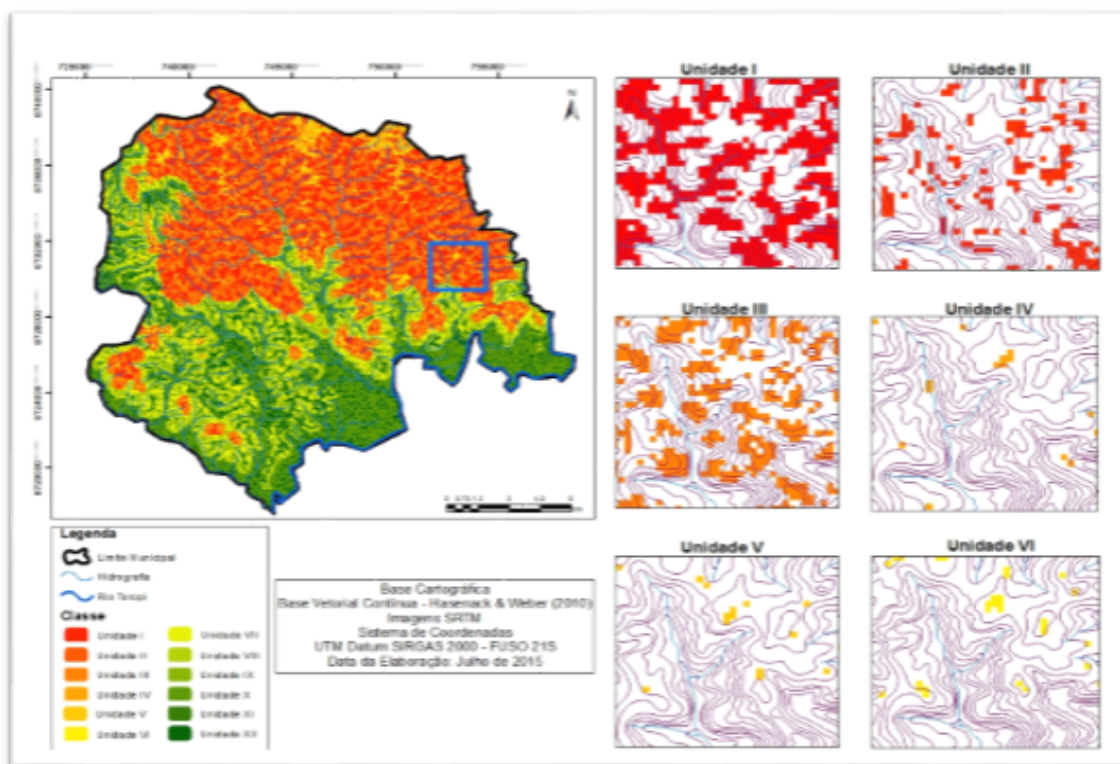
A Unidade IV cobre uma área de aproximadamente 8,99 km² e representa 2,8% da área de estudo. Distribui-se principalmente nas porções mais elevadas do município, ou seja, nas áreas que correspondem as porções noroeste-nordeste do município de Mata. Caracteriza-se por apresentar altitude maior que a média e declividades inferiores a 5%, perfil de curvatura com caráter côncavo e convexo e plano de curvatura com caráter convergente.

A Unidade V cobre aproximadamente 18,36 km², representando 5,8% do total da área do município de Mata. Ocorre principalmente nas porções mais elevadas do município, destacando-se nas áreas de limite norte e nordeste. Caracteriza-se por apresentar altitudes maior que a média, declividades inferiores a 5% e perfil de curvatura de caráter côncavo, porém nessas áreas os processos de acumulação não ocorrem de maneira significativa, em decorrência do plano de curvatura apresentar caráter divergente.

A Unidade VI cobre uma área de aproximadamente 2,51 km² e representa apenas 0,9% do total da área de estudo. Assim como a Unidade V, ocorre principalmente nas áreas mais elevadas do município e destaca-se nas áreas de limite norte e nordeste. Caracteriza-se por apresentar altitude maior que a média, declividades inferiores a 5%, perfil de curvatura convexo e plano de curvatura com caráter divergente. Diante disso, pode-se considerar que ocorre um aumento da energia de fluxo, porém, pelas baixas declividades, os possíveis processos erosivos são atenuados.

A Figura 3 representa o mapa com as Unidades Geomorfométricas, com destaque para as unidades I a VI no município de Mata.

Figura 3 Mapa das Classes Geomorfométricas do município de Mata/RS, com destaque para as unidades I a VI.



Fonte: Os autores (2015).

A Unidade VII cobre uma área de aproximadamente 6,97 km² e representa um total de 2,2% do município de Mata. Ocorre principalmente nas áreas mais rebaixadas do município, ou seja, nas áreas que correspondem a Depressão Periférica e principalmente próximas as áreas do Rebordo do Planalto. Caracteriza-se por apresentar perfil de curvatura de caráter côncavo e convexo, plano de curvatura convergente e declividades superiores a 5%, o que pode ocasionar a formação de canais de concentração de água, além de possíveis processos morfogênicos de erosão.

A Unidade VIII cobre uma área de aproximadamente 34,74 km² e representa 11,1% do total da área de estudo. Assim como a Unidade VII, ocorre principalmente nas áreas mais rebaixadas do município, próximas as áreas do Rebordo do Planalto. Caracteriza-se por apresentar perfil de curvatura côncavo e plano de curvatura de caráter divergente, o que faz com que ocorra a diminuição da energia e a dissipação do fluxo na vertente, além da possibilidade de ocorrência de processos erosivos, em virtude das declividades serem superiores a 5%.

A Unidade IX cobre um área de aproximadamente 20,46 km² e representa 6,5% do total da área do município de Mata. Assim como as Unidades VII e VIII, ocorre principalmente nas áreas mais rebaixadas do município, porém um pouco mais afastadas das áreas do Rebordo do Planalto. Caracteriza-se por apresentar perfil de curvatura convexo, plano de curvatura de caráter divergente e declividades superiores a 5%. Dessa forma, ocorre o predomínio dos processos morfogênicos de erosão, além do aumento da energia e a dissipação do fluxo de água.

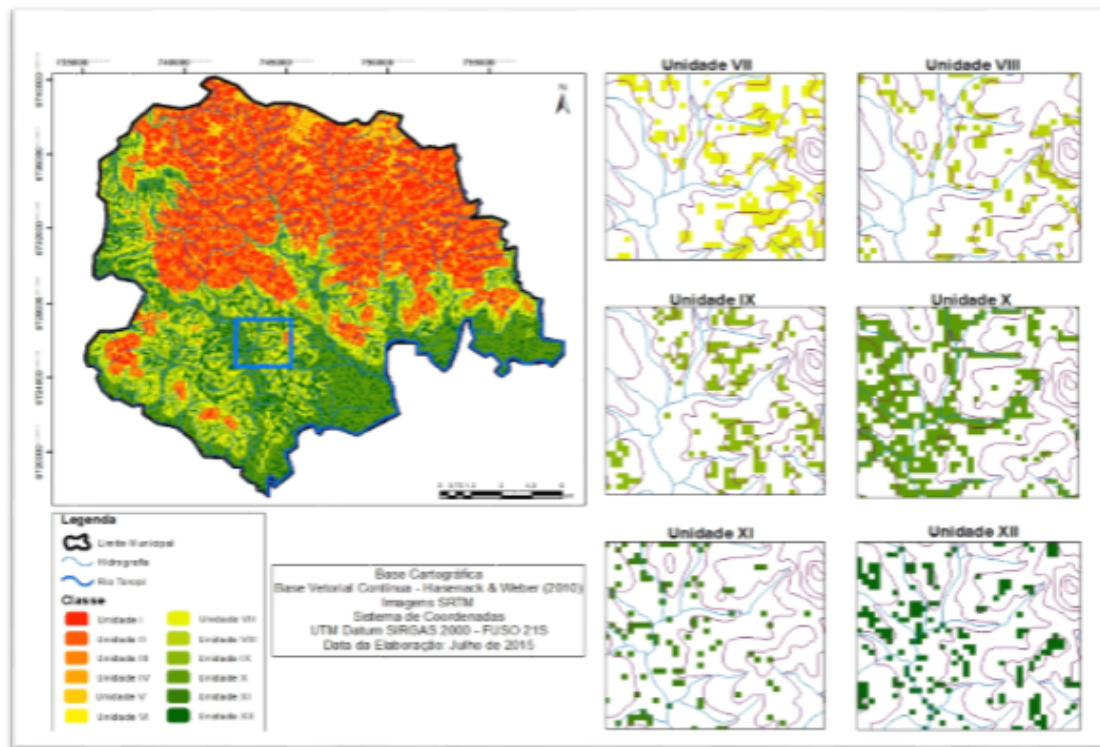
A Unidade X cobre uma área de aproximadamente 55,37 km² e representa um total de 17,8% da área de estudo, sendo assim, a segunda unidade com maior predominância no município de Mata. Ocorre predominantemente nas áreas rebaixadas do município, nos principais afluentes do Rio Toropi. Caracteriza-se por apresentar perfil de curvatura de caráter côncavo e convexo, declividades inferiores a 5% e plano de curvatura de caráter convergente, fazendo com que a concentração do fluxo de água se acumule na base da vertente.

A Unidade XI cobre uma área de aproximadamente 10,41 km² e representa 3,3% do total da área do município. Assim como a Unidade X, também ocorre nas áreas rebaixadas do município, ou seja, na área que corresponde a planície de inundação do Rio Toropi. Caracteriza-se por apresentar declividades inferiores a 5%, perfil de curvatura côncavo e plano de curvatura de caráter divergente, o que faz com que ocorra uma diminuição da energia do fluxo divergente.

A Unidade XII cobre uma área de aproximadamente 20,23 km² e representa 6,4% do total da área de estudo. Assim como as Unidades X e XI, também ocorre nas áreas mais rebaixadas do município e, conseqüentemente, a área que corresponde a planície de inundação do Rio Toropi. Caracteriza-se por apresentar declividades inferiores a 5%, perfil de curvatura convexo e plano de curvatura de caráter divergente, fazendo com que ocorra um aumento da velocidade do fluxo em direção a base da vertente, porém com fluxo divergente.

A Figura 4 representa o mapa com as Unidades Geomorfométricas, com destaque para as unidades VII a XII no município de Mata.

Figura 4 Mapa das Classes Geomorfométricas do município de Mata/RS, com destaque para as unidades VII a XII.



Fonte: Os autores (2015).

Por fim, apresenta-se a Tabela 3 que tem como intuito sintetizar as informações referentes as 12 (doze) Unidades Geomorfométricas definidas no município de Mata, através da caracterização dos atributos utilizados.

Tabela3 Síntese das informações referentes as unidades geomorfométricas do município de Rosário do Sul.

Unidade	Hipsometria	Declividade	Perfil de Curvatura	Plano de Curvatura
I	>140m	>5%	Côncavo e Convexo	Divergente
II	>140m	>5%	Côncavo	Divergente
III	>140m	>5%	Convexo	Divergente
IV	>140m	<5%	Côncavo e Convexo	Convergente
V	>140m	<5%	Côncavo	Divergente
VI	>140m	<5%	Convexo	Divergente
VII	<140m	>5%	Côncavo e Convexo	Convergente
VIII	<140m	>5%	Côncavo	Divergente
IX	<140m	>5%	Convexo	Divergente
X	<140m	<5%	Côncavo e Convexo	Convergente
XI	<140m	<5%	Côncavo	Divergente
XII	<140m	<5%	Convexo	Divergente

Fonte: Os autores (2015).

Considerações Finais

O relevo do município de Mata foi descrito com base em quatro parâmetros geomorfométricos que foram: altimetria, declividade, perfil de curvatura e plano de curvatura. A integração desses atributos possibilitou um breve reconhecimento sobre o comportamento do relevo e sua relação com os processos atuantes na superfície.

As variáveis geomorfométricas extraídas do MDE (Modelo Digital de Elevação) e gerados a partir dos dados SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), apresentaram-se como um importante recurso para a compartimentação do relevo do município de Mata/RS.

O estudo descreve as diferentes unidades geomorfométricas que compõem a paisagem da área e estudo e aponta as suas principais características quanto a fisionomia e até mesmo, os possíveis processos que podem ser desencadeados, sejam eles naturais ou através da ação antrópica. Dessa forma, além de enriquecer a geomorfologia local, também permite evoluir nos estudos ligados a dinâmica sociedade/natureza, sendo que com essas informações é possível acontecer a tomada de decisão consciente, quando se aborda como temática a questão do planejamento e do reordenamento territorial.

Com isso, destaca-se que os resultados obtidos mostraram que a metodologia e a escala de análise foram satisfatórias, cumprindo os objetivos e as expectativas esperadas. A análise do município permitiu a compartimentação da área de estudo em doze unidades geomorfométricas. Essas unidades foram definidas e mapeadas de acordo com a estrutura espacial dos parâmetros utilizados, além dos trabalhos de campo realizados no município, e que foram de extrema importância para a definição dos parâmetros utilizados.

A partir da compartimentação do município de Mata, concluiu-se que as unidades mais representativas foram a I e a X, representando 18,7% e 17,7% do total da área de estudo, respectivamente. A primeira caracteriza-se por apresentar processos morfogenéticos de erosão em razão de suas declividades serem superiores a 5%, vertentes com perfil de curvatura côncavo e convexo e plano curvatura com caráter convergente. Já a segunda caracteriza-se por apresentar declividades inferiores aos 5%, vertentes com perfil de curvatura côncavo e convexo e plano de curvatura com caráter convergente, o que faz com que ocorra a concentração do fluxo de água na base da vertente.

Referências Bibliográficas

- CABRAL, T. L. Zoneamento e Mapeamento Geoambiental do município de Sorriso-MT. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2014.
- ESRI. Environmental Systems Research Institute. ArcGIS® 10.1 License Manager and Installation. Disponível em: <http://desktop.arcgis.com/en/desktop/latest/get-started/license-manager-guide/license-manager-installation-and-startup.htm>. Acesso em: 10 set. de 2013.
- GUADAGNIN, P. M. A.; TRENTIN, R. Compartimentação Geomorfométrica da Bacia Hidrográfica do Arroio Caverá-RS. *Geo UERJ*. Rio de Janeiro, v. 1, n° 25, p. 183-199, 2014.
- GUADAGNIN, P. M. A.; TRENTIN, R.; ALVES, F. S. Relação entre as Variáveis Geomorfométricas e a Vegetação Florestal na Bacia Hidrográfica do Arroio Caverá-Oeste do RS. *Revista do Departamento de Geografia*. São Paulo, v. 29, p. 246-261, 2015.
- HORN, B. K. P. Hill shading and the reflectance map. *Proceedings of the IEEE*, v. 1, n° 69, p. 14-47, 1981.
- HUTCHINSON, M. F. A. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. *Journal of Hydrology*, 106, p. 211-232, 1989.
- HUTCHINSON, M. F. A. A locally adaptive approach to the interpolation of digital elevation models. In: *Internacional Conference/Workshop on Integrating GIS and Environmental Modeling National Center for Geographic Information and Analysis*. 3. 1996, Santa Bárbara. *Proceedings...* Santa Bárbara: University of California, 1996. CD-ROM.
- HUTCHINSON, M. F. A. Adding the Z dimension. In: WILSON, J. P.; FOTHERINGHAM, A. S. *The handbook of geographic information science*. 1 ed. Blackwell Publishing Ltda., p. 144-168, 2008.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Serviços Geográficos. Porto Alegre: Primeira Diretoria de Levantamento, 1977.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Dados do município de Mata. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 08 jun. 2014.
- 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.
- SCCOTI, A. A. V. Zoneamento Geoambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Ibicuí da Armada-RS: Potencialidades e Suscetibilidades. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2015.
- SCHIRMER, G. J. Mapeamento Geoambiental dos municípios de Agudo, Dona Francisca, Nova Palma e Pinhal Grande-RS. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil, 2012.
- 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.
- 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, 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.; CARVALHO JÚNIOR, O. A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. São Paulo, v. 4, n° 1, p. 17-29, 2003.
- WOOD, J. The geomorphological characterisation of digital elevation models. PhD Thesis. University of Leicester, Leicester, United Kingdom, 1996.