



Classificação geomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Ijuí, RS

Geomorphometric classification of the hydrographic basin of Ijuí river, RS

Rudimar Scuster Scheren^I, Luís Eduardo de Souza Robaina^{II}

RESUMO

O presente estudo realizado na bacia hidrográfica do rio Ijuí, localizada na região norte/noroeste do Rio Grande do Sul, teve o objetivo de definir as unidades geomorfométricas na área em estudo por meio de técnicas de geoprocessamento associadas à análise digital do relevo. As unidades geomorfométricas foram compartimentadas a partir do emprego de atributos topográficos obtidos de um Modelo Digital de Elevação (MDE) em uma proposta de mapeamento geomorfométrico automatizado que é realizada através do cruzamento de informações e atributos topográficos, gerados por meio de um SIG e hierarquizados através de uma árvore de decisão. Foram empregadas quatro variáveis geomorfométricas: altimetria, declividade, perfil de curvatura e plano de curvatura que resultaram na definição de doze unidades de relevo, que a partir de amostragens realizadas no alto, médio e baixo cursos da bacia, nos quais se observou que as unidades se distribuem de forma distinta ao longo da bacia, com predominância das primeiras seis unidades do alto curso, no médio curso todas as doze unidades têm ocorrência. Já no baixo curso apenas as últimas seis unidades se apresentam, porém, demonstrando estreita relação com a hierarquia fluvial, embora os formatos de perfil e plano de encosta variem em todos os setores analisados, o que significa a possibilidade de diferentes processos superficiais ao longo de toda a bacia.

Palavras-chave: Geomorfometria; Atributos topográficos; Unidades de relevo; MDE

ABSTRACT

The present study has been made in the basin of the Ijuí river, located in the north / northwestern region of Rio Grande do Sul state, with the objective of defining the geomorphometric units in the study area by means of geoprocessing techniques associated with digital relief analysis. The geomorphometric units were compartmentalized from the use of topographic attributes obtained from a Digital Elevation Model (DEM) in a proposal of automated geomorphometric mapping that is performed through the cross of information and topographic attributes, generated through a GIS and hierarchized through of a decision tree. Four geomorphometric variables were used: altimetry, declivity, curvature profile and curvature plan that resulted in the definition of twelve relief units, which were obtained from samples taken in the upper, middle and lower basin courses, in which it was observed that the units are distributed in different ways along the basin, with predominance of the first six units on the upper course, in the middle course all twelve units have occurrence. Already in the low

^I Doutorando em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. E-mail: rudimarscheren@yahoo.com.br

^{II} Professor Adjunto do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: lesrobaina@yahoo.com.br



course only the last six units present, however, showing close relation with the fluvial hierarchy, though the profile and plan of slope formats vary in all the sectors analyzed, what do means the possibility of different surface processes along the entire basin.

Keywords: Geomorphometry; Topographical attributes; Relief units; DEM

1. INTRODUÇÃO

Para compreender o relevo, sua gênese e seus processos superficiais, é importante reconhecer o tempo e o espaço das transformações, ou seja, sua origem estrutural e os processos morfogenéticos que compõem a gama de elementos e variáveis que resultam no modelado atual. Conforme SUERTEGARAY (2002), o relevo, sendo constituinte da paisagem geográfica, deve ser entendido como um recurso natural imprescindível para uma gestão ambiental adequada. Portanto, as formas de relevo constituem-se em importante parâmetro para ser analisado para compreender o meio físico, e a o seu estudo pode ser realizado a partir de várias metodologias e por meio de ferramentas que têm contribuído para o conhecimento do relevo.

Assim, o uso de Sistemas de Informação Geográfica SIG, imagens extraídas de sensores orbitais, Modelos Digitais de Elevação (MDE) ou recursos metodológicos, como a geomorfometria, são importantes para apoiar o pesquisador que deseja investigar o relevo e espacializar sua ocorrência em determinada área de estudo. Assim, os estudos do relevo utilizando a geomorfometria têm aumentado nas últimas décadas.

A geomorfometria considera a superfície terrestre como uma unidade heterogênea e contínua, porém segmentável qualitativa e quantitativamente. Muitos pesquisadores aplicam geomorfometria como parâmetro para estabelecer a compartimentação fisiográfica de determinada área em análise.

Para FLORENZANO (2008) a morfometria refere-se aos aspectos quantitativos do relevo, como as variáveis: altura, comprimento, largura, superfície, volume, altura absoluta e relativa, inclinação, declividade, curvatura, orientação, densidade e frequência de suas formas. Nesta perspectiva, emergem

os estudos no campo da geomorfometria, que analisa a superfície topográfica de forma quantitativa também conhecida como análise do terreno ou modelagem do terreno (PIKE 2000).

Segundo SILVEIRA & SILVEIRA (2014) autores como MACMILLAN et al., (2000), ROMSTAD (2001), DRAGUT e BLASCHKE (2006) apontam as vantagens da classificação geomorfológica digital, os autores argumentam em relação à redução da subjetividade na classificação manual, facilidade na comparação dos resultados derivados de diferentes conjuntos de dados e da redução do tempo de delimitação das unidades.

Segundo VASCONCELOS & CARVALHO JÚNIOR (2012), a geomorfometria obteve um desenvolvimento significativo com a profusão do uso de ferramentas como o MDE e de suas variáveis geomorfométricas que são usualmente processados em SIG. Neste contexto também são considerados os Elementos do Terrenos (ETs) e as Formas de Terreno (FTs).^[1]

As variáveis, que também podemos chamar de atributos de terreno, possuem níveis de generalização e aplicabilidade diferentes, devendo ser utilizados com propósitos específicos na estratificação da paisagem. Os atributos mais utilizados para a classificação consistem na altimetria e dos produtos provenientes de sua derivação, como declividade e as curvaturas. (VASCONCELLOS & CARVALHO JÚNIOR, 2012).

Vários autores SILVEIRA & SILVEIRA (2013,2014), GUADAGNIN, TRENTIN & ALVES (2015), TRENTIN & ROBAINA (2016), entre outros realizaram estudos recentemente em diferentes áreas e com variadas escalas de apresentação que utilizaram técnicas semelhantes para estabelecer zoneamentos, compartimentações e descrições do relevo através dos atributos obtidos por tecnologias de automação que levam à obtenção de unidades geomorfométricas representativas dos elementos de relevo

O presente estudo analisa o relevo da bacia hidrográfica do rio Ijuí, RS, utilizando métodos de mapeamento geomorfométrico automatizado adaptado de IWAHASHI & PIKE (2007).

A Bacia Hidrográfica foi escolhida como unidade de estudo por ser um limite natural e por ser a hidrografia uma condicionante fundamental na evolução do relevo e sua modelagem.

2. ÁREA DE ESTUDO

Segundo a classificação do IBGE (1986), a Bacia Hidrográfica do rio Ijuí, está inserida na região geomorfológica do Planalto das Missões, composta pelas unidades do Planalto de Santo Ângelo e Planalto dissecado rio Iguaçu-Uruguaí.

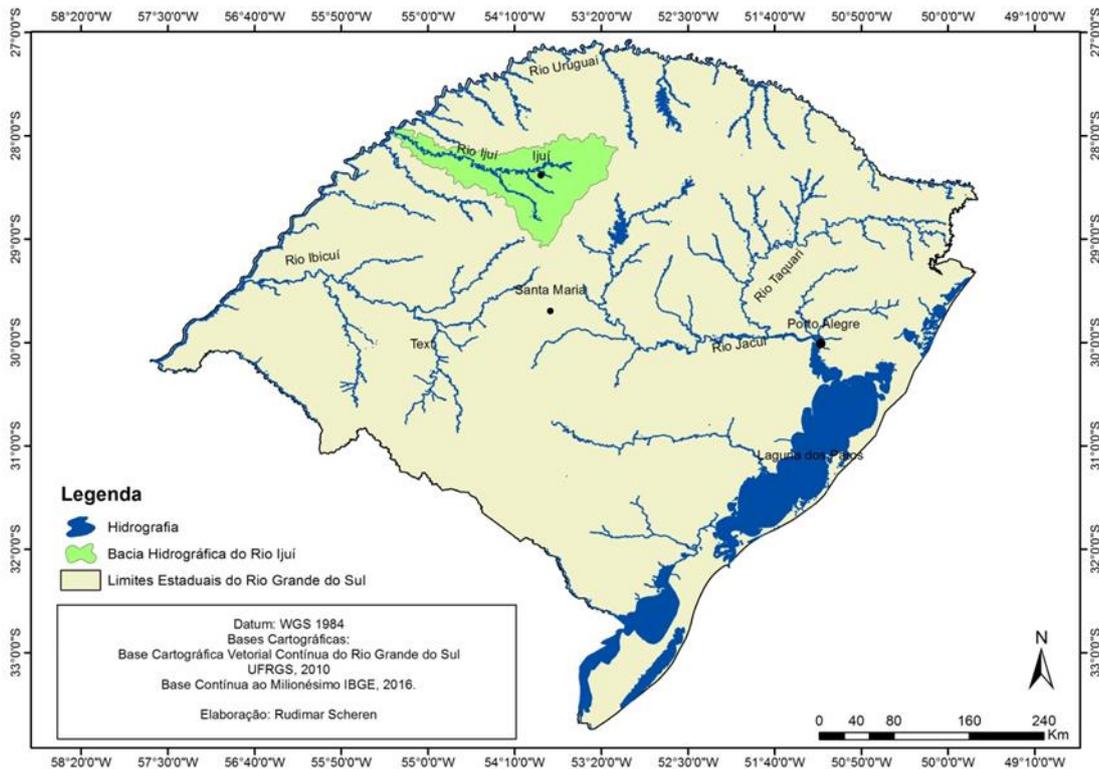
A Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí (Figura 01), tributaria da Região Hidrográfica do rio Uruguaí, situa-se a norte-noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas geográficas 27°56'37" a 29°4'45" de latitude Sul e 53°12'46" e 55°20'30" de longitude Oeste. Possui área de 10.703,78 km², abrangendo municípios como Cruz Alta, Ijuí, Panambi e Santo Ângelo, com população estimada em 341.569 habitantes, de acordo com dados do IBGE (2010). Os principais cursos fluviais são os rios Caxambu, Potiribu, Conceição, Ijuizinho e o Rio Ijuí.

O Planalto das Missões apresenta formas de relevo bastantes homogêneas definidas por colinas suaves, regionalmente conhecidas por coxilhas, esculpidas em rochas vulcânicas, com solos bem desenvolvidos. A unidade Planalto de Santo Ângelo caracteriza-se por um relevo de dissecação homogênea formando colinas e aprofundamento dos vales fluviais. Associado as colinas são comuns rebaixamentos que formam nascentes e pequenos cursos fluviais da rede de drenagem.

Geologicamente, a bacia hidrográfica do rio Ijuí, composta predominantemente por rochas vulcânicas básicas, possui registros mesozoicos do período Cretáceo, de rochas do Grupo São Bento, Formação Serra Geral,

contendo as fácies Gramado, Caxias e Paranapanema; e registros de rochas cenozoicas, do período Paleógeno da formação Tupanciretã. (CPRM, 2007). Os depósitos recentes estão associados aos canais fluviais e suas planícies de inundação.

Figura 01- Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Ijuí



3. MÉTODO

Para atingir os objetivos desta pesquisa, foram utilizadas as técnicas de mapeamento geomorfométrico automatizado (SILVEIRA & SILVEIRA, 2013) a partir dos preceitos de IWAHASHI e PIKE (2007) que aplica o cruzamento de informações e atributos topográficos gerados em SIG e hierarquizados através de uma árvore de decisão, baseada em valores pré-definidos. Assim, as unidades foram definidas a partir das seguintes variáveis: altimetria, se maior ou menor que a média (340m); declividade, se maior ou menor que 5%; perfil da encosta, se côncavo ou convexo; e quanto ao plano da encosta, se convergente ou

divergente. Desta forma, as diferentes combinações das variáveis, cada unidade terá sua própria configuração.

O Modelo Digital de Elevação (MDE) foi obtido de imagem de sensoriamento remoto da missão SRTM (2000), cujas informações são cruzadas aos dados TOPODATA com 3 *arc second* (90 metros) de resolução de resolução espacial, devido à melhor qualidade dos dados disponíveis e à grande extensão da área analisada.

Como atributos do relevo foram considerados a altimetria, a declividade, o plano e o perfil de encosta. Os dados foram cruzados utilizando o interpolador ANUDEM (HUTCHINSON 1996, 2008) do software ARCGIS 10.4.

A declividade das encostas para este trabalho será definida a partir do polinômio de HORN (1981), pois interpreta o mapa a partir do sombreamento e da reflectância da encosta, o que permite uma real percepção da declividade.

Ainda sobre o fator declividade GUERRA (2003) afirma que os processos erosivos acelerados já podem ocorrer em encostas com apenas 3°, o equivalente a 5,25 de declividade, desta forma, o ponto de inflexão do fator declividade para ser considerado como potencial para a ocorrência de dinâmica superficial atribuído neste estudo foi de 5%.

O perfil das encostas em ambiente SIG é analisado de acordo com o seu valor de curvatura informado no histograma de frequência e, teoricamente, vertentes retilíneas têm valor de curvatura nulo, vertentes côncavas apresentam valores positivos e vertentes convexas têm curvatura negativa (VALERIANO, 2003).

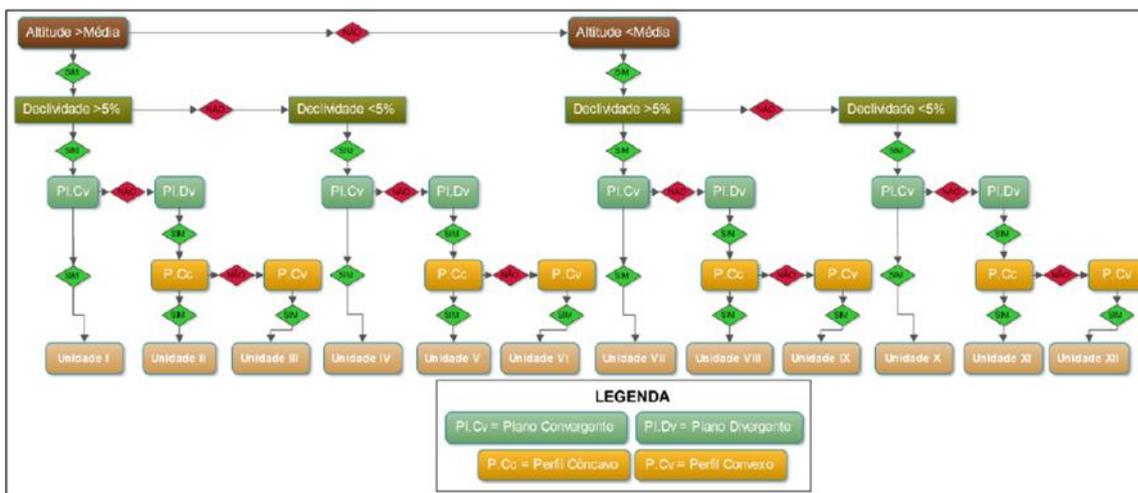
Segundo SIRTOLI *et al* (2008), o perfil de curvatura, se côncavo ou convexo, e o plano de curvatura, se convergente ou divergente, são importantes para o entendimento de processos geomorfológicos, no esforço de compreender os fluxos de matéria sobre o terreno. Portanto, cada unidade pode representar diferente processo geomorfológico ao longo da encosta.

As unidades foram diferenciadas e definidas utilizando uma árvore de decisão (Figura 02) cuja função é hierarquizar a partir das variedades

geomorfométricas os atributos selecionados em suas diferentes possibilidades de relação mútua.

O princípio básico na análise das encostas é reconhecer que os perfis podem ser caracterizados por mudanças suaves ou rupturas ao longo de linhas reconhecíveis de inflexão. As variáveis geomorfométricas e as unidades geradas, a partir delas, ajudam a compreender as mudanças presentes no relevo de uma determinada área.

Figura 02 - Fluxograma apresentando árvore de decisão, utilizado para definição das unidades geomorfométricas



Organização: os autores

Para realizar a compartimentação geomorfométrica, as curvaturas das encostas foram classificadas em dois grupos de acordo com suas características morfológicas: perfil côncavo ou convexo e plano convergente ou divergente, juntamente com as variáveis de altitude e declividade, que foram diferenciadas no momento do cruzamento de informações conforme mostra a tabela 01.

Tabela 1 - Classificação das informações básicas para a determinação das unidades geomorfométricas

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

Acompanhamento a campo permitiu visualizar as unidades obtidas pelo processo de automação aplicado, sendo que algumas foram apresentadas por meio de fotografias nos resultados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O rio Ijuí tem aproximadamente 300 km de extensão desde as nascentes de seus principais formadores no trecho mais a jusante da bacia, até sua foz no rio Uruguai. O padrão de drenagem é retangular-dendrítico devido ao controle do curso do rio ser dado pelas linhas de falhamentos e fraturas das rochas basálticas, e exorréico, com canal principal de 6ª ordem, em uma área total da bacia de 10.703,78 km².

Na bacia do rio Ijuí, as cotas mínimas são de 49 m e as máximas de 628 m de altitude, portanto, uma amplitude de 579 m, com elevação média de é 340 m. Estas e outras características do relevo da bacia foram extraídas a partir do MDE apresentado na Figura 03.

Figura 03 - MDE da Bacia Hidrográfica do rio Ijuí-RS

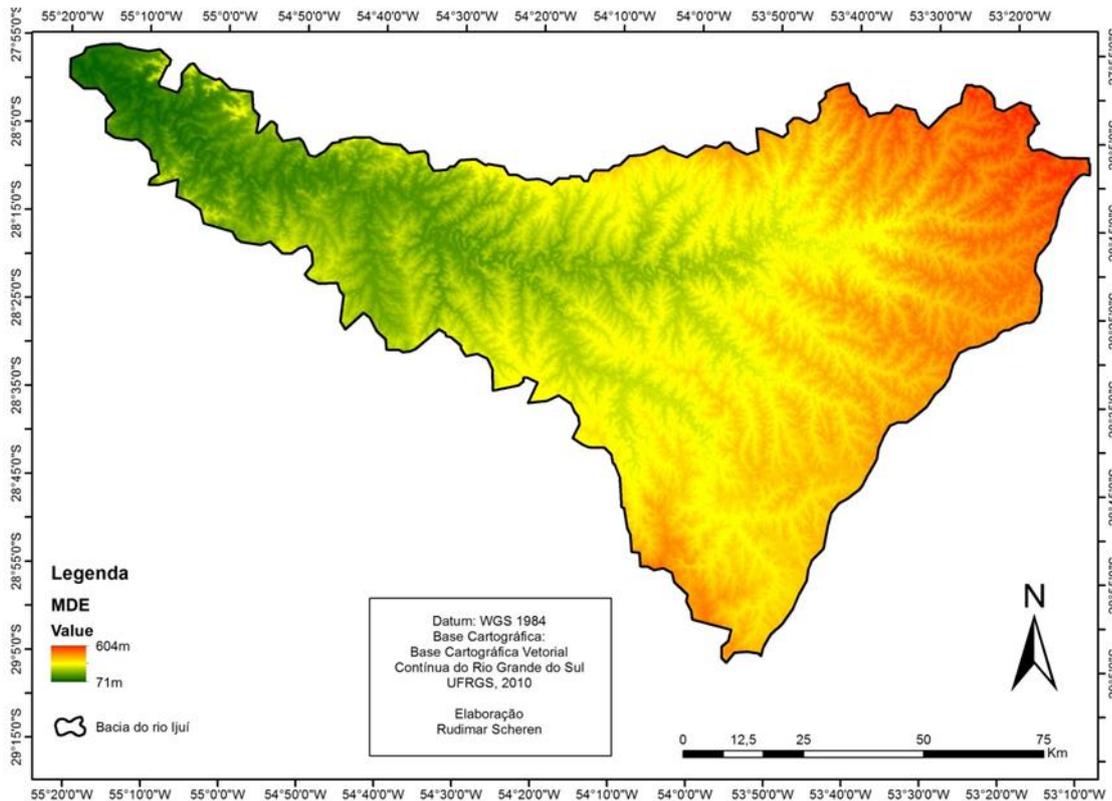
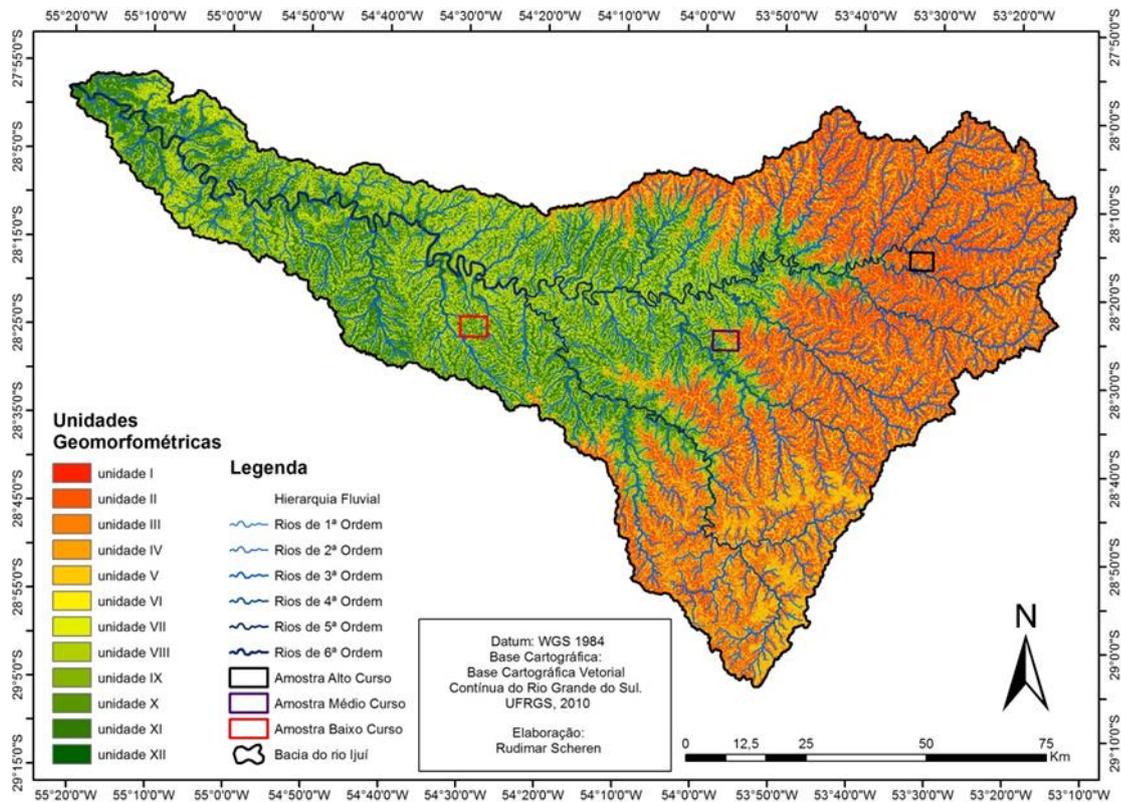


Tabela 02 - Descrição e diferenciação das unidades geomorfológicas obtidas pelo fluxograma

Unidade	Altitude	Declividade	Plano	Perfil
I	>340m	>5%	Convergente	-
II	>340m	>5%	Divergente	Côncavo
III	>340m	>5%	Divergente	Convexo
IV	>340m	<5%	Convergente	-
V	>340m	<5%	Divergente	Côncavo
VI	>340m	<5%	Divergente	Convexo
VII	<340m	>5%	Convergente	-
VIII	<340m	>5%	Divergente	Côncavo
IX	<340m	>5%	Divergente	Convexo
X	<340m	<5%	Convergente	-
XI	<340m	<5%	Divergente	Côncavo
XII	<340m	<5%	Divergente	Convexo

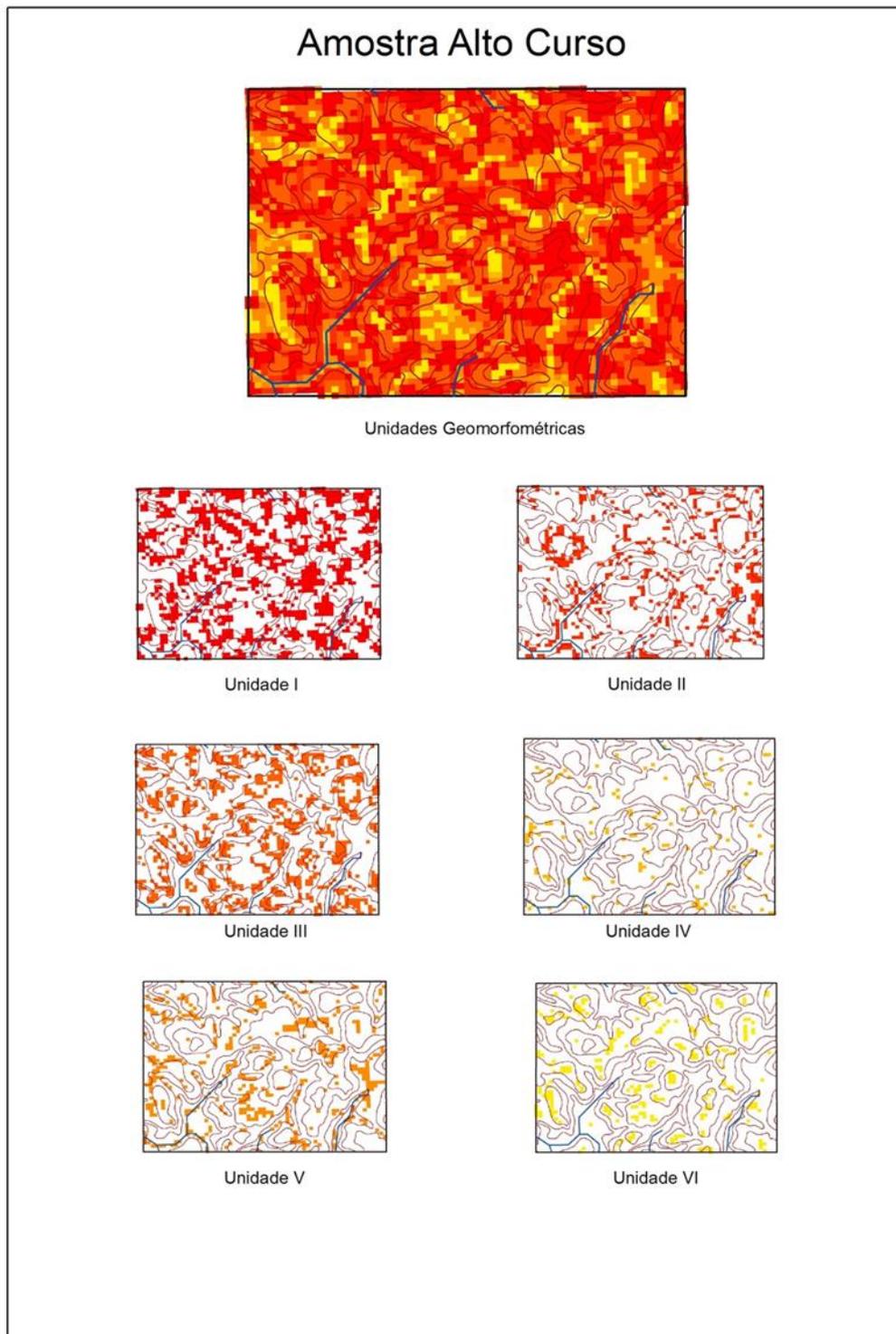
Organização: os autores

Figura 04 - Mapa das Unidades Geomorfométricas, Hierarquia Fluvial e Áreas Amostrais por Cursos na Bacia Hidrográfica do rio Ijuí-RS



Foram definidas 12 unidades geomorfométricas (Figura 4) a partir do fluxograma que hierarquiza as variáveis dos atributos selecionados em suas diferentes possibilidades de relação mútua, descritos na Tabela 02.

Figura 05 - Amostra realizada no alto curso com o detalhe das unidades de I a VI



Na Figura 05 observamos as unidades de I a VI de forma regular na área amostral escolhida para o alto curso, estas unidades também foram individualizadas na figura em uma sequência descritiva em ordem crescente por número de unidade para melhor compreensão do padrão espacial de

distribuição. As unidades de VII a XII não foram obtidas nos resultados para o alto curso.

A Unidade I representada por uma altitude maior que a média (340m), declividade maior que 5%, plano de inclinação convergente. Esta unidade abrange 1.441,946 km², ocupando aproximadamente 13,4% da bacia, sendo a maior entre as unidades mapeadas. Ocorre no alto curso da bacia nas porções da encosta onde ocorre concentração de água associadas a áreas de nascentes dos principais formadores do canal principal e sub-bacias da rede hidrográfica do rio Ijuí. Unidade suscetível a processos morfogeneticos devido à declividade maior que 5% e ao plano de inclinação convergente, que concentra o fluxo hídrico na encosta. Esta unidade está representada visualmente na Figura 06.

Figura 06 - Foto obtida em área do Alto Curso no Município de Panambi, RS



Foto: Rudimar Scheren 05/11/2017

A Unidade II Unidade com altitude maior que a média (340m), declividade maior que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação côncavo. Esta unidade possui 567,476 km², aproximadamente 5,3% da área da bacia, ocorrendo associada a unidade 01, formando porções dissipadoras de fluxo na encosta,

associadas às nascentes no alto e médio curso da bacia. Unidade suscetível a processos morfogenéticos devido à declividade maior que 5% e ao perfil côncavo que tende a aumentar a velocidade do fluxo de materiais na encosta.

Já a Unidade III com altitude maior que a média (340m), declividade maior que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação convexo. Possui 1.213,850 km², aproximadamente 11,3% da bacia, situando-se no alto curso. Forma porções da encosta dissipadoras de energia próxima aos topos. Unidade suscetível a processos morfogenéticos devido à declividade maior que 5%, porém, com pouco potencial erosivo devido ao plano de inclinação divergente, que dissipa os fluxos superficiais e ao perfil convexo que reduz a velocidade do fluxo de materiais na encosta. A unidade III está representada visualmente na Figura 07.

Figura 07 - Foto de exemplar da unidade III obtida em área do Alto Curso no município de Panambi, RS



Foto: Rudimar Scheren. 05/11/2017

Outra unidade com altitude maior que a média (340m) é a IV, porém apresenta a declividade menor que 5%, com plano de inclinação convergente. Esta unidade possui 1.159,122 km², ocupando aproximadamente 10,8% da área, no alto e médio curso. Ocorrem associados às porções de topo de encostas onde

pode desenvolver hidromorfismo pelo acúmulo de água. Unidade de potencial pedogenético devido à declividade menor que 5%.

A unidade V também combina a altitude maior que a média (340m), e declividade menor que 5%, já o plano de inclinação é divergente e apresenta perfil de inclinação côncavo. Possui 333,140 km², aproximadamente 3,1% da área mapeada, e está presente, predominantemente, associadas à unidade 3, nas porções suaves da meia encosta. Nesta unidade os processos pedogenéticos são mais significativos que os morfogenéticos. Esta unidade está representada visualmente na Figura 08.

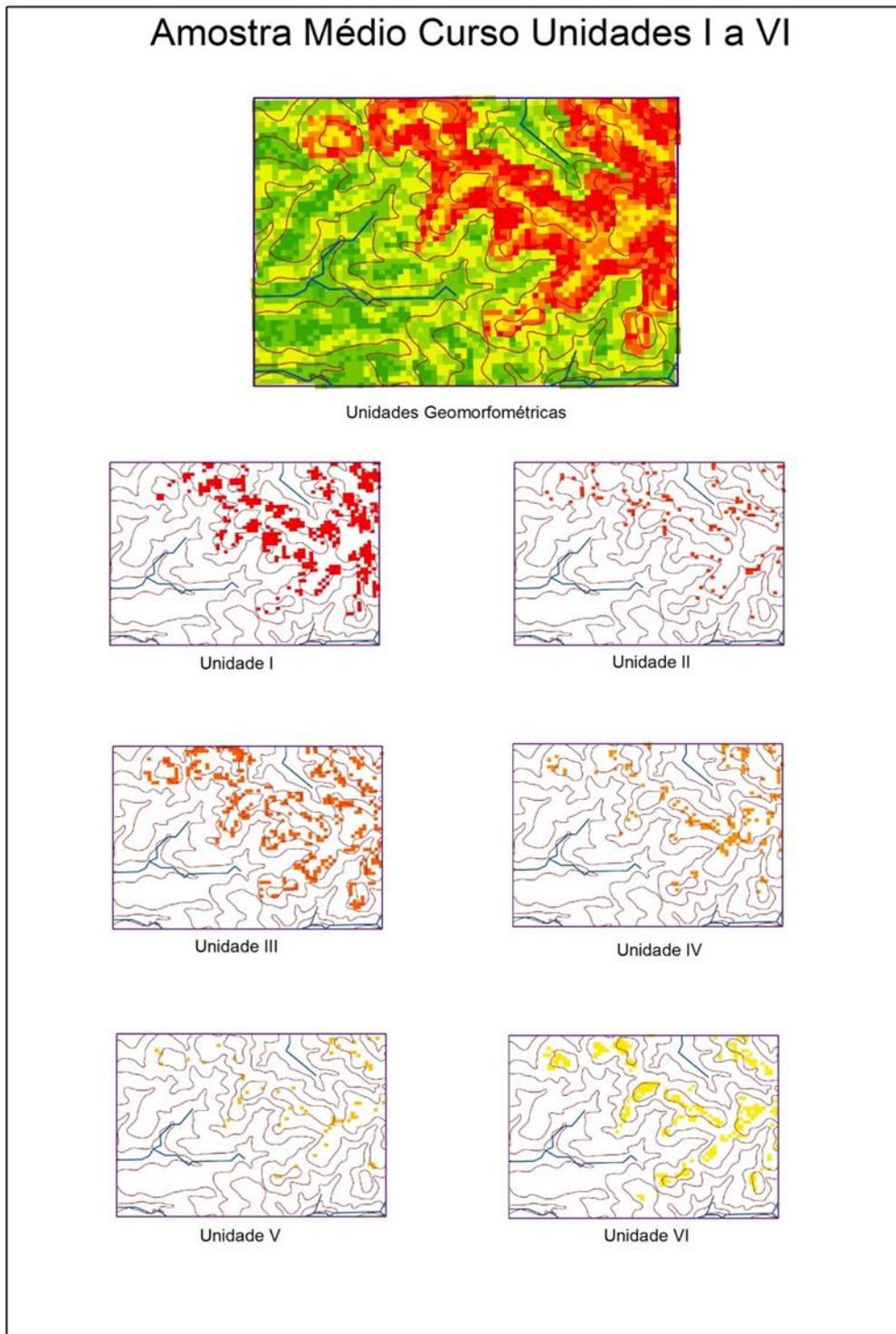
Figura 08 - Foto de exemplar da unidade V obtida em área do Alto Curso no município de Panambi, RS



Foto: Rudimar Scheren. 05/11/2017

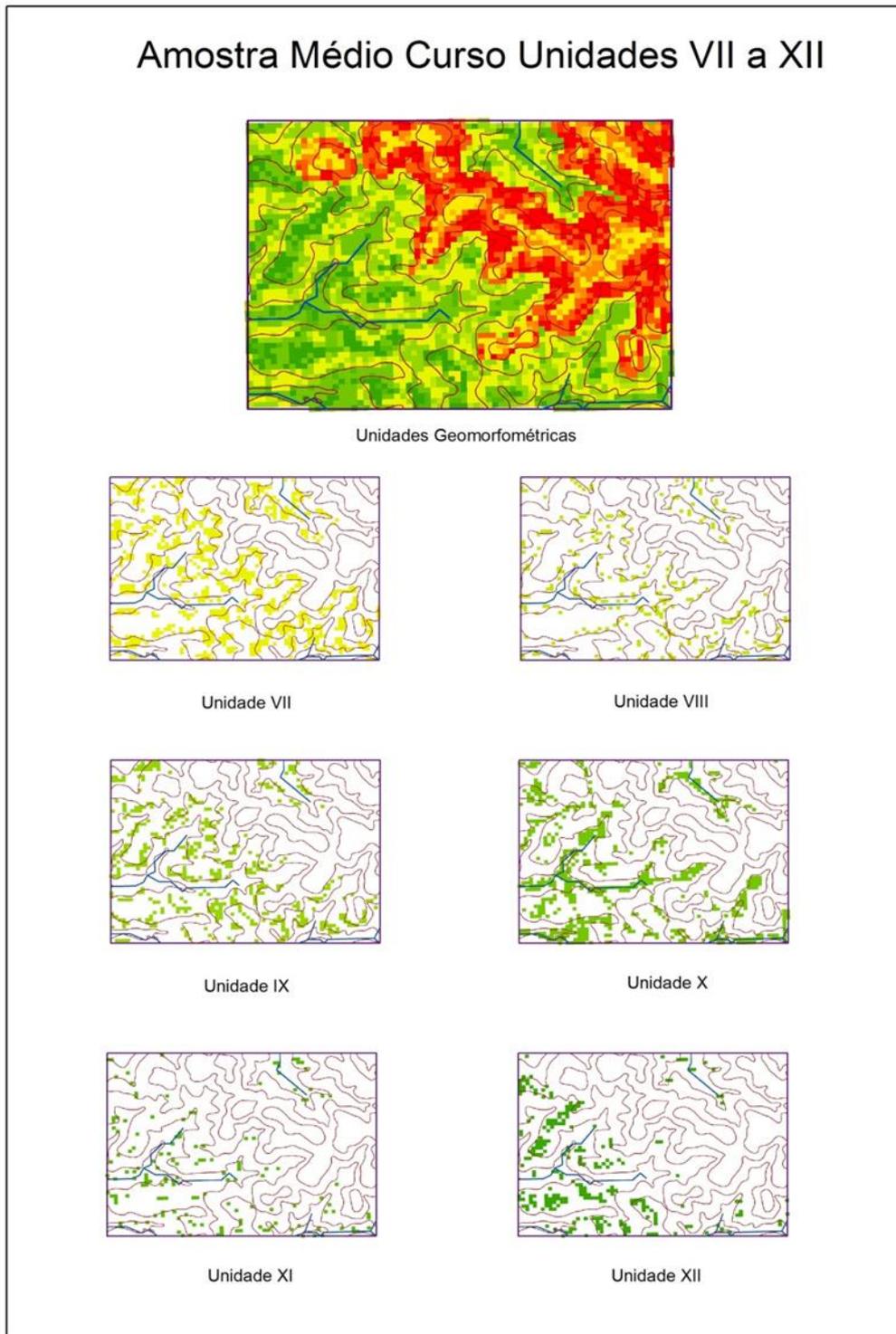
Última unidade com altitude maior que a média (340m) é a unidade VI, que apresenta a declividade menor que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação convexo. Possui 796,167 km² na área da bacia, aproximadamente 7,4% do total, ocorrendo de forma dissipada no montante da bacia, no alto e médio curso. Forma topos isolados nas encostas onde a pedogênese é potencialmente mais atuante.

Figura 09 – Amostra realizada no médio curso com o detalhe das unidades de I a VI



A Figura 09 apresenta a amostra realizada no médio curso com as unidades de I a VI também foram obtidas no alto curso e já descritas anteriormente.

Figura 10 - Amostra realizada no médio curso com o detalhe das unidades de VII a XII



A Figura 10 apresenta a amostra realizada no médio curso com as unidades de VII a XII apresentadas de forma individualizada em ordem crescente segundo o número de cada unidade, para compreender a sua distribuição espacial.

A unidade VII é a primeira das unidades obtidas que indica altitude menor que a média (340m), já sua declividade maior que 5% com plano de inclinação

convergente. Possui 1.269,822 km² na área da bacia, aproximadamente 11,8%, estando presente em todo o médio e baixo curso da bacia. Formam porções das encostas onde a concentração do fluxo gera canais. É a unidade de maior potencial erosivo entre aquelas que se situam nas áreas mais baixas que a altitude média da bacia. Esta unidade está apresentada visualmente na Figura 11.

Figura 11 - Foto de exemplar da unidade VII obtida em área do Médio Curso no município de Ijuí, RS



Foto: Rudimar Scheren. 05/11/2017

Na unidade VIII a altitude é menor que a média (340m), a declividade maior que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação côncavo. Esta unidade abrange 593,499 km², com percentual aproximado de 5,5% da bacia, no médio e baixo curso da bacia. Ocorre associada à unidade 7 formando as porções divergentes, que dispersa o fluxo superficial pluvial. Os processos de lavagem podem ser importantes gerando algum fluxo laminar com acúmulo de material na base da vertente.

Com altitude menor que a média (340m), declividade maior que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação convexo. A unidade IX abrange 927,159 km², com aproximadamente 8,6% no médio e baixo curso da bacia. Formam porções de encosta entre canais no relevo de colinas.

Já a unidade X possui altitude menor que a média (340m), declividade menor que 5%, plano de inclinação convergente. Possui uma área de 1.364,753, aproximadamente 12,7% da bacia, estando presente no baixo e médio curso, principalmente, ao longo dos canais de drenagem. Esta unidade está apresentada visualmente na Figura 12.

Figura 12 - Foto de exemplar da unidade X obtida em área do Médio Curso no município de Santo Ângelo, RS

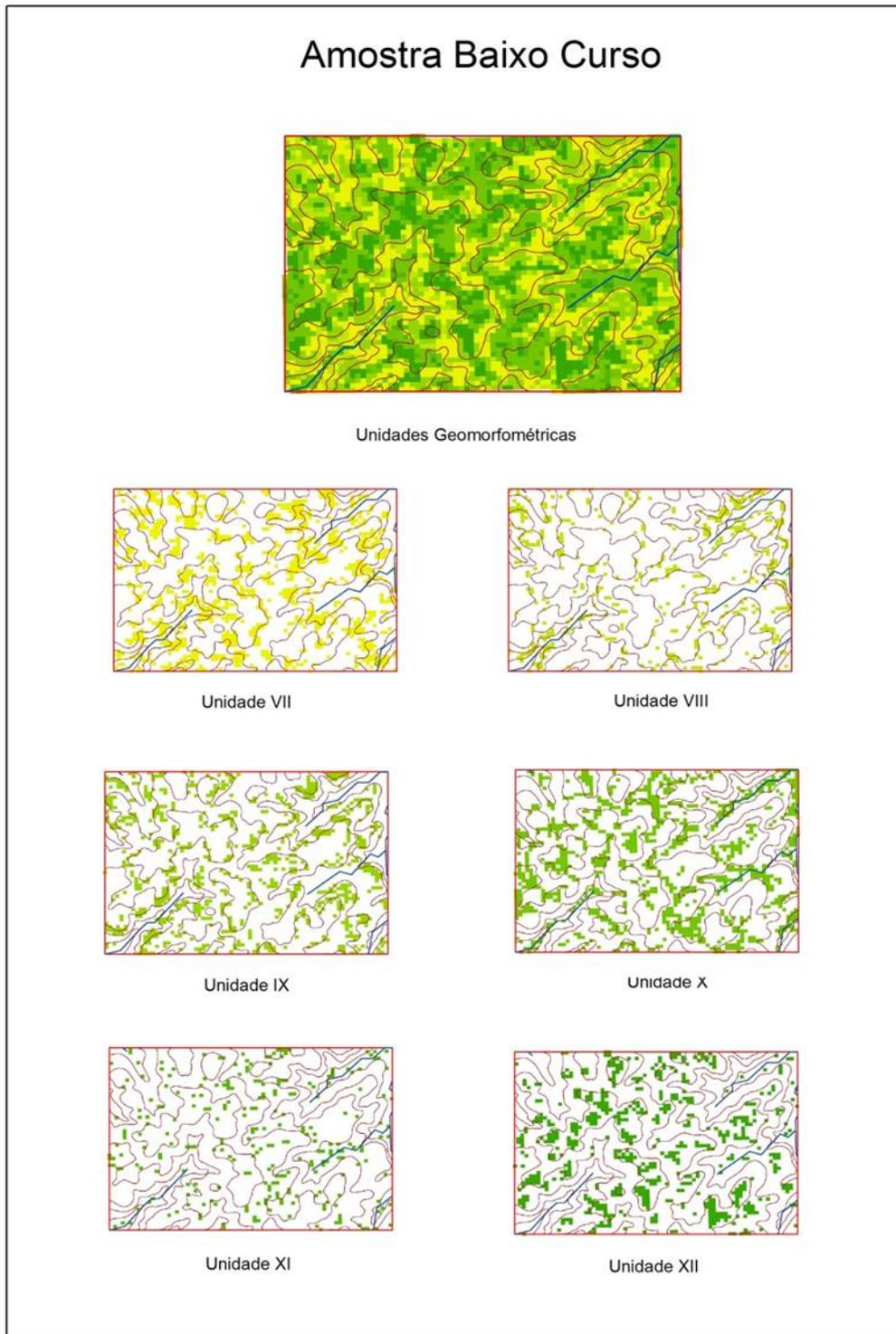


Foto: Rudimar Scheren. 05/11/2017

Para a unidade XI foram obtidas as seguintes características: altitude menor que a média (340m), declividade menor que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação côncavo. Esta unidade que abrange de forma fragmentada uma área de 384,193km², aproximadamente 3,5% da área, n no médio e baixo curso da bacia, associadas aos topos das encostas.

Por fim, a unidade XII, apresenta altitude menor que a média (340m), declividade menor que 5%, plano de inclinação divergente e perfil de inclinação convexo. Esta unidade possui 724,607 km², aproximadamente 6,7%, na área da bacia, no médio e baixo curso. Formam porções no topo das encostas associadas a unidade XI.

Figura 13 - Amostra realizada no baixo curso com o detalhe das unidades de VII a XII



A Figura 13 apresenta a amostra realizada no baixo curso com as unidades de VII a XII também foram obtidas no médio curso e já descritas anteriormente.

A partir das amostragens realizadas compreendemos que as unidades geomorfométricas seguem um determinado padrão de distribuição que pode ser comparado aos cursos do canal principal ao longo da bacia. Sendo assim, existe uma forte relação entre a distribuição das unidades geomorfométricas e a hierarquia fluvial. As unidades organizam-se e distribuem-se da seguinte forma: na amostra realizada no alto curso, estão contidas apenas as unidades de I a VI, pois são estas unidades que apresentam altitude maior que a média, enquanto a amostragem do médio curso apresenta todas as 12 unidades geomorfométricas, e por fim, a amostra do baixo curso contém apenas as unidades de VII a XII, que são as unidades que apresentam altitude menor que a média. É perceptível aqui uma forte relação do parâmetro “altitude” com a distribuição das unidades geomorfométricas, porém os formatos de perfil e plano de encosta variam em todos os setores analisados, o que significa a possibilidade de diferentes processos superficiais ao longo de toda a bacia.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A parametrização do relevo a partir da automação com uso do fluxograma ou árvore de decisão permite uma definição fundamentada em critérios pré-estabelecidos a respeito das unidades geomorfométricas, fornecendo importante ferramenta para a classificação do relevo de determinada região.

O estudo atendeu ao objetivo de realizar a descrição das unidades de encostas da bacia hidrográfica do rio Ijuí, RS, onde foram classificadas 12 unidades geomorfométricas distintas, descrevendo as condições do relevo quanto à altitude média, declividade, plano e perfil da encosta, o que permite a caracterização e entendimento da superfície terrestre na área de estudo. Ficou evidente a relação entre a distribuição das unidades e a hierarquia fluvial, bem como, com o parâmetro “altitude”.

Destacam-se as unidades, 01, 03 e 04, entre aquelas que possuem altitude maior que a média (340m), ocupando somadas 35,5% da bacia, com variações quanto à declividade, plano e perfil de encosta. Entre as unidades com altitude menor que a média (340m), destacam-se as unidades 07, 09 e 10, que somam 33,1% do total da bacia, com variações quanto à declividade, plano e perfil de encosta.

Devido sua grande extensão territorial, um estudo mais aprofundado demandaria mais tempo e recursos, principalmente saídas a campo. Contudo, com base no estudo realizado, podemos afirmar que a área não apresenta muitos locais de acentuada declividade, sendo de forma geral, homogênea quanto às feições do relevo, porém com características físicas que indicam a ocorrência de processos superficiais variados nas encostas.

Além de contribuir para o conhecimento das características físicas da região norte/noroeste do estado do Rio Grande do Sul, a classificação geomorfométrica da bacia hidrográfica do rio Ijuí, RS, permite atribuir valores numéricos ao relevo, que poderão ser cruzados e analisados juntamente com outras características naturais ou antrópicas da região.

REFERÊNCIAS

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. **Geologia e recursos minerais do Estado do Rio Grande do Norte** - Escala 1:500.000. Recife, CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2007.

GUERRA, A.J.T. Encostas e a questão ambiental. In. CUNHA, A.B. & GUERRA, A.J.T. (Orgs) **A questão ambiental. Diferentes abordagens**. Bertand Brasil, Rio de Janeiro, 2003

DRAGUT, L; BLASCHKE, T. **Automated classification of landform elements using object-based image analysis**. *Geomorphology* 81, 330–344, 2006.

FLORENZANO, T.G. (org.) **Geomorfologia: Conceitos e Tecnologias Atuais**. Oficina de Textos, São Paulo, 2008.

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 – USP**, Volume 29 (2015), p. 246 a 261.

GUERRA, A.J.T.; MENDONÇA, J.K.S. Erosão dos solos e a questão ambiental. In: VITTE, A.C.; GUERRA, A.J.T. (Orgs) **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2004.

HASENACK, H.; WEBER, E.(org.) **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul** - escala 1:50.000. Porto Alegre: UFRGS Centro de Ecologia. 2010. 1 DVD-ROM. (Série Geoprocessamento n.3). ISBN 978-85-63483-00-5 (livreto) e ISBN 978-85-63843-01-2 (DVD).

HORN, Bertold. Hill shading and the reflectance map. **Proceedings of the IEEE**, n. 69, v. 01, p. 14-47, 1981.

HUTCHINSON, M.F. Adding the Z dimension. In: WILSON, J. P.; FOTHERINGHAM, A.S. **The handbook of geographic information science**. 1. ed. Blackwell Publishing Ltd. 2008. p. 144-168.

IBGE - Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PROJETO RADAMBRASIL. Levantamento de Recursos Naturais Folhas** Folha S SH. 22 Porto Alegre, SH. 21 Uruguaiana e Sf. 22 Lagoa Mirim, V. 33 (1986).

IBGE. **Censo Demográfico, 2010**. Disponível em ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010. Acesso em maio de 2017.

IWAHASHI, J.; PIKE, R. 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.; et al. **Generic procedure for automatically segmenting landforms into landform elements using DEMs, heuristic rules and fuzzy logic**. Fuzzy Sets and Systems 113, 81-109, 2000.

PIKE, R.J. **Geomorphometry: diversity in quantitative surface analysis**. Progress in Physical Geography 24 (1), 1-20, 2000.

ROMSTAD, B. Improving relief classification with contextual merging. Proceedings of ScanGIS'2001 — The 8th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science. Ås, Norway, p. 3-13, 2001.

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.

SILVEIRA, C.T.; SILVEIRA, R.M.P. Emprego da geomorfometria na classificação de formas do relevo no estado do Paraná **REVISTA GEONORTE**, Edição Especial 4, V.10, N.1, p.129-135, 2014. (ISSN 2237-1419) 129p.

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.

SUERTEGARAY, D.M.A. **Geomorfologia Física e Geomorfologia: Uma (RE)leitura.** Ijuí, Editora Unijuí, 2002, 112 p.

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

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **USGS Global Visualization Viewer.** Disponível em : https://lpdaac.usgs.gov/data_access/glovis . Acesso em abril de 2017.

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.

VASCONCELOS, V.; CARVALHO JÚNIOR, O.A. Sistema de classificação geomorfométrica baseado em uma arquitetura sequencial em duas etapas: árvore de decisão e classificação espectral, no parque nacional da serra da canastra. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v 13, n.1, p.171-186, 2012.

^[1] Elemento de Terreno(ETs) e Formas de Terrenos (FT) são dadas pelas diferentes maneiras de analisar e compreender a encosta. Os Elementos de Terrenos (Evans, 1979) utilizam as curvaturas horizontal e vertical para analisar a encosta, enquanto so Elementos de Terreno (Wood, 1996) utilizam as curvaturas longitudinal, seccional cruzada e mínima e máxima.