

Interpretação e mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, com suporte de técnicas de geoprocessamento e utilização de dados orbitais e cartográficos.

Guilherme Garcia de Oliveira^{1,2}
Laurindo Antonio Guasselli¹
João Paulo Brubacher¹
Fabiana Rauber Sirangelo¹

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia (CEPSRM/UFRGS)
CEP 91501-970 - Porto Alegre - RS, Brasil
g.g.oliveira10@gmail.com; laurindo.guasselli@ufrgs.br; jp.brubacher@hotmail.com; fabisirangelo@hotmail.com

² Centro Universitário Univates
CEP 95900-000 - Lajeado - RS, Brasil
guilherme.oliveira@univates.br

Abstract. The geomorphological mapping is an important tool for analysis and synthesis of the relief, and represents the different shapes and sizes of the relief features. The objective of this study was the geomorphological mapping of the Taquari-Antas Basin, RS, Brazil, based on the orbital and cartographic data, and geoprocessing techniques. The choice of the study area is due to its history of floods and landslides, making it important to an update of the geomorphological map for territorial management and prevention of natural disasters. The geomorphological mapping was based on the principle of taxonomic hierarchy, identifying, in sequence, the morphostructural and morphosculptural domains, the geomorphological units, the modeled types and the relief forms, and the linear and specific features of the relief. We use a procedure based on visual interpretation and automated techniques for feature extraction and identification of relief units. In addition, we carried out two expeditions to refine the final map. Altogether, we identified six geomorphological units (GU), highlighting the GU Campos Gerais Plateau, which occupies 57.6% of the basin area. Overall, the geomorphological mapping presented coherent and consistent results, considering the previous geomorphological map (scale of 1:250,000), conducted by the Brazilian Institute of Geography and Statistics. In every taxonomic level, was observed a greater detailing of the features, indicating that the mapping is suitable for scales above to the existing cartography.

Palavras-chave: morphometric features, digital elevation model, remote sensing, variáveis morfométricas, modelo digital de elevação, sensoriamento remoto.

1. Introdução

A geomorfologia é a área da ciência que estuda as formas, a gênese, a estrutura e a dinâmica do relevo. Tal estudo é importante nos diagnósticos ambientais e na gestão territorial, pois contribuem para orientar a ocupação humana, o aproveitamento sustentável dos recursos naturais e a prevenção de desastres naturais (Christofolletti, 2005). De acordo com Cassetti (2005), a compartimentação morfológica inclui observações relativas aos diferentes níveis topográficos e características do relevo, que apresentam uma importância direta no processo de ocupação. Nesse aspecto a geomorfologia assume importância ao definir os diferentes graus de risco que uma área possui, oferecendo subsídios ou recomendações quanto à forma de ocupação e uso.

O mapeamento geomorfológico deve representar as diferentes tipologias de formas e tamanhos das feições do relevo, bem como os fatores morfogênicos, morfométricos e morfocronológicos que estão diretamente relacionados à tipologia das formas na superfície terrestre (Luerce et al., 2013). Desta forma, a metodologia de cartografia geomorfológica

pressupõe uma hierarquização taxonomica que considera as unidades morfoestruturais, unidades morfoesculturais, tipos de modelado e conjunto de formas semelhantes (Ross, 2012).

Dados de sensoriamento remoto da missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), para a geração de modelos digitais de superfície, são vastamente difundidos e possuem aplicações no âmbito de diagnósticos ambientais e de estudos relacionados às dinâmicas geomorfológicas e hidrológicas (Valeriano, 2008; Paz e Collischonn, 2008; Brubacher *et al.*, 2012). Tais dados configuram-se como uma alternativa importante na minimização de custos e do tempo na produção de estudos no âmbito da análise ambiental, uma vez que possibilitam, de forma rápida e eficiente, a extração de redes de drenagem e a análise morfométrica do terreno a partir de geoprocessamento. Além destes, outro conjunto de dados espaciais disponíveis se refere à base cartográfica da Divisão de Serviços Geográficos do Exército (DSG), que foi totalmente digitalizada para o estado do Rio Grande do Sul (RS), na escala 1:50.000, conforme mostra o trabalho de Hasenack e Weber (2010).

A integração dos dados orbitais e cartográficos disponíveis, em Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), oferece um fundamental suporte para a interpretação das formas de relevo e, conseqüentemente, para o mapeamento geomorfológico. Estas técnicas, quando agregadas às expedições em campo, possibilitam um refinamento das bases geomorfológicas existentes em nível nacional, como os mapas geomorfológicos do IBGE, na escala 1:250.000.

Neste contexto, o objetivo deste estudo é realizar a interpretação e o mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS, Brasil, com suporte de técnicas de geoprocessamento e utilização de dados orbitais e cartográficos. A escolha da área de estudo (Figura 1) se deve ao histórico de inundações, enxurradas e movimentos de massa que ocasionam grandes danos à população da bacia. Tendo em vista este cenário, uma atualização do mapa geomorfológico desta região torna-se muito importante para a gestão territorial e a prevenção de desastres naturais.

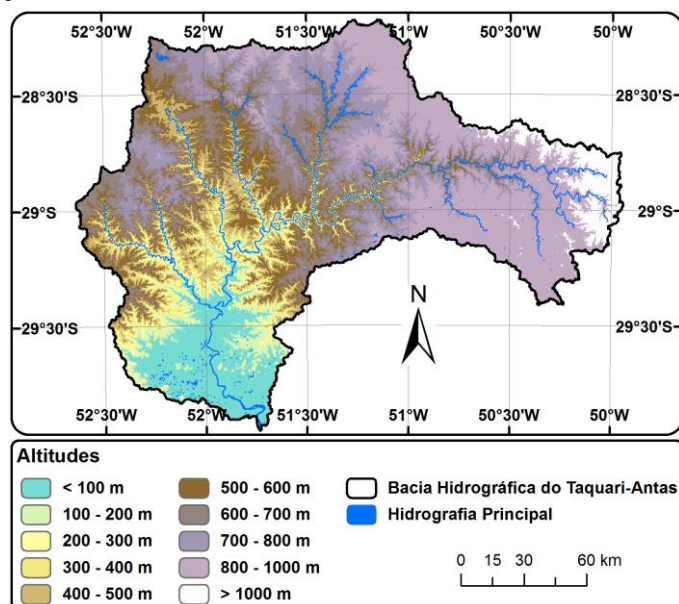


Figura 1. Altimetria da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

2. Metodologia

2.1. Levantamento de dados e extração de informações morfométricas

A base geomorfológica considerada como referência para atualização e refinamento foi a elaborada pelo IBGE (2003), na escala 1:250.000, tendo como base informações topográficas das décadas de 1970 e 1980. As folhas que coincidem com a área de estudo são: Cruz Alta (SH-22-V-A), Passo Fundo (SH-22-V-B), Santa Maria (SH-22-V-C), Caxias do Sul (SH-22-

V-D), Vacaria (SH-22-X-A) e Gravataí (SH-22-X-C). Estas cartas foram georreferenciadas utilizando as suas respectivas quadrículas.

A base digital de elevação utilizada foi a SRTM, disponível em uma versão refinada para o território brasileiro através do TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (Valeriano, 2005; Valeriano, 2008). Também foi utilizada, como apoio à interpretação geomorfológica, a base referente à cartografia da Divisão de Serviços Geográficos do Exército (DSG), contendo as linhas de drenagem, pontos cotados e curvas de nível, na escala 1:50.000, digitalizados por Hasenack e Weber (2010).

Inicialmente, as seis cartas obtidas junto ao portal TOPODATA foram mosaicadas. Em seguida, foi realizada a conversão do sistema de projeção do mosaico de elevação da superfície do formato original (Projeção Geográfica, Latitudes e Longitudes, em graus decimais, datum WGS84) para o sistema utilizado atualmente no Brasil (Projeção UTM, em metros, datum SIRGAS 2000, Zona 22S).

Para a delimitação da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas foi adotado o procedimento automatizado disponível no ArcGIS 10.2. O processo de extração de drenagem utiliza como base a informação de direção de fluxo, derivada do mosaico SRTM. A partir da base de direções de fluxo é gerada uma imagem com as áreas de drenagem acumuladas, onde cada pixel tem um valor correspondente ao somatório das áreas superficiais de todos os pixels que deságuam nele (Paz e Collischonn, 2008; Jenson e Domingue, 1988). O plano de informações de áreas de drenagem acumuladas, juntamente das direções de fluxo, é utilizado na delimitação da bacia hidrográfica a partir de um ponto que representa a foz.

Após a delimitação da bacia hidrográfica, foram extraídas as seguintes variáveis morfológicas a partir dos dados SRTM: i) declividades; ii) curvaturas horizontal e vertical do terreno; iii) perfis topográficos em diversos vales e topos de morros. Em seguida, todas as camadas de informação foram recortadas pela área da bacia e compatibilizadas para formação de um banco de dados (BD) georreferenciados.

2.2. Hierarquização taxonômica e mapeamento geomorfológico

O mapeamento geomorfológico da bacia do rio Taquari-Antas foi realizado tendo como embasamento teórico o princípio da hierarquização taxonômica pressuposta por Ross (1992), cuja fundamentação está ligada aos estudos de Demek (1967) e Mescherikov (1968). A identificação das unidades de relevo foi feita por meio de um procedimento conjugado, no qual os limites entre os compartimentos são obtidos a partir de técnicas de interpretação visual e técnicas automatizadas para extração de feições. Foram realizadas duas atividades de campo, buscando auxiliar no refinamento do mapa final.

O primeiro táxon corresponde aos domínios morfoestruturais, que representam as grandes estruturas geológicas. Considerando o mapa geomorfológico de referência, foram identificados dois compartimentos morfoestruturais na bacia do Taquari-Antas: i) Bacias e Coberturas Sedimentares; ii) Depósitos Sedimentares. Para a delimitação destes compartimentos, primeiramente, foram extraídas estatísticas zonais de altimetria e declividade, visando a identificação de limiares para esboçar a separação dos domínios. Em seguida, os limiares foram aplicados às duas bases, através de uma ferramenta de cálculos aplicados a dados matriciais, resultando em uma divisão preliminar dos domínios. A edição dos limites foi realizada por meio de interpretação visual, levando-se em consideração as linhas de drenagem da base cartográfica da DSG e as rupturas de declive.

O segundo táxon corresponde às unidades morfoesculturais ou grandes regiões geomorfológicas, que representam um conjunto de compartimentos semelhantes do relevo como resultado da ação climática ao longo do tempo geológico. No domínio das Bacias e Coberturas Sedimentares foram identificadas três regiões geomorfológicas (2º táxon): i) Depressão Central Gaúcha; ii) Planalto das Missões; iii) Planalto das Araucárias. Já no

domínio dos Depósitos Sedimentares foi identificada apenas a região geomorfológica referente à Planície Continental.

Considerando o mapa de referência, a divisão entre as regiões dos planaltos e da depressão está associada a um conjunto de linhas de ruptura de declive, identificadas visualmente por meio da base de declividades. Estas linhas foram realçadas por meio da aplicação do filtro de bordas Sobel. Em seguida, por meio de interpretação visual, foi realizada a vetorização dos limites entre as unidades morfoesculturais, unindo-se o conjunto de linhas de ruptura, conforme a orientação das curvas de nível da cartografia da DSG.

O terceiro táxon corresponde às Unidades Geomorfológicas (UGs), que representam um conjunto de formas semelhantes de acordo com seus tipos de modelados. Cada UG ilustra tipos de modelado, gênese, processos e formações superficiais diferenciadas umas das outras. Na bacia do Taquari-Antas foram identificadas seis UGs: i) Planície Alúvio Coluvionar; ii) Depressão do Rio Jacuí; iii) Planalto de Santo Ângelo; iv) Patamares da Serra Geral; v) Serra Geral; vi) Planalto dos Campos Gerais.

A UG Planície Alúvio Coluvionar se refere integralmente à região da Planície Continental. A UG Depressão do Rio Jacuí pertence à região da Depressão Central Gaúcha. A UG Planalto de Santo Ângelo se refere exclusivamente à região do Planalto das Missões. As UGs Serra Geral, Patamares da Serra Geral e Planalto dos Campos Gerais estão inseridas na região do Planalto das Araucárias.

A divisão entre as UGs referentes ao Planalto das Araucárias está fortemente associada à altimetria e à declividade. Os Patamares da Serra Geral constituem-se nas áreas mais baixas do Planalto das Araucárias, com predominância de declives menos acentuados, sendo facilmente separados da UG Serra Geral pela linha de ruptura de declive relacionada à escarpa erosiva. Já o Planalto dos Campos Gerais constituem-se nas áreas mais elevadas do Planalto das Araucárias, com predominância de topos de morros tabulares ou convexos, e declives menos acentuados. A divisão entre a Serra Geral e o Planalto dos Campos Gerais é demarcada pela ruptura de declive superior das vertentes. Assim como no segundo táxon, a delimitação foi realizada por meio de interpretação visual, considerando as linhas de drenagem e a orientação das curvas de nível da cartografia da DSG.

Quanto ao quarto táxon, que se refere aos tipos de modelados e formas de relevo características de cada UG, foram identificadas três formas de relevo predominantes para os modelados de dissecação, duas formas de relevo predominantes para os modelados de acumulação e outras duas formas de relevo para os modelados de aplanamento. Os modelados de dissecação se referem ao tipo fluvial homogênea, com topos de morros: i) tabulares; ii) estreitos e alongados; iii) convexos. Já os modelados de acumulação se referem aos: i) terraços fluviais; ii) colúvios e áreas de enxurradas. Por fim, os modelados de aplanamento são: i) superfícies de aplanamento retocadas inumadas; ii) superfícies de aplanamento degradadas desnudadas.

A delimitação dos tipos de modelados e formas de relevo semelhantes foi realizada exclusivamente por interpretação visual, onde se buscou identificar padrões contextuais relacionados à curvatura horizontal e vertical do relevo, e à declividade.

Quanto às feições lineares do relevo, foram identificados os seguintes itens: i) escarpas erosivas; ii) ressaltos; iii) vales e sulcos estruturais; iv) morros testemunhos; v) cristas simétricas. As linhas de escarpas erosivas e ressaltos são linhas de corte no relevo, representadas por um desnível mais abrupto. Estas linhas foram realçadas pela aplicação do filtro Sobel na base de declividades e, em seguida, editadas por meio de interpretação visual. Os vales e sulcos estruturais são caracterizados por linhas de drenagem fortemente associadas à alta declividade e pela ocorrência de rupturas abruptas na cota de fundo do vale. Estas linhas (talvez) foram detectadas automaticamente, considerando todos os segmentos de drenagem com declividade média superior a 15%. Os morros testemunhos foram detectados

automaticamente na forma de um ponto posicionado no topo de cada morro. O critério para a detecção dos pontos de morros testemunhos foi o seguinte: quando o topo de morro (tabular ou convexo) apresentar altitudes < 200 m, estiver completamente circundado por áreas de declividades > 20% e, estas, circundadas por áreas mais planas relacionadas às planícies e depressões. As cristas foram detectadas automaticamente, sendo posicionadas em topos de morros estreitos ou alongados, exatamente sobre os divisores d'água extraídos com base nas direções de fluxo de drenagem e nas áreas acumuladas de drenagem.

3. Resultados e discussão

De acordo com a metodologia apresentada no item anterior, primeiramente, foram obtidas as delimitações dos domínios morfoestruturais e morfoesculturais para a identificação das Unidades Geomorfológicas (UGs), conforme são ilustradas na Figura 2. De modo geral, observou-se um satisfatório detalhamento das áreas de transição entre as UGs e das feições lineares, bem superior ao visualizado no mapa produzido pelo IBGE (2003), indicando que os dados SRTM e a cartografia da DSG apresentam qualidades que permitem ampliar a escala de mapeamento para valores superiores a 1:250.000.

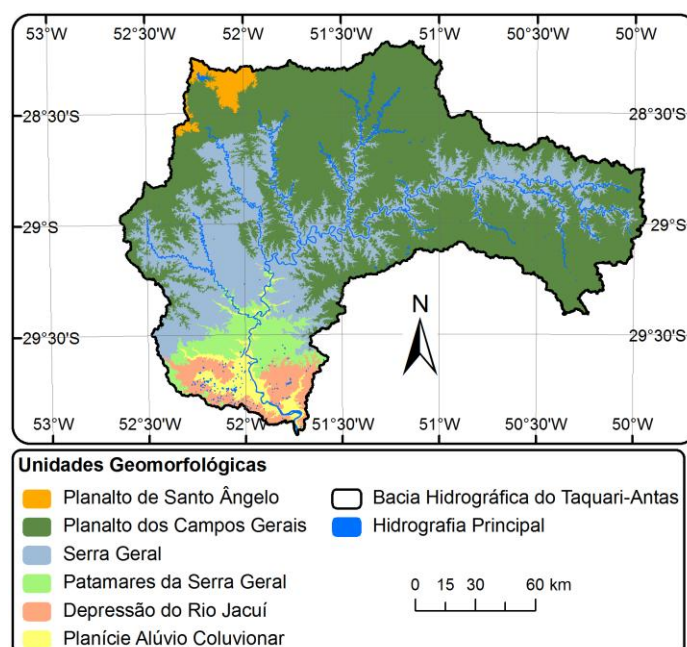


Figura 2. Unidades Geomorfológicas da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS.

A UG Planície Alúvio Coluvionar corresponde a uma superfície plana, posicionada no nível inferior da bacia, nas adjacências das UGs Depressão do Rio Jacuí e Patamares da Serra Geral. Esta UG representa 3,1% da bacia (819 km²). A altitude média deste compartimento é de 24 m, sendo que 90% da UG apresentam altitudes entre 1 e 45 m. Quanto às declividades, 90% da área de planície apresentam declividades inferiores a 6,42%, com média de 2,2%.

A UG Depressão do Rio Jacuí é caracterizada por um relevo sem grandes variações altimétricas, apresentando colinas de topos convexos, conhecidas como coxilhas, e alguns morros testemunhos. Está localizada na porção sul da bacia, próxima das áreas mais planas. Esta UG representa 3,9% da bacia (área de 1.029 km²). A altitude média deste compartimento é de 63 m, sendo que 90% da UG apresentam altitudes entre 19 e 107 m. Quanto às declividades, 90% da área da depressão apresentam declividades inferiores a 14,5%, sendo o valor médio de 5,7%.

A UG Patamares da Serra Geral corresponde aos terminais rebaixados da Serra Geral. As formas de relevo predominantes são colinas e morros com topos convexos com pequeno

aprofundamento dos vales fluviais e forte controle estrutural. Esta UG possui uma área de 1.319 km², cerca de 5% da totalidade da bacia. A altitude média deste compartimento é de 98 m, sendo que 90% da UG apresentam altitudes entre 24 e 172 m. Quanto às declividades, 90% da área dos patamares possuem declividades menores que 17,2%, com valor médio de 7,9%.

A UG Serra Geral constitui-se nos terminais escarpados abruptos dos Planaltos das Missões e das Araucárias, desenvolvidos sobre rochas efusivas básicas. O relevo é propício ao desenvolvimento e preservação da vegetação florestal, tais como a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Semidecidual e Estacional Decidual. As formas do relevo apresentam-se bastante abruptas com vales fluviais bem aprofundados (muitas vezes superior a 400 m de desnível) e muitos topos de morros angulares ou estreitos. O limite superior da UG Serra Geral é definido pelas linhas de escarpa erosiva. Esta UG possui uma área de 7.563 km², correspondendo a 28,6% da totalidade da bacia. A altitude média deste compartimento é de 486 m, sendo que 90% da UG apresentam altitudes entre 160 e 810 m. Quanto às declividades, 90% da área serrana apresentam declividades inferiores a 50,6%, sendo o valor médio de 27,2%.

A UG Planalto dos Campos Gerais apresenta-se recortada pelas áreas escarpadas da Serra Geral, fragmentada algumas vezes por áreas de relevo mais dissecado. A unidade caracteriza-se por um relevo de plano a ondulado, representada por topos de morros tabulares preferencialmente. As formas do relevo evidenciam a ocorrência de processos evolutivos de dissecção, observando-se áreas bastante conservadas de morfologia planar, outras onde os processos erosivos deixaram rupturas de declive ou evidencia-se o alargamento de vales, deixando resíduos da antiga superfície de aplainamento. Esta unidade apresenta uma sucessão de colinas e pequenos morros, separadas por amplos vales de fundo achatado, atualmente, cobertos pela cobertura vegetal dos campos. Esta UG possui uma área de 15.221 km², correspondendo a 57,6% da totalidade da bacia. A altitude média deste compartimento é de 768 m, sendo que 90% da UG apresentam altitudes entre 513 e 1.022 m. Quanto às declividades, 90% da área deste planalto apresentam declividades inferiores a 23,9%, sendo o valor médio de 10,6%.

Por último, a UG Planalto de Santo Ângelo está relacionada à porção noroeste da bacia, apresentando relevo mais suave do que o Planalto dos Campos Gerais, com vales mais achatados. A unidade caracteriza-se por um relevo de plano a ondulado, principalmente com topos de morros convexos e tabulares. Esta UG possui uma área de 477 km², correspondendo a apenas 1,8% da bacia. A altitude média deste compartimento é de 704 m, sendo que 90% da UG apresentam altitudes entre 581 e 817 m. Quanto às declividades, 90% da área deste planalto apresentam declividades inferiores a 12,7%, sendo o valor médio de 6,8%.

A partir dos resultados ilustrados, fica evidente a dificuldade de executar uma classificação automatizada para obtenção de classes referentes às UGs. Qualquer limiar que seja adotado tenderá a apresentar importantes simplificações no mapa geomorfológico final. Isso ocorre em virtude de não haver um limite rígido de altitudes e declividades capaz de expressar a correta divisão de compartimentos geomorfológicos.

Após a espacialização das Unidades Geomorfológicas, foram mapeados os tipos de modelados (Figura 3) predominantes na bacia do Taquari-Antas. Assim como na espacialização das UGs, verificou-se a possibilidade de detalhar os tipos de formas de relevo de modo mais preciso do que o observado na base do IBGE, na escala 1:250.000.

Os modelados de dissecção fluvial representam a maior parte da área da bacia, com destaque para os compartimentos de topos de morros tabulares com vales achatados (59,4%) e topos de morros angulares com vales aprofundados (29%). Os modelados de acumulação (terraços, planícies e colúvios) representam juntos 3,1% e os modelados de aplainamento 1,1%. Esta característica fortemente dissecada é proporcional ao grande número de ressaltos e

de linhas de escarpa erosiva, marcando um relevo muito abrupto, com rios extremamente velozes e erosão acentuada.

Na Figura 4 são apresentadas algumas das feições lineares do relevo na bacia do Taquari-Antas. Foram identificados mais de 40 morros testemunhos, mais de 200 segmentos de cristas, três grandes alinhamentos de escarpas erosivas, com rupturas na declividade do terreno, e mais de 120 segmentos de linhas de vales aprofundados e sulcos. Estes valores representam um número mais detalhado destes tipos de feições em relação ao mapeamento realizado pelo IBGE, o que reforça a qualidade dos dados SRTM e da cartografia da DSG para atualizar a cartografia geomorfológica em escala superior a 1:250.000.

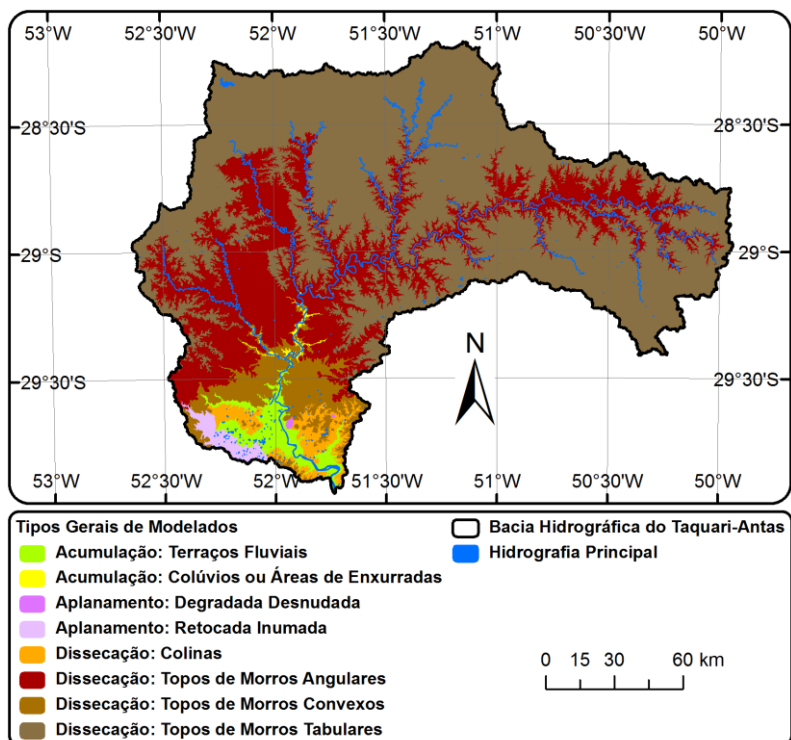


Figura 3. Tipos de Modelados e Formas do Relevo da bacia do rio Taquari-Antas, RS.

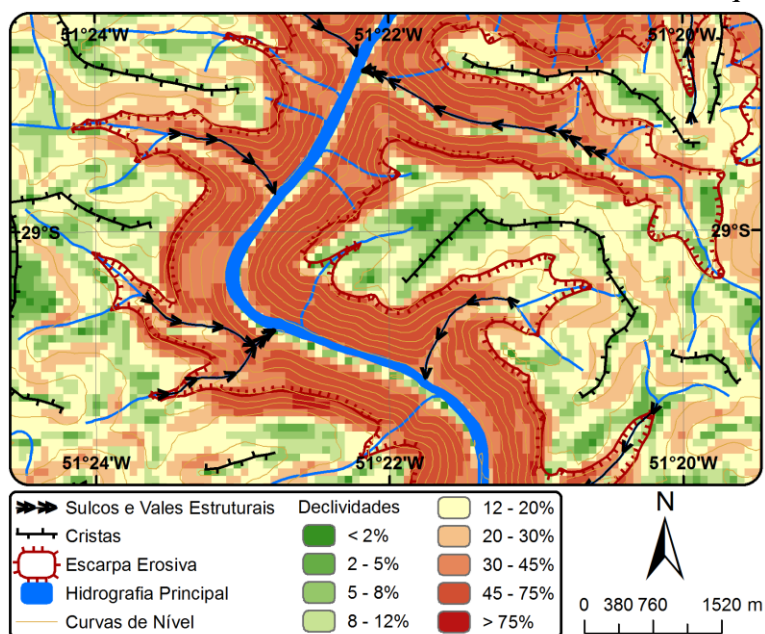


Figura 4. Recorte de uma parte da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS, com ilustração de feições lineares do relevo sobrepostas à base de declividades e curvas de nível.

4. Conclusões

Este manuscrito apresentou o mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Taquari-Antas, RS, com base nos dados SRTM, da cartografia da DSG e em técnicas de geoprocessamento. Ao todo, foram identificadas seis Unidades Geomorfológicas, com destaque para a UG Planalto dos Campos Gerais, que ocupa 57,6% da área total da bacia. Também foram mapeados quatro modelados de dissecação, dois modelados de acumulação e dois modelados de aplanamento. Além disso, foram mapeadas centenas de feições lineares e pontuais do relevo, em número superior aos observados na cartografia de referência.

Observou-se um satisfatório detalhamento das áreas de transição entre as UGs e tipos de modelados, bem superior ao visualizado nos mapas produzidos pelo IBGE (2003), o que pode ser comprovado a partir de observações em campo. Isso indica que a utilização dos dados SRTM acoplados aos dados cartográficos da DSG apresentam qualidades que permitem ampliar a escala de mapeamento geomorfológico para escalas na faixa entre 1:50.000 e 1:100.000. Os bons resultados também estão associados aos métodos utilizados, que mesclam o uso de ferramentas para extrair automaticamente variáveis morfométricas com a utilização de interpretações visuais para refinar os contornos e manter a coerência com a base de linhas de drenagem.

Referências Bibliográficas

- Brubacher, J.P.; Oliveira, G.G.; Guasselli, L.A.; Luerce, T.D. Avaliação de bases SRTM para extração de variáveis morfométricas e de drenagem. **Geociências (São Paulo)**. ISSN 0101-9082, vol.31, nº.3, São Paulo. 2012.
- Cassetti, V. **Geomorfologia**. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 07/11/2014.
- Christofoletti, A. Aplicabilidade do Conhecimento Geomorfológico nos Projetos de Planejamento. In: Guerra, A.J.T.; Cunha, S.B. (Org.). **Geomorfologia: uma Atualização de Bases e Conceitos**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2005. p. 89-110.
- Demek, J. **Generalization of Geomorphological Maps**. In: Progress Made in Geomorphology Mapping. Brno, IGU Commission on Applied Geomorphology, 1967.
- Hasenack, H.; Weber, E. (Org.). **Base cartográfica vetorial contínua do Rio Grande do Sul - escala 1:50.000**. Porto Alegre: UFRGS-IB-Centro de Ecologia, 2010. DVD-ROM.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapas temáticos do Projeto RADAMBRASIL do Rio Grande do Sul na escala 1:250.000. IBGE/SAA - RS, Florianópolis. 2003 CD - ROM.
- Jenson, S. K.; Domingue, J. O. **Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 54 (11), p. 1593-1600, 1988.
- Luerce, T. Oliveira, G.G.; Guasselli, L.A.; Brubacher, J.P.; Figueiredo, A. **Mapeamento geomorfológico a partir de dados SRTM: bacia do rio dos Sinos, RS**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013. INPE p.5210.
- Mescejakov, J. P. **Les concepts de morphostructure et de morphosculpture: un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique**. Annales de Géographie, n. 423, v. 77, set./out. 1968, p. 539-552.
- Paz, A.R.; Collischonn, W. Derivação de rede de drenagem a partir de dados SRTM. Revista Geográfica Acadêmica, v.2, n.2, 2008. p. 84-95.
- Ross, J.L.S. **O registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo**. In: Revista do Departamento de Geografia. São Paulo: Edusp. n.6, 1992.
- Ross, J.L.S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 9ª ed. - São Paulo: Editora Contexto, 2012.
- Valeriano, M. M. **Modelo digital de variáveis morfométricas com dados SRTM para o território nacional: o projeto TOPODATA**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Goiânia, GO, Brasil. 16 a 21 de abril de 2005. INPE, p. 3595 - 3602.
- Valeriano, M.M. **Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. INPE-15318-RPQ/818. São José dos Campos: INPE, 2008. 73p. Disponível em: <mtc-m18.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m18@80/2008/07.11.19.24/doc/publicacao.pdf>. Acesso: 6.mai. 2014.