

## AVALIAÇÃO DA ACURÁCIA VERTICAL DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO HIDROGRAFICAMENTE CONDICIONADOS PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DO ARROIO PELOTAS - RS

KÁSSIA REGINA BAZZO<sup>1</sup>; SARA RAUPP GOMES<sup>2</sup>; RITA DE CÁSSIA FRAGA DAMÉ<sup>3</sup>; CLAUDIA FERNANDA ALMEIDA TEIXEIRA-GANDRA<sup>4</sup>; HUGO ALEXANDRE SOARES GUEDES<sup>5</sup>

<sup>1</sup>UFPel – [bazzokassia@gmail.com](mailto:bazzokassia@gmail.com)

<sup>2</sup>UFPel – [sara.raupp@gmail.com](mailto:sara.raupp@gmail.com)

<sup>3</sup>UFPel – [ritah2o@hotmail.com](mailto:ritah2o@hotmail.com)

<sup>4</sup>UFPel – [cfeixei@iq.com.br](mailto:cfeixei@iq.com.br)

<sup>5</sup>UFPel – [hugo.guedes@ufpel.edu.br](mailto:hugo.guedes@ufpel.edu.br)

### 1. INTRODUÇÃO

A obtenção de características morfológicas de bacias é uma etapa fundamental na modelagem hidrológica. Para alcançar resultados satisfatórios, os dados de entrada dos modelos precisam ser confiáveis. Visando aumentar a confiabilidade das informações, surgiram os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) como alternativa acessível e com uma vasta gama de ferramentas que permitem a obtenção desses dados através de processamento digital. Neste contexto, destacam-se os Modelos Digitais de Elevação (MDEs) definidos por BURROUGH (1986) como qualquer representação digital de uma variação continua do relevo no espaço.

O MDE deve representar o relevo de forma fidedigna e assegurar a convergência do escoamento superficial para a rede de drenagem mapeada, garantindo, assim, a sua consistência hidrológica (BAENA et al., 2004). Tem-se, portanto, a opção, dependendo das características do estudo, de se utilizar um Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado (MDEHC) (ELESBON et al., 2011), o qual é obtido a partir de uma sequência de processamentos realizados nos softwares de geoprocessamento.

Os MDEs podem ser obtidos por dados de sensoriamento remoto ou podem ser gerados a partir de uma fonte de dados mapeada. No Brasil, a fonte de dados mais comum para a geração dos MDEs são as curvas de nível e, de forma complementar, a hidrografia e os pontos de elevação obtidos por cartas topográficas, principalmente aquelas elaboradas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ou pelo mapeamento sistemático do Exército.

De acordo com CHAPLOT et al. (2006), a qualidade de MDEs é fundamental para o sucesso dos estudos, principalmente em se tratando de modelagem hidrológica, sendo que vários fatores afetam essa qualidade, como, por exemplo, o tipo de informação utilizada no estudo. Segundo CHAGAS et al. (2010) entre as principais limitações de um MDE tem-se a ocorrência de áreas planas, as quais dificultam a identificação do caminho do escoamento superficial para a célula vizinha, comprometendo qualquer estudo hidrológico de superfície (NARDI et al., 2008), evidenciando a necessidade de se trabalhar com MDEHC.

Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo avaliar a acurácia vertical dos MDEHCs gerados a partir de dados ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) e cartas topográficas do Exército para a bacia hidrográfica do Arroio Pelotas, sul do Rio Grande do Sul.

## 2. METODOLOGIA

A Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas (BHAP), localizada entre as coordenadas geográficas  $31^{\circ}23'36''$  a  $31^{\circ}48'49''$  Sul e  $52^{\circ}12'24''$  a  $52^{\circ}38'27''$  Oeste, no estado do Rio Grande do Sul, abrange parte dos municípios de Pelotas, Canguçu, Morro Redondo e Arroio do Padre.

Para o MDE proveniente de sensor remoto foi utilizada a base da missão ASTER, disponibilizada gratuitamente junto à plataforma ASTER GDEM. A cena empregada no estudo foi a ASTGTM\_S31\_W052\_dem com resolução espacial de 30 metros.

Para gerar o MDE proveniente das cartas topográficas do Exército foram utilizados como dados de entrada, na escala 1:50.000, as curvas de nível, os pontos cotados e a hidrografia mapeada. Utilizou-se o interpolador “Topo to Raster”. Optou-se por trabalhar com o tamanho de célula igual a 30 metros, para fins de comparação com o MDE gerado por dados do sensor ASTER.

O condicionamento hidrográfico em ambos os MDEs foi feito de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 1. Neste estudo, o MDEHC gerado com informações do sensor ASTER será denominado MDEHC\_ASTER. Já o MDEHC gerado pelas cartas topográficas do Exército será denominado MDEHC\_CARTA. Para este e todos os processos seguintes foi utilizado o software ArcGIS Desktop 10.0 do ESRI e sua extensão denominada ArchHydro.

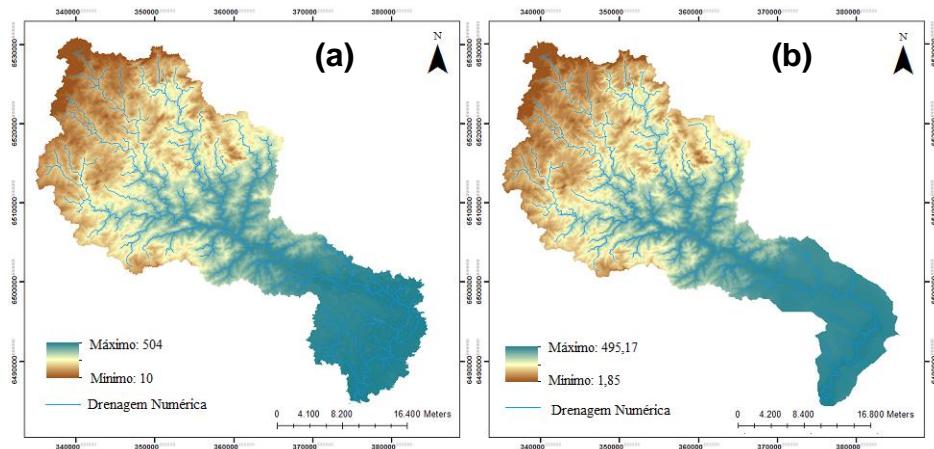


Figura 1.: Processamento e condicionamento do MDE por meio da extensão ArcHydro

Os MDEHCs foram avaliados quanto a sua qualidade utilizando o índice estatístico Raiz do Erro Médio Quadrático (REMQ). Foram utilizados como pontos de controle todos os Pontos Cotados mapeados pelo Exército, contidos em cada bacia gerada, totalizando 424 pontos para o MDEHC\_CARTA e 434 pontos para o MDEHC\_ASTER.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a delimitação da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas a partir dos dois MDEHC estudados. Como pode ser observado, encontrou-se uma possível tendência de superestimação da elevação pelo MDEHC\_ASTER quando comparado com o MDEHC\_CARTA, obtendo-se uma diferença de aproximadamente 8 metros para as elevações máximas e mínimas e 4,7 metros para a elevação média.



Na Tabela 1 estão apresentados os resultados estatísticos por meio da REMQ relacionados à estrutura vertical do MDEHC\_CARTA e MDEHC\_ASTER. O MDEHC\_CARTA apresentou valor igual a 2,42. Quando comparado com literaturas da área (CHAGAS et al., 2010; GUEDES; SILVA (2012)), pode-se dizer que o valor encontrado é baixo. O MDEHC\_ASTER apresentou REMQ igual a 9,85 metros, sendo adequado para tal sensor. GUEDES; SILVA (2012), comparando um MDE do sensor ASTER com MDE gerado pelo mesmo interpolador e dados de entrada desse estudo, encontraram valores de REMQ de 18 e 4 m, respectivamente, para a sub-bacia do Ribeirão São Bartolomeu, no estado de Minas Gerais.

Tabela 1.: Resultados da análise da qualidade para os diferentes MDEHCs estudados

| MDEHC | Diferença de Elevação d (m) |        |       | Desvio Padrão | REMQ |
|-------|-----------------------------|--------|-------|---------------|------|
|       | Mínima                      | Máxima | Média |               |      |
| CARTA | 0,00                        | 42,50  | 0,54  | 2,36          | 2,42 |
| ASTER | 0,00                        | 68,00  | 7,32  | 6,57          | 9,85 |

O MDEHC\_CARTA apresentou diferença de elevação máxima igual a 42,5 metros, sendo bastante elevada em comparação com a média encontrada, sendo que na grande maioria dos pontos a diferença de elevação foi menor que 1 metro. Já o MDEHC\_ASTER apresentou uma diferença média igual a 7,32 m e máxima igual a 68 m, sendo de certa forma favorável ao se comparar com outros autores. GUEDES; SILVA (2012) encontraram uma diferença máxima de 17 metros para o MDE interpolado e 41 m para o MDE do sensor ASTER.

Observa-se na Figura 1 que a região mais plana dos MDEHCs foi delimitada diferentemente. Devido a isto, para analisar a qualidade dos MDEHCs gerados em relação às áreas planas foram calculados as REMQs considerando como pontos de controle os Pontos Cotados mapeados do Exército contidos nas áreas com declividade inferior a 3%. Com um total de 148 pontos, a Tabela 2 apresenta os resultados estatísticos da análise da qualidade dos MDEHCs para áreas planas.

O REMQ do MDEHC\_CARTA apresentou valor igual a 0,39 m, enquanto o MDEHC\_ASTER igual a 8,21 m. Comparando estes valores com os encontrados para a área total, apresentados na Tabela 1, observa-se que não há diferenças expressivas na estrutura vertical dos MDEHCs estudados, quando analisadas apenas as áreas planas.

Tabela 2.: Análise da qualidade para os diferentes MDEHCs estudados em áreas planas

| MDE   | Diferença de elevação d (m) |        |       | Desvio<br>Padrão | REMQ |
|-------|-----------------------------|--------|-------|------------------|------|
|       | Mínima                      | Máxima | Média |                  |      |
| CARTA | 0,00                        | 4,73   | 0,05  | 0,39             | 0,39 |
| ASTER | 0,00                        | 23,00  | 6,53  | 4,90             | 8,21 |

Embora o MDEHC\_CARTA tenha apresentado os menores valores do índice estatístico REMQ, a delimitação da BHAP realizada pelo MDEHC\_ASTER se mostrou mais realística. Entretanto, esse fato precisa de mais estudos para melhor compreender a relação entre a base de dados utilizada e o algoritmo utilizado pelo software ArcGIS para delimitar bacias hidrográficas em superfícies planas.

#### 4. CONCLUSÕES

O Modelo Digital de Elevação Hidrograficamente Condicionado gerado a partir das cartas topográficas do Exército apresentou maior acurácia vertical, tanto para a área total quanto para a área plana da Bacia Hidrográfica do Arroio Pelotas, quando comparado como o MDEHC gerado por meio de dados do sensor ASTER.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAENA, L. G. N.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; CALIJURI, M. L. Regionalização de vazões com base em Modelos Digitais de Elevação para a Bacia do Rio Paraíba do Sul. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n.3, p.612-624, set/dez, 2004
- BURROUGH, P. A. **Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment**. Monographs on Soil and Resources Survey N 12, New York: Oxford University Press, 1986, 193p.\
- CHAGAS, C. S.; FERNANTES FILHO, E. I.; ROCHA, M. F.; CARVALHO JÚNIOR, W. DE; NETO, N. C. S. Avaliação de modelos digitais de elevação para aplicação em um mapeamento digital de solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p.218-226, 2010.
- CHAPLOT, V.; DARBOUX, F.; BOURENNANE, H.; LEGUÉDOIS, S.; SILVERA, N.; PHACHOMPHON, K. Accuracy of interpolation techniques for the derivation of digital elevation models in relation to landform types and data density. **Geomorphology**, v.77, p.126-141, 2006.
- ELESBON, A. A. E.; GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D. DA; OLIVEIRA, I. DE C. e. Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Braço Norte do Rio São Mateus - Brasil. REM. **Revista Escola de Minas**, v. 64, p. 281-288, 2011.
- GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.DA. Comparison between hydrographically conditioned digital elevation models in the morphometric characterization of watersheds. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.5, p.932-943, 2012.
- NARDI, F.; GRIMALDI, S.; SANTINI, M.; PETROSELLI, A.; UBERTINI, L. Hydrogeomorphic properties of simulated drainage patterns using digital elevation models: the flat area issue. **Hydrological Science Journal**, v.53, p.1176-1193, 2008.