

## COMPARAÇÃO DA PERFORMANCE DE DIFERENTES MDE's PARA MODELAGEM HIDROLÓGICA USANDO O MODELO SWAT

Fábio Luiz Mação Campos<sup>1</sup>, Marina Bertoldi Azevedo<sup>2</sup>, Bruno Sara Delmaschio<sup>3</sup>, André Luiz Nascentes Coelho<sup>4</sup>, Danielle de Almeida Bressiani<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal do Espírito Santo – Ifes e Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, fabiomacao@gmail.com;

<sup>2</sup> Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, marina.bazevedo@hotmail.com;

<sup>3</sup> Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, brunosdelmaschio@gmail.com;

<sup>4</sup> Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, alnc.ufes@gmail.com;

<sup>5</sup> Universidade Federal de Pelotas – UFPel, daniebressiani@gmail.com

### RESUMO

Os Modelos Digitais de Elevação (MDE) são uma das principais entradas para realização da modelagem hidrológica de bacias hidrográficas e reconhecer qual modelo tem melhor performance é de grande importância para esses trabalhos. Por isso, o objetivo principal desse trabalho foi realizar a análise de eficiência dos MDEs SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução espacial de 30 metros e o ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) com 12,5 metros, integralizados ao SIG. O intuito é reproduzir modelagens de bacias hidrográficas para a análise e produção de práticas conservacionistas (*Best Management Practices – BMPs*). As bacias selecionadas para as análises foram Valsugana Velha e Usina Fortaleza, ambas localizadas no estado do Espírito Santo. Por meio dos MDE's em formato matricial (raster) com o uso do QGis 3.22.1, foi possível estabelecer limites da bacia, delimitar rede de canais e traçar sub-bacias. Para a análise dos MDE-SRTM e MDE-ALOS, foram usados dados disponíveis nas plataformas institucionais de monitoramento hidrológico e de solo. Os resultados demonstraram que os dois MDE's obtiveram apurações similares aos dados observados referente à modelagem feita pelo SWAT (*Soil & Water Assessment Tool*), não sendo capaz de distinguir qual o mais adequado para a pesquisa.

**Palavras-chave** — Modelos Digitais de Elevação, Modelagem Hidrológica, Práticas Conservacionistas, SRTM, ALOS.

### ABSTRACT

*Digital Elevation Models (DEM) are one of the main inputs for carrying out hydrological modeling of watersheds and recognizing which model has the best performance is of great importance for these works. The main objective of this article is to analyze the efficiency of the Digital Elevation Models (DEM), the SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) with a spatial resolution of 30 meters and the ALOS (Advanced Land Observing Satellite) with 12.5 meters,*

*integrated to GIS. The aim is to reproduce watershed modeling for the analysis and production of conservation practices (Best Management Practices – BMPs). The basins selected for the analysis were Valsugana Velha and Usina Fortaleza, both located in the state of Espírito Santo. Through the DEM's in matrix format (raster) using the QGis 3.22.1, it was possible to establish basin limits, delimit the channel network and trace sub-basins. For the analysis of MDE-SRTM and MDE-ALOS, data available on institutional hydrological and soil monitoring platforms were used. The results showed that the two MDE's obtained similar results to the observed data regarding the modeling made by SWAT (Soil & Water Assessment Tool), not being able to distinguish which one is the most suitable for the research.*

**Key words** — Digital Elevation Models, Hydrological Modeling, Conservation Practices, SRTM, ALOS.

### 1. INTRODUÇÃO

Como dito por [1], a bacia hidrográfica é o objeto de estudo da maioria dos modelos hidrológicos, reunindo as superfícies que captam e despejam água sobre um ou mais canais de escoamento que desembocam numa única saída. A bacia pode constituir a unidade espacial para modelos agregados que consideram as propriedades médias para toda a bacia, ou então, pode ser subdividida segundo diversas abordagens a fim de considerar suas características espacialmente distribuídas.

Os modelos hidrológicos estão sendo cada vez mais utilizados em estudos ambientais, pois ajudam a entender o impacto das mudanças no uso e cobertura da terra e prever alterações futuras nos ecossistemas [1].

Assim, a geração de dados e a elaboração de estudos e diagnósticos que possam subsidiar planos de ação para contornar ou prevenir potenciais conflitos, fizeram-se necessárias [2].

O uso de modelos digitais de elevação é um fator determinante para modelagem e planejamento de bacias hidrográficas. O relevo atua como principal influência aos

padrões de escoamento da água sobre a superfície terrestre, devido a altitude, declividade, formas de topos e vales, entre outros fatores determinantes. O modelo digital de relevo é uma ferramenta geotecnológica capaz de gerar uma superfície representativa de um determinado aspecto da distribuição espacial, possibilitando sua análise, manipulação e avaliação [3].

Segundo [4], os modelos digitais de elevação (MDE) são reproduzidos por meio de imagens raster e são a base sobre a qual diferentes módulos de análise hidrológicas associados aos SIG trabalham. Geralmente estes módulos geram como saídas de processamento, tanto imagens raster como vetores (em muito dos casos já com a topologia embutida), esquematização de áreas de captação de água, bem como as próprias redes de drenagem, podendo ou não virem com parâmetros hidrológicos adicionais.

Os MDE's são modelos muito úteis para estudos ambientais, sendo amplamente usados em zoneamentos, mapeamentos diversos, análises de risco, etc. Podem variar em função da precisão, da fonte e do objetivo do estudo [5]. A partir dos parâmetros obtidos pelos MDEs, é possível investir em modelagem hidrográfica para fins conservacionistas, podendo prever e traçar planejamentos ambientais para áreas de riscos e afins.

De acordo com [6], as imagens do MDE-SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) são resultado da missão espacial realizada em fevereiro de 2000, pelas agências espaciais americana (NASA e NGA), italiana (ASI) e alemã (DLR). A resolução espacial dessas imagens oferece 30m e 90m de resolução vertical, e estão disponíveis para acesso livre. Já o MDE-ALOS (*Advanced Land Observing Satellite*) foi lançado em 2006 pelo Japão pela JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*) e um MDE com a resolução compatível com as imagens desta missão foi elaborado a partir da reamostragem do SRTM. Segundo [5], o ALOS foi um sistema desenvolvido prioritariamente para fomentar pesquisas científicas e aplicadas na área de sensoriamento remoto e prover o Japão e países da Ásia do Pacífico com dados cartográficos que pudessem oferecer subsídios ao estudo de temas ligados ao desenvolvimento sustentável, monitoramento de desastres naturais e recursos naturais. Sua resolução é de 12,5m, mais detalhada que o MDE-SRTM.

É extremamente importante usar dados confiáveis e de qualidade para as modelagens, tanto para a obtenção dos resultados quanto para as práticas conservacionistas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar os resultados obtidos com o MDE-SRTM e o MDE-ALOS na simulação da modelagem de duas bacias hidrográficas realizada com o modelo SWAT (*Soil & Water Assessment Tool*), afim de avaliar a performance dos MDEs com diferentes resoluções no que diz respeito aos resultados de vazão quando

comparados com as vazões medidas em campo. Essa avaliação intenta auxiliar na escolha de MDEs para futuros trabalhos de modelagem das bacias hidrográficas utilizadas e outras com escala espacial similar.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização do estudo, foram baixadas as imagens diretamente da extensão de plug-in do QGis 3.22.1, denominada OpenTopography DEM Downloader, a qual facilitou a obtenção das imagens dos dois modelos utilizados para a pesquisa (SRTM e ALOS) e, as resoluções utilizadas foram de 30m e 12,5m respectivamente. As imagens foram reprojatadas para Sistema UTM, Datum SIRGAS 2000 para que estivessem compatíveis com os demais dados de entrada. Foram selecionadas duas pequenas bacias hidrográficas delimitadas a partir dos postos fluviométricos com dados disponíveis: Valsugana Velha e Usina Fortaleza, ambas localizadas no estado do Espírito Santo conforme mostrado na Figura 1.

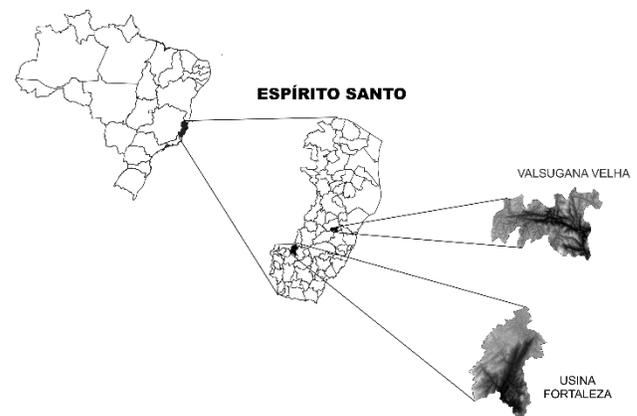


Figura 1. Localização das bacias hidrográficas utilizadas no estudo.

Valsugana Velha está localizada no município de Santa Teresa no estado do Espírito Santo, e sua área total é de 89km<sup>2</sup> com altitude de 655 metros. Já a Usina Fortaleza se localiza no município de Muniz Freire, com 205 km<sup>2</sup> de área total e altitude de 554 metros.

Os dados pluviométricos e fluviométricos foram obtidos pelo portal Hidroweb, que compõe o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) sob a responsabilidade da Agência Nacional de Águas – ANA, com complementação das informações climáticas obtidas de outras fontes como o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados foram ajustados e organizados de forma mensal a partir do período

de dados de vazão observados, de 2007 a 2014 e, não houve o processo de calibração e validação dos parâmetros encontrados no modelo.

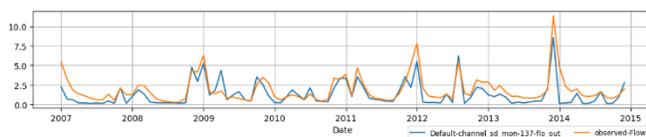
Os dados de solos foram obtidos no Portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da Embrapa Solos.

### 3. RESULTADOS

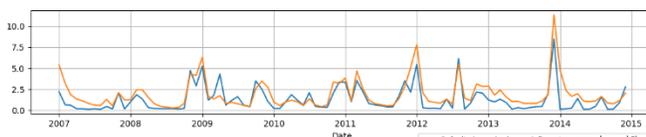
O resultado obtido na modelagem da bacia de Valsugana Velha foi razoavelmente satisfatório, mesmo sem a calibração do modelo. O coeficiente de correlação de Pearson não teve alteração e o coeficiente de eficiência Nash-Sutcliffe, que apresentou uma melhora de 0.01 usando o MDE-SRTM.

Os resultados obtidos com os MDEs e sua comparação com a vazão observada podem ser vistos nas figuras 2 e 3.

O modelo SWAT realiza seus processos a partir das HRU's (*Hydrologic Response Units*), que são definidas pela combinação de usos de terra, solos e classes de declividade. Os HRUs são a menor unidade espacial do modelo e a quantidade de HRUs influencia diretamente no tempo de processamento da modelagem, sendo um importante parâmetro a ser considerado na escolha do MDE. O número de HRU's gerado pelo MDE-SRTM foi 2.486 enquanto o MDE-ALOS gerou um total de 3.027.



**Figura 2. Coeficiente de Pearson: 0.84; Coeficiente Nash-sutcliffe: 0.59; VALSUGANA VELHA: Vazão observado com MDE-SRTM**

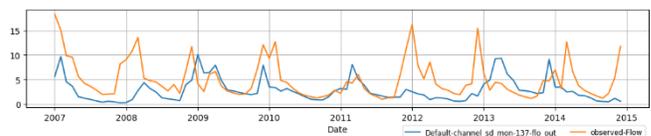


**Figura 3. Coeficiente de Pearson: 0.84; Coeficiente Nash-sutcliffe: 0.58; VALSUGANA VELHA: Vazão observada com MDE-ALOS**

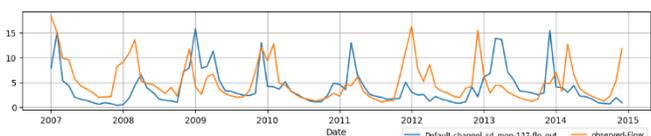
Na bacia Usina Fortaleza a modelagem não obteve resultados satisfatórios sem a calibração do modelo, porém, foi possível comparar a performance dos MDEs através dos coeficientes calculados. No MDE-ALOS o coeficiente de eficiência Nash-Sutcliffe foi de -0.43, enquanto no MDE SRTM esse valor foi de -0.37. Em relação ao coeficiente de Pearson, o MDE-ALOS foi ligeiramente melhor e resultou num aumento de 0.02 frente ao MDE-SRTM. Referente aos números de

HRU's, o MDE-ALOS gerou maior número, com 4.705 e o MDE-SRTM, com 3.981.

Os valores de vazão observados e simulados para a Bacia hidrográfica de usina Fortaleza podem ser observados nas figuras 4 e 5.



**Figura 4. Coeficiente de Pearson: 0.26; Coeficiente Nash-sutcliffe: -0.37; USINA FORTALEZA: Vazão observada com MDE-SRTM**



**Figura 5. Coeficiente de Pearson: 0.28; Coeficiente Nash-sutcliffe: -0.43; USINA FORTALEZA: Vazão observada com MDE-ALOS**

### 4. CONCLUSÕES

É incontestável a importância e melhora quanto ao uso de MDE's em processos de modelagens de bacias hidrográficas, sua tecnologia aplicada aos softwares de análises geográficas facilita e é capaz de fornecer melhores resultados e até mesmo comparações de dados favoráveis para determinados processos.

Nesse processo, os dois MDE's demonstraram resultados bastante similares, sendo que das 4 análises (2 coeficientes em 2 bacias), uma o ALOS teve melhor performance, uma o resultado foi o mesmo e em duas o SRTM performou melhor. Portanto não foi possível afirmar que um dos MDEs é o mais adequado que o outro para o estudo.

Para a reprodução da modelagem com o MDE-ALOS, foram usadas imagens raster de solos e uso dos solos com resolução de 30 metros, junto a resolução do MDE-ALOS de 12,5 metros. Não foram feitos testes com as resoluções iguais à do MDE-ALOS. Para futuras pesquisas, poderão ser feitas adaptações com as imagens de solos e uso dos solos, projetadas em 12,5 metros, para identificar se ocorrerão melhoras ou permanecerão os valores obtidos.

Considerando os resultados obtidos nesse estudo, onde as diferenças de performance foram irrisórias, conclui-se que o uso do MDE SRTM é mais vantajoso por gerar menos HRUs e conseqüentemente menos tempo para a realização da simulação hidrológica.

## 5. REFERÊNCIAS

[1] Renno, C.; Soares, J. CONCEITOS BÁSICOS DE MODELAGEM HIDROLÓGICA. In: *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Introdução à Modelagem Dinâmica Espacial*. Belo Horizonte: 2003. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap2\\_modelos\\_hidrologicos.pdf](http://www.dpi.inpe.br/cursos/tutoriais/modelagem/cap2_modelos_hidrologicos.pdf).

[2] Da Costa, A. M.; De Salis, H. H. C.; Araujo, B. J. R. S.; De Moura, M. S.; Da Silva, V. C.; De Oliveira, A. R.; Pereira, M. P. R.; Viana, J. H. M. Potencial de uso conservacionista em bacias hidrográficas: estudo de caso para a bacia hidrográfica do rio Gualaxo do Norte - MG. *Revista Geografias, [S. l.]*, v. 27, n. 2, p. 127–147, 2022. DOI: 10.35699/2237-549X.2019.19891. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/1989>. Acesso em: 09 set. 2022.

[3] Simões, M. G. Modeladores Digitais de Terreno em Sistemas de Informação Geográfica. 1993. xii, 167 p. Tese, (Engenharia de Sistemas e Computação). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1993.

[4] Brandão, T. F.; Santos, R. L. O uso de Imagens SRTM na modelagem de fenômenos hidrológicos (escoamento superficial). *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 4663-4670. Disponível em: <http://mar.te.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.17.23.15/doc/4663-4670.pdf>.

[5] Carvalho Junior, W. de; Amaral, F. C. S. do. Uso do modelo digital de elevação (MDE) no Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação (SIBCTI). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 45., 2019, Poços de Caldas. Mais tecnologias cafeeiras, nas cores brasileiras: trabalhos apresentados. Varginha: Fundação Procafé, 2019. p. 60-61.

[6] EMBRAPA TERRITORIAL. Satélites de Monitoramento. Campinas, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento>. Acesso em: 09 set. 2022