

## **DELIMITAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO RELEVO DE UMA BACIA HIDROGRÁFICA COM O QSWAT+**

**FRANCINE VICENTINI VIANA<sup>1</sup>; EDVANIA APARECIDA CORRÊA ALVES<sup>2</sup>;**  
**FELIPE DE LUCIA LOBO<sup>3</sup>; DANIELE BRESSIANI<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – fravivi@gmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – edvania.correa86@gmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – felipelloblo@gmail.com*

<sup>4</sup>*Universidade Federal de Pelotas – daniebressiani@gmail.com*

### **1. INTRODUÇÃO**

A Bacia Hidrográfica é a unidade de gestão das águas superficiais e sua delimitação e caracterização são fundamentais para diversos estudos e aplicações. A caracterização física de uma bacia hidrográfica, consiste na etapa inicial e essencial na modelagem hidrológica visando o entendimento das relações entre os processos hidrodinâmicos, ambientais e as características fisiográficas da paisagem (GOULART & MARCUZZO, 2022).

Para os estudos de processos hidrológicos, o principal dado de entrada são os dados de topografia, como os Modelos Digitais de Elevação (MDE), pois são eficientes na representação do relevo terrestre (FARIAS, 2021). Entretanto, a qualidade do MDE é crucial no desenvolvimento da modelagem, pois tanto a resolução espacial, quanto as imperfeições inerentes do MDE original podem ocasionar inconsistências no escoamento superficial e diferenças nas direções de fluxo, gerando erros que podem propagar-se em todos outros processos da modelagem (FARIAS, 2021; EMMENDORFER et al, 2024). Assim, se faz necessário o tratamento a fim de se obter um MDE que forneça maior precisão na representação das características da região, com consistência hidrológica, ou seja, um MDE Hidrologicamente Consistente (MDEHC) (GOULART & MARCUZZO, 2022; SALIS, et al, 2018; JARDIM, 2017).

O Soil and Water Assessment Tool (SWAT) é um modelo em escala de bacia hidrográfica, que permite modelar o comportamento de uma bacia a fim de quantificar e predizer os impactos das alterações das condições ambientais em várias escalas espaciais e temporais (BRESSIANI et al 2015; GASSMAN et al, 2014; ARNOLD, et al 2012). O SWAT é utilizado para diversas aplicações envolvendo a gestão de recursos hídricos como em estudos de qualidade de água, previsão de fluxo de sedimentos e nutrientes, planejamento agrícola sustentável, manejo de bacias hidrográficas e impactos das mudanças climáticas, etc (SILVA et al, 2023; SINGH et al, 2023; AFROZ et al, 2021; JAMSHIDI et al, 2020; HIMANSHU et al, 2019). O SWAT e o SWAT+ (versão atualizada e nova do modelo), através de sua interface no QGIS, realizam a delimitação automática da bacia hidrográfica e da rede de drenagem, através do MDE inserido.

O presente trabalho teve como objetivo realizar a delimitação da bacia hidrográfica a partir do MDEHC como primeira etapa de caracterização fisiográfica da região em um estudo de modelagem quali-quantitativa de subbacias na BH Mirim São Gonçalo, Rio Grande do Sul.

### **2. METODOLOGIA**

A área de estudo adotada contempla as bacias hidrográficas pareadas do rio Arroio Grande (BHAG) e do Arroio Chasqueiro (BHAC), ambas localizadas no Rio

Grande do Sul e inseridas na bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo (BHMSG), (Figura 1). A BHMSG é uma bacia transfronteiriça entre Brasil e Uruguai, que desempenha um papel crucial na economia da região, pois seus recursos são utilizados no abastecimento público, transporte e na agricultura (BESKOW et al., 2016). A região estudada possui uma extensão de 1.692 km<sup>2</sup> e um perímetro de 353 km, englobando 2 municípios da região sul (Arroio Grande e Herval) e seus principais afluentes desembocam diretamente na Lagoa Mirim. A região tem grande importância econômica devido a cultura do arroz irrigado e a presença a Barragem do Arroio Chasqueiro, que é responsável pelo atual abastecimento de água da produção agrícola local (ALM, 2024; COODIC, 2024).

O Software Quantum GIS (QGIS) serviu como interface para a utilização do SWAT+ (QSWAT+). Para a delimitação automática da bacia pelo QSWAT+, foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) SRTM com resolução espacial de 30m, disponível no site do U.S. Geology Survey (USGS, 2024) após tratamento para que ficasse um MDEHC.

Para a obtenção do MDEHC, o procedimento de correção realizado consistiu nas etapas de retiradas de valores negativos, que se deu pela análise de dados raster (*raster calculator*) e de valores sem dados (*no data*) através das ferramentas de raster do QGIS, onde o algoritmo redefine as células sem dados na varredura de entrada por um valor escolhido, de forma que não ocorram pixels sem valores. A correção de espúrias e depressões foi realizada através do complemento GRASS G/S, com o comando *r.fill.dir*, o qual filtra e gera um mapa de elevação sem depressões e um mapa de direção de fluxo a partir do mapa de elevação, seguindo o método proposto por O'Callaghan e Mark em 1984 (JARDIM, 2017).

Após a obtenção do MDEHC, preenchido e com as devidas correções, foi realizada a delimitação automática da área de contribuição. A rede de drenagem foi gerada atribuindo como limites para a criação dos canais e rios, 4Km<sup>2</sup> e 40Km<sup>2</sup>, respectivamente. Por fim, foram gerados os mapas temáticos de hipsometria, onde foram geradas 5 classes de altitudes atribuindo a paleta de cores do catálogo cpt-city presente no repositório do QGIS, e de declividade do terreno em percentual, através da ferramenta de análises de dados raster do QGIS e utilizando a reclassificação conforme EMBRAPA (1979).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A delimitação realizada através do QSWAT+ gerou 4 Bacias Hidrográficas de maior extensão, de acordo com os rios principais da rede de drenagem (Fig. 1) que drenam para a Lagoa Mirim e 22 subbacias.

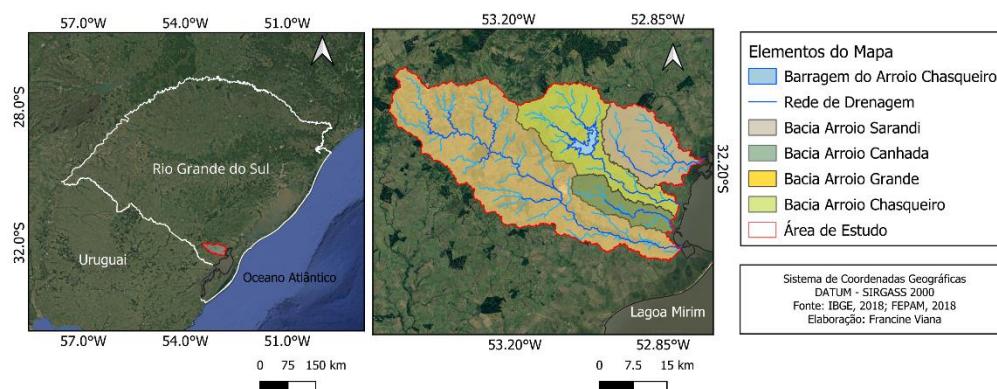


Figura 1. Localização da área de estudo e delimitação da bacia gerada pelo SWAT.

De acordo com o mapa hipsométrico apresentado na Figura 2a, a altitude máxima do relevo foi de 310m, sendo que 952 km<sup>2</sup> correspondem a altitudes de até 80m, representando 56,27% da área total. As altitudes entre 80 e 155m ocupam 25,19% da área total (426 km<sup>2</sup>). A Figura 2b, apresenta as classes de declividade de acordo com EMPRAPA (1979) das bacias hidrográficas delimitadas. A maior parte do relevo apresenta no máximo 20% de declividade, sendo que 33,5% da área total, apresenta um relevo plano, com declividade de até 3%. A classe de relevo suave-ondulado e ondulado, ocupam 33,98% e 30,8%, respectivamente, e somente 1,62% da área apresenta relevo forte ondulado, com declividades entre 20-45%.

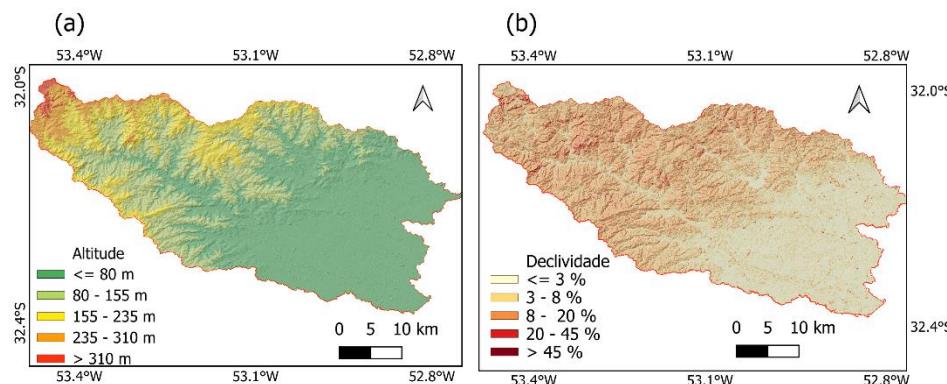


Figura 2. (a) Mapa Hipsométrico; (b) Classes de declividade (EMPRAPA, 1979).

#### 4. CONCLUSÕES

O QSWAT+ apresentou-se como ferramenta eficaz e simples na delimitação automática da bacia hidrográfica da área de estudo, onde foi possível gerar a rede de drenagem e o delineamento da área de contribuição da região, com apenas alguns cliques. A partir do MDEHC, foi possível a extração das informações de elevação e declividade do terreno, gerando mapas e informações importantes que serão utilizados nas etapas seguintes do estudo que envolve a modelagem qual-quantitativa de água na região sul do Brasil. A delimitação, caracterização e conhecimento de bacias hidrográficas é fundamental para qualquer estudo e tomada de decisão ambiental e de recursos hídricos, nesse artigo apresentamos como fazer o MDE Hidrologicamente Consistido e essa delimitação de forma simples com o QSWAT+.

**AGRADECIMENTO:** Agradecemos ao Programa de Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (Observatório Nacional de Segurança Hídrica e Gestão Adaptativa (INCT/ONSEADAdapta) pelo apoio ao desenvolvimento deste estudo.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFROZ M.D., LI R., MUHAMMED K., ANANDHI A., CHEN G. Best management practices for sustaining agricultural production at Choctawhatchee watershed in Alabama, USA, in Response to climate change **Air, Soil and Water Research**, 14 (2021), pp. 1-12

ALM. Agência de Desenvolvimento da Bacia da Lagoa Mirim. 2024. Online. Disponível em:<<https://wp.ufpel.edu.br/alm>> . Acesso em: 20/08/2024.

- ARNOLD, J.G et al. SWAT: Model use, calibration and validation. **American Society of Agricultural and Biological Engineers**, [s. l.], v. 55, n. 4, p. 1491–1508, 2012.
- BESKOW, S. et al. Potential of the LASH model for water resources management in data-scarce basins: a case study of the Fragata River basin, southern Brazil. **Hydrological Sciences Journal**, v. 61, 2016.
- BRESSIANI, D. A., et al. A review of soil and water assessment tool (SWAT) applications in Brazil: Challenges and prospects. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, 2015. 8(3), p 1-27.
- COODIC. Cooperativa dos Proprietários do distrito de irrigação a barragem do Arroio Chasqueiro Itda. Disponível em: <<http://www.coodic.com.br/index.php>>. Acesso em: 25/08/2024.
- EMMENDORFER I. B. ALMEIDA L. P. M., ALVES D. C. L., EMMENDORFER L. R, ARIGONY-NETO J. Accuracy assessment of global DEMs for the mapping of coastal flooding on a low-lying sandy environment: Cassino Beach, Brazil, **Regional Studies in Marine Science**, Vol. 74, 2024.
- FARIAS, V. E. M. **Avaliação da influência das resoluções espaciais de MDE na estimativa do escoamento superficial de uma bacia hidrográfica usando o modelo SWAT+**. 2021, 64p. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil e Ambiental). Centro de Tecnologia. Universidade Federal do Paraíba.
- GASSMAN, P. W, Ali M. Sadeghi, and Raghavan Srinivasan. Applications of the SWAT Model Special Section: Overview and Insights. **Journal of Environmental Quality**. Special Section. 43:1-8. (2014).
- GRASS GIS 8.4.1dev **Reference Manual**. Acessado em 03 de out de 2024. Online. Disponível em: <<https://grass.osgeo.org/grass84/manuals/index.html>>.
- GOULART, E. R. P & MARCUZZO, F. F.N. Delimitação automática de bacias hidrográficas por SIG: procedimentos para tratamento de MDT. In: **XVI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE - 15º SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA**. Caruaru, PE. 2022. 10p.
- HIMANSHU, S. K.; PANDEY A.; YADAV, B.; GUPTA, A.; Evaluation of best management practices for sediment and nutrient loss control using SWAT model, **Soil and Tillage Research**, Volume 192, 2019, Pages 42-58.
- JARDIM, A. C. **Direções de fluxo em modelos digitais de elevação: um método com foco na qualidade da estimativa e processamento de grande volume de dados**. 2017. 109p. Tese (Doutorado em Computação Aplicada) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- JAMSHIDI, S., IMANI, S., & DELAVAR, M. Impact Assessment of Best Management Practices (BMPs) on the Water Footprint of Agricultural Productions. 2020. **International Journal of Environmental Research**.
- SILVA, T. P. et al. Evaluating hydrological and soil erosion processes in different time scales and land uses in southern Brazilian paired watersheds. **Hydrological Sciences Journal**, [s. l.], v. 00, n. 00, p. 1–18, 2023.
- SINGH, S.; HWANG, S.; ARNOLD, J.G.; BHATTARAI, R. Evaluation of Agricultural BMPs' Impact on Water Quality and Crop Production Using SWAT+ Model. **Agriculture** 2023, 13, 1484.
- USGS. United States Geological Survey. **EarthExplorer**.2024 Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em: 26 ago. 2024.