

APLICAÇÃO DO SWAT+ NA SIMULAÇÃO DAS VAZÕES MENSAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRATINI – RIO GRANDE DO SUL

VARLEI B. GONÇALVES¹; LEONIDAS A. BALTAZAR²; GUILHERME J. WEYMAR³;
CLAUS HAETINGER⁴; RÉGIS S. QUADROS⁵; DANIELA BUSKE⁶

¹Universidade Federal de Pelotas – varlei0609@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – leonidasariasb@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – guilhermejahncke@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – claus.haetinger@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – regis.quadros@ufpel.edu.br

⁶Universidade Federal de Pelotas – daniela.buske@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

A modelagem hidrológica é fundamental para entender o comportamento das bacias hidrográficas, permitindo a análise dos processos que regulam a geração do escoamento superficial, subterrâneo e a variação da vazão ao longo do tempo. De acordo com TUCCI (1998), esses modelos são ferramentas científicas indispensáveis e projetadas para analisar cenários hidrológicos, subsidiar o planejamento de recursos hídricos e apoiar a gestão ambiental.

Dentre os modelos disponíveis, o *Soil And Water Assessment Tool* (SWAT), destaca-se por ser um modelo hidrológico semi-distribuído e contínuo no tempo, que consegue representar a interação entre clima, solo, relevo e uso do solo, além de simular a dinâmica das vazões em diferentes escalas espaciais (NEITSCH et al., 2005). Trata-se de um modelo de base física, e capaz de subdividir a bacia em sub-bacias e Unidades de Resposta Hidrológica (HRUs), possibilitando a descrição mais precisa da interação entre clima, solo e seu uso. Por ser mais abrangente e possuir muita disponibilidade de informação sobre a solução de problemas, volume de manuais e publicação científica, o SWAT tem sido utilizado em diversas partes do mundo.

GARRIDO (2003) analisou diversos modelos de simulação hidrológica, e o SWAT foi o que mais se destacou, por se mostrar mais completo, levando em consideração o número de componentes simulados, permitindo que seja feita a avaliação de várias situações climáticas. Já TRIPATHI et al. (2003) realizaram uma análise do gerenciamento hidrológico na Índia, concluindo que o resultado obtido foi satisfatório. Eles conseguiram determinar as sub-bacias críticas, as cargas de sedimentos e os nutrientes medidos no vertedouro da bacia estudada. Cabe citar, ainda, KING e BALOGH (2001) e KIRSCH et al. (2002), que avaliaram as mudanças do uso do solo em uma bacia hidrográfica e como essas mudanças afetam a produção de sedimentos, e seus resultados foram utilizados na gestão de bacias hidrográficas.

A bacia hidrográfica do Rio Piratini (BHRP), está localizada no estado do Rio Grande do Sul – RS, e possui grande importância ambiental e socioeconômica para a região. Inserida na bacia hidrográfica Mirim-São Gonçalo, possui papel estratégico no abastecimento, na produção agropecuária e na manutenção do ecossistema ao qual está inserida (LUCAS, 2023). Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo aplicar o modelo SWAT+ para simular as vazões da Bacia do Rio Piratini, no período de 2010 e 2023, utilizando dados disponíveis em bases públicas e sem a realização da calibração. No estudo, busca-se avaliar de forma exploratória a capacidade do modelo em reproduzir o regime hidrológico da bacia.

2. METODOLOGIA

Este estudo foi realizado na BHRP (Figura 1), situada na região Sul do RS e inserida na bacia hidrográfica transfronteiriça Mirim–São Gonçalo. Considerando como exutório o ponto de controle representado pela estação de monitoramento fluviométrico de Pedro Osório, sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA), a BHRP apresenta uma área de drenagem aproximada de 4 700 km².

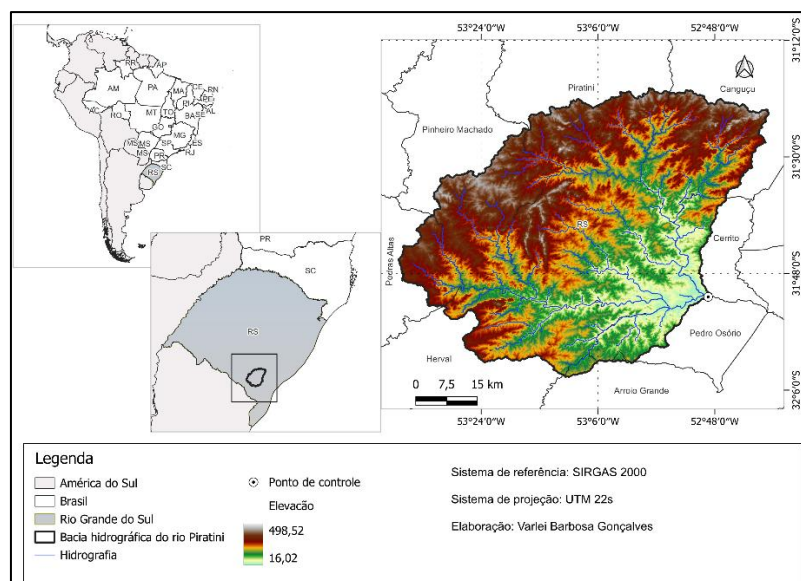


Figura 1: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Piratini. Fonte: Do Autor

O SWAT+, modelo empregado nas simulações, atua em escala de bacia hidrográfica, permitindo simular a quantidade e a qualidade das águas superficiais e subterrâneas, além de prever os impactos ambientais decorrentes do uso do solo, das práticas de manejo e das mudanças climáticas. Os dados de entrada necessários para a simulação hidrológica no modelo compreendem dados hidrológicos (precipitação e vazão), meteorológicos (temperatura máxima e mínima, umidade relativa, radiação solar e velocidade do vento) e dados espaciais (modelo digital de elevação, mapa de classes de solo e mapa de uso do solo).

Para esta simulação, utilizou-se o Copernicus DEM, com resolução espacial de 30 m, obtido pela missão *TanDEM-X* (2011–2015) e disponibilizado pelo *Copernicus Data Space Ecosystem*. A partir desse MDE, foi gerado no QGIS 3.40.5 o MDE hidrologicamente consistido, corrigido com a ferramenta *r.fill.dir*. O mapa de usos do solo foi elaborado a partir de dados obtidos do projeto MapBiomass, o qual oferece dados de uso do solo desde 1985, para o ano de 2011, haja vista que este ano pertence ao intervalo de anos escolhido para a simulação (2010 - 2023). A variação espacial dos solos da área de estudo foi obtida da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), por meio da plataforma *online* Geoinfo.

As séries históricas de precipitação, temperatura mínima e máxima, velocidade média do vento, umidade relativa do ar e radiação solar foram obtidas junto à Agência Nacional de Águas (ANA) e ao Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e

Pesquisa (BDMEP), do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados foram coletados em estações oficiais (Figura 2), com registro em intervalo temporal diário.

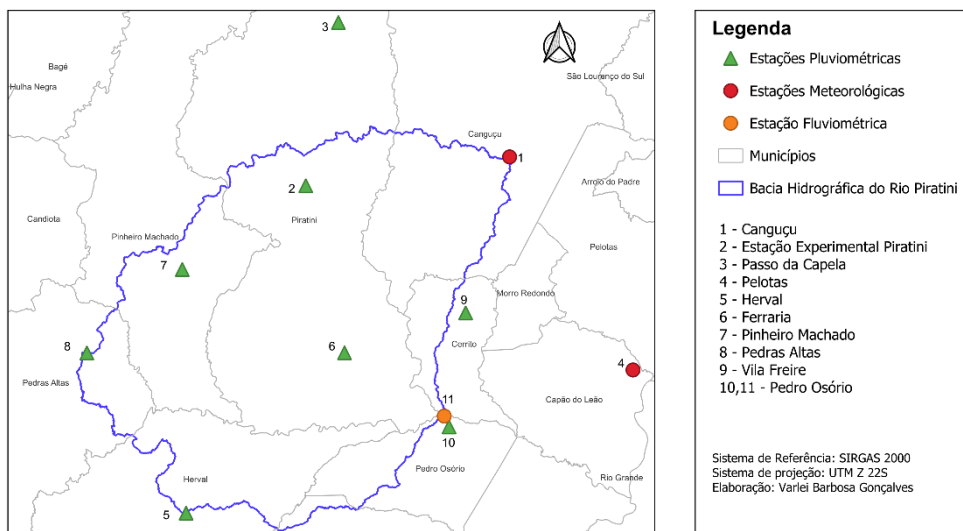


Figura 2: Mapa de localização das estações. Fonte: Do Autor

A simulação hidrológica da Bacia do Rio Piratini foi realizada utilizando o SWAT+ no QGIS 3.40.5 por meio do plugin QSWAT+. Inicialmente, foram inseridos os dados espaciais, incluindo o DEM Copernicus 30 m, mapas de uso do solo e solos, e as séries climáticas diárias de precipitação e temperatura (2010–2023). A bacia foi delimitada automaticamente a partir do DEM, gerando sub-bacias e rede de drenagem, e em seguida foram definidas as Unidades de Resposta Hidrológica (HRUs) combinando solo, uso do solo e faixa de inclinação. Os dados climáticos foram associados às sub-bacias correspondentes, e o modelo foi configurado com parâmetros *default*, sem calibração, para simular o período de 2010 a 2023. As vazões simuladas foram exportadas para análise estatística e comparação com os dados observados.

Para verificar o desempenho do modelo no período simulado, foi utilizado o coeficiente de Nash e Sutcliffe (NS) (NASH e SUTCLIFFE, 1970), que de acordo com MORIASI et al (2015), sugere que um hidrograma estimado com $NS \leq 0,5$ é considerado insatisfatório; $0,5 < NS \leq 0,70$, satisfatório; $0,70 < NS \leq 0,80$, bom e; $NS > 0,80$ muito bom.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 pode ser visualizado o hidrograma mensal observado na seção de controle e o estimado pelo SWAT+. Na análise dos hidrograma é possível verificar que o desempenho do SWAT+ foi capaz de capturar picos de vazão durante períodos chuvosos e a redução gradativa em períodos de estiagem, ainda que, em alguns meses, pequenas discrepâncias entre os valores possam ser notadas.

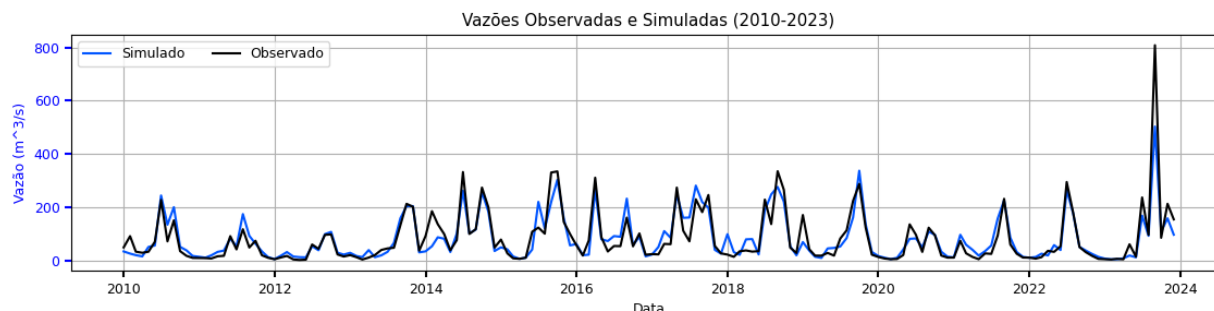


Figura 3: Hidrograma mensal observado e estimados para a BHRP. Fonte: Do Autor

A simulação resultou em um NS de 0,83, que de acordo com MORIASI et al. (2015), é considerado um resultado muito bom na estimativa das vazões no período simulado. Este resultado é relevante sobretudo porque a simulação foi realizada sem calibração, utilizando apenas parâmetros *default* do modelo. Isso indica que os dados de entrada (uso e ocupação do solo, precipitação e variáveis meteorológicas) apresentam boa consistência e que a configuração do SWAT+ se mostrou adequada para representar o funcionamento hidrológico da bacia.

4. CONCLUSÕES

O presente trabalho aplicou o modelo SWAT+ na simulação das vazões mensais da BHRP no período de 2010 a 2023. Os resultados mostraram que o modelo foi capaz de reproduzir de forma consistente o regime de vazões da bacia, evidenciado pelo coeficiente de NS de 0,83, indicando bom ajuste entre as vazões simuladas e observadas. Conclui-se que o SWAT+ apresenta potencial para representar o comportamento da bacia, mesmo em uma aplicação exploratória.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GARRIDO, JULIANA MENEZES. Aplicação de modelo matemático de simulação com utilização de SIG à bacia do rio Jiquiriçá–Bahia. Brasília, Distrito Federal, Brasil: Universidade de Brasília, 2003.
- KING, K. W.; BALOGH, J. C. Water quality impacts associated with converting farmland and forests to turfgrass. Transactions of the ASAE, v. 44, n. 3, p. 569, 2001.
- KIRSCH, K. J.; KIRSCH, A. E. Using SWAT to predict erosion and phosphorus loads in the Rock River Basin. In: Wisconsin. Intl. Symp. ASAE 701P0007, Honolulu, HI. 2001.
- LUCAS, Luciano Marin. Mudanças ambientais na cobertura da terra e no sistema fluvial: bacia hidrográfica do Rio Piratini-RS. 2023.
- NEITSCH, S. L.; ARNOLD, J. G.; KINIRY, J. R.; WILLIAMS, J. R. Soil and Water Assessment Tool: Theoretical Documentation – Version 2005. Temple, TX: Blackland Research Center, Texas Agricultural Experiment Station, 2005.
- MORIASI, Daniel N. et al. Hydrologic and water quality models: Performance measures and evaluation criteria. Transactions of the ASABE, v. 58, n. 6, p. 1763-1785, 2015.
- TRIPATHI, M. P.; PANDA, R. K.; RAGHUWANSHI, N. S. Identification and prioritisation of critical sub-watersheds for soil conservation management using the SWAT model. Biosystems Engineering, v. 85, n. 3, p. 365-379, 2003.
- TUCCI, Carlos EM. Modelos hidrológicos. UFRGS/Associação Brasileira de recursos Hídricos, 1998.