

# PROCESSAMENTO DE DADOS PARA MODELAGEM HIDROLÓGICA COM SWAT+ EM UMA BACIA HIDROGRÁFICA NO SUL DO RIO GRANDE DO SUL - BRASIL

MANOEL RIBEIRO HOLANDA NETO<sup>1</sup>; DANIELLE BRESSIANI<sup>2</sup>; SAMUEL BESKOW<sup>3</sup>; MARIA CÂNDIDA MOITINHO NUNES<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas PPG MACSA – [mrholandaneto@hotmail.com](mailto:mrholandaneto@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [daniebressiani@gmail.com](mailto:daniebressiani@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [samuel.beskow@ufpel.edu.br](mailto:samuel.beskow@ufpel.edu.br)

<sup>4</sup>Universidade Federal de Pelotas – [nunes.candida@gmail.com](mailto:nunes.candida@gmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

Mudanças na cobertura e uso do solo e sistemas inadequados de manejo alteram o regime hidrossedimentológico de bacias hidrográficas. No mundo, têm sido realizados estudos sobre estratégias para gestão de bacias hidrográficas, com uso da modelagem hidrológica a partir de séries históricas de dados hidrometeorológicos e ambientais, pois as observações diretas são escassas e onerosas. Nesta perspectiva, o SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) é o modelo hidrossedimentológico mais difundido no mundo e no Brasil quando se trata de estudos em bacias hidrográficas (ARNOLD et al., 2012; BRESSIANI et al., 2015). O SWAT+ é uma nova versão do modelo SWAT, com recursos de codificação inteiramente novos (BIEGER et al., 2019; IGDER et al., 2022).

Amparado no SIG, integrado ao ciclo hidrológico e ao modelo MUSLE (Modified Universal Soil Loss Equation), o SWAT+ apresenta melhorias em relação ao SWAT, com melhor conexão hidrológica entre Unidades de Resposta Hidrológica (HRUs) em sub-bacias, com maior discretização do terreno entre áreas de planícies inundáveis e altas, estimativa de escoamento e uma representação espacial mais flexível das interações e processos em bacia hidrográfica (BIEGER et al., 2019; DILE et al., 2022).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar os procedimentos realizados para a aquisição e processamento de dados de entrada necessários à modelagem hidrológica no SWAT+, em uma bacia hidrográfica no sul do Rio Grande do Sul - Brasil.

## 2. METODOLOGIA

A área de estudo trata-se de um recorte de parte do território situada à montante da sub-bacia do Arroio Candiota, definida como Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota (BHCAND), porção integrante do território da Bacia Hidrográfica Lagoa Mirim e São Gonçalo. A BHCAND, localizada entre 54°00'58" a 53°18'35"W e 31°07'35" e 32°02'41"S, sudoeste do Rio Grande do Sul, tem uma área total de drenagem de 314,53 km<sup>2</sup>, dentro do município de Candiota-RS.

A modelagem hidrológica está sendo desenvolvida no SWAT+: QSWAT+ e no SWAT+Editor (versões 2.2 e 2.1), na interface do software de longo termo QGIS 3.22.6 (QGIS, 2022). Além desses requisitos foi utilizada uma base de dados espaciais e hidrometeorológicos, referentes à região de Candiota-RS.

Para desenvolver este estudo foi usado o Modelo Digital de Elevação (MDE), resolução espacial de 30 m, obtido no site do Projeto TOPODATA, DSR (2008), um mapa de solos na escala 1:1.257.000 (CUNHA et al., 2006), parâmetros físicos-

hídricos dos solos da região CUNHA et al. (1998), além da utilização do mapa de uso e cobertura do solo adquirido através da plataforma MAPBIOMAS (2020).

Após o tratamento e inserção do MDE dentro da interface do QSWAT+, foi definida a rede de drenagem da BHCAND no QSWAT+, determinando os limites de tamanho para a criação dos canais (channel) e córregos (stream), com 100 ha e 500 ha, respectivamente. Após a criação da rede de drenagem, foi selecionado o exutório como sendo o ponto de confluência entre o arroio Candiota e o arroio Sanga Funda, a jusante da bacia. Após, foram inseridos no modelo os dois reservatórios da Bacia, sendo denominados de reservatório I e II. O reservatório I não dispõe de procedimentos de regulação, assim foi inserido no modelo como *pond*. Já o reservatório II (reservoir), de maior extensão e volume de água, dispõe de regulação e, portanto, foi adicionado como *reservoir*. Em seguida, foi delimitada a bacia hidrográfica (BHCAND), considerando limite de fusão de sub-bacias com área <5,0 ha, significando, que toda sub-bacia com limite de área inferior a 5,0 ha, foi incorporada às sub-bacias de maior extensão, objetivando evitar sub-bacias muito pequenas e de pouca relevância dentro da bacia estudada. As unidades de paisagem (LSUs) que distinguem as áreas inundáveis (floodplain) das mais elevadas (upslope) foram determinadas mediante o uso do dispositivo *DEM inversion*, com um limite de declividade igual a 4%.

A representação da variabilidade espacial da bacia foi determinada através das HRUs, associando dados vetoriais e tabulares de tipos, uso e ocupação dos solos na BHCAND, ao considerar as condições de declividades (geradas a partir do MDE) e LSUs. Foram inseridas 6 classes de relevo, com declividades de 0 a 3%, 3 a 8%, 8 a 20%, 20 a 45%, 45 a 75% e >75% (SANTOS et al., 2018). Ao criar os HRUs foram definidos limites de exclusão em um valor como meta, visando excluir HRUs muito pequenos e pouco representativos.

Em relação aos tipos de solos, a classe Afloramento Rochoso (AR) foi reclassificada como Neossolo Regolítico Distrófico (RRd), por apresentar associações com essa classe. Para facilitar a modelagem hidrológica e entender a dinâmica da bacia, foram determinados, para cada classe de solo, e descritos até o 3º nível categórico, os valores dos atributos físico-hídricos do solo e as funções de pedotransferência, inseridas em planilha eletrônica (usersoil) do SWAT+, conforme BAUMER (1990), WILLIAMS (1995) e SAXTON (2006), utilizando os parâmetros: número de horizontes, profundidade do horizonte, grupo hidrológico, volume potencial de fissuras do perfil do solo, exclusão de ânions na fração porosidade, percentual de areia, silte e argila, densidade do solo, capacidade de água disponível, condutividade hidráulica, teor de carbono orgânico, fragmento rochoso, albedo úmido, fator K da Universal Soil Loss Equation (USLE) e condutividade elétrica.

O mapa de uso e cobertura do solo foi obtido por meio da plataforma do MAPBIOMAS (2020), para o ano de 2016. A decisão pelas imagens representando o cenário de uso e cobertura do solo para o ano de 2016, foi em razão da consistência e representatividade dos dados meteorológicos obtidos, dentro do interstício de 2012 a 2021. Foi realizada a reprojeção dos dados para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000, projeção UTM - zona 22s. Então as classes de uso e cobertura do solo foram associadas aos códigos de uso e cobertura do solo disponíveis no banco de dados do modelo SWAT.

Foram obtidas informações meteorológicas, na frequência diária, fornecidas pela Companhia de Geração Térmica de Energia Elétrica Sul (CGTEE-ELETROSUL), colhidas da estação meteorológica Aeroporto de Candiota. Utilizou-se uma série histórica de dados de precipitação pluviométrica, velocidade escalar do vento, temperatura, radiação solar global e umidade relativa, referente ao ano de 2016.

Conforme exige o modelo SWAT+ foram inseridos os arquivos em forma de texto contendo informações de identificação e localização da estação meteorológica com dados de latitude e longitude, bem como a dimensão da série de dados disponíveis. Além disso, procedeu-se o pré-processamento dos dados meteorológicos, por meio da realização de uma série de operações estatísticas, determinadas mediante a utilização de cálculos em planilha Macro WGEN, elaborada por BOISRAMÉ (2011). Os resultados alcançados, foram adicionados dentro da interface do SWAT+ Editor (ROTAVA; BRESSIANI, 2020).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram geradas 31 sub-bacias no QSWAT+ para a BHCAND, 336 LSUs, 168 canais e 600 HRUs, utilizando um limite de exclusão de HRUs igual a 1598, do total inicial de 5.627 HRUs, níveis de altitudes mínima, máxima e média igual a 170, 400 e 271,42 m, respectivamente. A escolha do limite de declividade igual a 4% para delimitar as LSUs pelo método inverso do MDE pode ser atribuído ao fato de uma porção considerável da BHCAND (85%) englobar áreas de topo, pois apenas 15% são áreas de planícies inundáveis, considerando a determinação das classes de relevos empregadas neste trabalho. A área apresentou padrão de tendência às classes de relevos plano (24,88%), suave ondulado (39,62%) e ondulado (34%). A maior parte da área apresenta desníveis muito pequenos a suaves (64,5%), pouco movimentado (34%) e topografia movimentada (2,7%).

Na BHCAND foram identificadas 7 classes de solos. Os solos mais evoluídos pedogeneticamente, Argissolos Vermelhos-Amarelos Distróficos (PVAd), Argissolos Vermelhos Eutróficos (PVe) e Argissolos Amarelos Distróficos (PAd), ocupam a maior área (72%), enquanto os Neossolos Regolíticos Distróficos (RRd), Chernossolos Háplicos Orticos (MXo), Gleissolos Melânicos Eutróficos (GMVe) e Neossolos Litólicos Eutróficos (Rle) abrangem menor área (29%).

Foram identificadas 13 classes de uso do solo, são elas: Formação Campestre (SHRB), Soja (SOY), Mosaico de Agricultura e Pastagem (CRGR), Formação Florestal (FRST), Silvicultura (EUCA), Corpos d'água (WATR), Outras Áreas Não Vegetadas (BSVG), Área Urbana (URBN), Outras Lavouras Temporárias (AGRL), Arroz (RICE), Afloramento Rochoso (UCOM), Mineração (BARR) e Áreas Alagadas e Pantanosas (WETW). Importante frisar que as classes de uso SHRB, SOY, CRGR, FRST, EUCA e BARR correspondem a 96% da bacia. O predomínio desses usos corrobora com os tipos de solos, conforme a capacidade de uso das terras (LEPSCH et al., 2015). A maior parte da BHCAND é formada por solos medianamente profundos, como os Argissolos, enquanto a menor proporção da área restringiu-se a solos mais rasos e hidromórficos, restritos a cultivos de arroz, planícies inundáveis e corpos d'água.

Os resultados são promissores, ressaltando que este estudo está inserido em um arcabouço maior de um projeto desenvolvido na BHCAND, sendo necessária a calibração e validação do modelo para posterior simulação de diferentes cenários de uso e manejo do solo.

### 4. CONCLUSÕES

Este estudo permitiu o conhecimento da aplicação conjunta de técnicas de geoprocessamento usando o QGIS, integrado ao SWAT+, para o preparo de banco de dados meteorológicos e ambientais exigidos na modelagem hidrológica, em face

da variação nos tipos, uso e cobertura dos solos em uma bacia hidrográfica no sul do Rio Grande do Sul - Brasil.

Ao observar a pouca variabilidade nas condições de relevo da BHCAND, foi possível identificar uma tendência no predomínio dos tipos de usos combinados às classes de solos, que por sua vez estão associados às condições de relevo da BHCAND. Nesse contexto, pode-se considerar a viabilidade da utilização de bases de dados disponíveis e de domínio público, necessária na organização e processamento de informações em modelos hidrológicos semi-distribuídos, que após calibrados e validados poderá ser ferramenta importante na tomada de decisões para gestão do solo e recursos hídricos.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLD, J. G. et al. **Soil and Water Assessment Tool Input/Output Documentation**. Version 2012. Texas Water Resources Institute, 2012. TRF-439.
- BAUMER, O. W. **Prediction of soil hydraulic parameters**. WEPP Data Files for Indiana SCS National Soil Survey Laboratory, Lincoln, NE. 1990.
- BRESSIANI D. A., et al. Review of Soil and Water Assessment Tool (SWAT) applications in Brazil: Challenges and prospects. **Int J Agric & Biol Eng**, 2015; v.8, n.3, p.9-35, 2015.
- BIEGER, K. et al. Representing the Connectivity of Upland Areas to Floodplains and Streams in SWAT+. **Jou. of the Amer. Water Reso. Assoc.**, v. 55, p. 578-590, 2019.
- BOISRAMÉ, G. **Planilha Excel Macro WGN**: <https://swat.tamu.edu/software/>. Acesso em: 8 de maio de 2021.
- CUNHA, N. G et al. **Estudo dos solos do município de Candiota**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1998. 73p. Circular técnica, n.11.
- CUNHA, N. G et al. **Solos e Terras do Planalto Sul-Rio-Grandense e Planícies Costeiras**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 43p. Circular técnica, n.55.
- DILE, Y. et al. **Manual for QSWAT. QGIS Interface for SWAT+: QSWAT+ (Soil and Water Assessment Tool) – Theoretical documentation**. 2022, v.2.2, 137p.
- DSR-Divisão de Sensoriamento Remoto-INPE**. 2008. Topodata: dados geomorfométricos do Brasil:<http://www.dsr.inpe.br/topodata/acesso.php>. Acesso em: mar. 2021.
- IGDER, O.M. et al. Multivariate assimilation of satellite-based leaf area index and ground-based river streamflow for hydrological modelling of irrigated watersheds using SWAT+. **J. of Hyd.** V.610, n.128012, 2022.
- LEPSCH, I.F. et al. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Viçosa, MG, SBCS, 170p, 2015.
- MAPBIOMAS. **Coleção 6 (2020) de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Acesso: abr. 2022. Disponível em:<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>
- ROTAVA, J.; BRESSIANI, D. A. **Scripts em Python para Processamento de Dados de Precipitação e Interpolação para o formato do Soil & Water Assessment Tool**. 2020. Acesso em 10 de mai. 2021. Disponível em: <https://github.com/SWAT-Brasil/util/>
- SANTOS, H.G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos-SiBCS**. Brasília, DF, Embrapa, 5 ed. 2018. 356p.
- SAXTON, K.E.; RAWLS W.J. Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. **S. S. S. A. J.** v.70, n.5, p.1569-1578, 2006.
- WILLIAMS, J.R. The EPIC Model. In: SINGH, V.P. **Computer Models of Watershed Hydrology**, Water Res. Public. Highlands Ranch. 1995. c.25, p.909-1000.