

ANÁLISE SISTÊMICA SOBRE OS DESAFIOS DO MODELO HIDROSSEDIMENTOLÓGICO *SOIL & WATER ASSESSEMENT TOOL* (SWAT)

SAMANTA TOLENTINO CECCONELLO¹; DANIELLE BRESSIANI²; LUIS
CARLOS TIMM³; MARIA CÂNDIDA MOITINHO NUNES⁴

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-rio-grandense Câmpus Pelotas e
Universidade Federal de Pelotas – PPG MACSA – samantacecconello@ifsul.edu.br

^{2,3,4}Universidade Federal de Pelotas - daniebressiani@gmail.com; luisctimm@gmail.com;
nunes.candida@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A erosão hídrica é um processo natural, mas que ao longo dos anos vêm sendo intensificado em decorrência da ineficiência ou inexistência de práticas adequadas de manejo do solo (GANASRI; RAMESH, 2016). Como consequência, tem-se observado diferentes alterações ambientais, sociais e econômicas, principalmente em áreas agrícolas, pela perda da fertilidade do solo (HIMANSHU et al., 2019). Estes problemas são significativos e necessitam de ações que busquem minimizar as perdas de solo. Sendo assim, os processos hidrossedimentológicos têm sido objeto de estudos no mundo inteiro, ao longo de anos.

Ademais, estes estudos sobre erosão hídrica devem levar em consideração tanto os fatores hidrológicos, que influenciam na desagregação e transporte de sedimentos, quanto os fatores que vão influenciar na deposição das partículas em áreas mais planas de uma bacia hidrográfica (CHALISE; KUMAR; KRISTIANSEN, 2019). Desta forma, se torna necessária uma análise integrada do ambiente através do uso dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e de modelos matemáticos que buscam representar o mundo real por meio da representação dos processos físicos que ocorrem em um determinado ambiente (MELIHO; KHATTABI; MHAMMDI, 2020). Sendo assim, a modelagem hidrossedimentológica se torna uma ferramenta importante para fornecer informações sobre a erosão atual e suas tendências, além de permitir que sejam analisados diferentes cenários, colaborando para a compreensão do comportamento dinâmico dos fenômenos sedimentológicos que ocorrem em escala de bacia hidrográfica e, com isso, pode servir como instrumento de gestão e tomada de decisão (DJOUKBALA et al., 2019).

Os processos erosivos são complexos e sofrem influência de vários fatores físicos que caracterizam uma bacia hidrográfica, para os quais diferentes modelos foram desenvolvidos para atender diferentes escalas espaciais e temporais, utilizando abordagens específicas (LEMMA et al., 2019). Atualmente, há diversos modelos para avaliação dos processos hidrossedimentológicos, sendo que os comumente utilizados são: USLE (*Universal Soil Loss Equation*), RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*), MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*), EPIC (*Erosion Productivity Impact Calculator*), CREAMS (*Chemicals, Runoff, Erosion from Agricultural Management Systems*), WEPP (*Water Erosion Prediction Project*), ANSWERS (*Aerial Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation*), AGNPS (*AGricultural NonPoint Source*) e SWAT (*Soil & Water Assessment Tool*) (KETEMA; DWARAKISH, 2019).

A diferença entre cada modelo supracitado, baseia-se na complexidade, precisão, entradas e saídas, abordagens e suas escalas espaciais e temporais (LEMMA et al., 2019). Sendo assim, é impossível escolher o melhor modelo dentre os diversos existentes, pois cada modelo foi desenvolvido para uma finalidade específica (HAJIGHOLIZADEH; MELESSE; FUENTES, 2018). Porém, dentre os

modelos hidrossedimentológicos que têm se destacado no cenário científico mundial e brasileiro, encontra-se o *Soil & Water Assessment Tools* (SWAT). O SWAT é um modelo físico, semi-distribuído e integrado a um SIG, que permite analisar as interrelações entre os diferentes componentes dos processos erosivos (BRESSIANI et al., 2015, KETEMA; DWARAKISH, 2019). Considerando a importância da modelagem hidrossedimentológica e o crescente uso do SWAT em trabalhos científicos, este trabalho objetivou realizar uma análise sistêmica dos principais desafios da utilização do modelo SWAT para modelagem hidrossedimentológica em bacias hidrográficas através da aplicação da metodologia *Knowledge Development Process – Constructivist* (Proknow-C), pois esta metodologia permite investigar mais detalhadamente um determinado tema, como também contribui na formulação dos objetivos da pesquisa (ENSSLIN et al., 2010; TASCA et al., 2010). Deste modo, a aplicação do método direciona a busca de artigos em periódicos qualificados, contribuindo com a economia de tempo para o pesquisador.

2. METODOLOGIA

Para o alcance do objetivo da pesquisa, aplicou-se a primeira e a segunda etapa do método Proknow-C de Ensslin et al (2010), denominadas de seleção de portfólio bibliográfico e análise sistêmica. A seleção do portfólio consistiu na busca sistematizada de material científico na base de dados da *Web of Science* (WoS). A sistematização foi realizada pela definição de palavras-chave relacionadas ao tema em dois eixos. O primeiro eixo de buscas incorporou palavras relacionadas ao SWAT e o segundo eixo relacionado a conservação do solo e modelagem da erosão hídrica.

Utilizou-se a concatenação das palavras-chave do eixo 1 e eixo 2, no campo busca da base de dados WoS para o período de 2016 a 2020 selecionando apenas artigos científicos. A fase seguinte consistiu na leitura dos títulos dos artigos para verificar se os mesmos estavam alinhados com os termos de busca. Posteriormente, realizou-se a exclusão dos artigos com títulos não alinhados. Então, realizou-se a leitura dos resumos dos artigos selecionados. Os artigos, cujos resumos não tratavam do processo hidrossedimentológico com SWAT, foram excluídos da análise. Na etapa da análise sistêmica, realizou-se a leitura dos artigos selecionados na íntegra com o intuito de identificar e verificar os principais desafios apontados por estes sobre a modelagem hidrossedimentológica em escala de bacia com o SWAT.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de busca dos artigos que tratavam do tema em questão, obteve-se 1.864 artigos científicos publicados em periódicos internacionais, os quais foram exportados para planilhas eletrônicas. Em seguida, fez-se uma leitura dos títulos destes 1.864 artigos e concluiu-se que 391 apresentavam títulos alinhados com o interesse da pesquisa, ou seja, que tratavam do uso do SWAT para a modelagem dos processos hidrossedimentológicos em bacias hidrográficas. Dentre os 391 artigos apenas 53 possuíam resumos alinhados à pesquisa. Destes, apenas 12 artigos discutiram sobre os desafios da utilização do modelo SWAT.

Observou-se que nos 12 artigos selecionados, os autores apontaram para três principais desafios para a modelagem da erosão hídrica com o SWAT. O primeiro desafio se refere à quantidade e qualidade de dados necessários para a modelagem da erosão hídrica. Segundo Bieger et al. (2017), Kateb et al. (2020), Thavhana, Savage e Moeletsi (2018) e Triana et al. (2019), o SWAT necessita de

um número elevado de informações de entrada no modelo, pelo fato de ser um modelo baseado em processos físicos e que requer informações com qualidade e quantidade para descrever o espaço e a variabilidade temporal dos sistemas ambientais a serem estudados.

O segundo desafio encontrado na literatura avaliada, diz respeito à parametrização dos dados no modelo. Parametrização dos dados refere-se à etapa da modelagem em que o pesquisador define quais são os novos valores dos atributos físicos, químicos e hídricos que são necessários ou relevantes para um modelo nos respectivos bancos de dados internos do SWAT. De acordo com Bieger et al. (2017), Melaku et al., (2018), Lemma et al.(2019), Yen et al. (2019) e Bhattacharya, Chatterjee, Das (2020), para obter bons resultados na modelagem hidrossedimentológica, se faz necessário que os bancos de dados internos do SWAT sejam adaptados para as condições ambientais e climáticas e que apresentem unidades métricas correspondentes à área de estudo.

Por fim, todos os artigos pesquisados foram unânimes quanto à importância da calibração e da validação do modelo SWAT, salientando ainda a relevância das atualizações dos algoritmos para que os mesmos possam ser aplicados para a modelagem hidrossedimentológica em bacias hidrográficas de forma mais eficiente em todo o mundo (BIEGER et al., 2017; DURU; ARABI; WOHL, 2018; MELAKU et al., 2018; THAVHANA; SAVAGE; MOELETSI, 2018; IVANOSKI; TRAJKOVIC; GOCIC, 2019; LEMMA et al., 2019; MERINA et al., 2019; TRIANA et al., 2019; YEN et al., 2019; BHATTACHARYA; CHATTERJEE; DAS, 2020; KATEB et al., 2020; MOSBAHI; BENABDALLAH, 2020).

4. CONCLUSÕES

Esse estudo trouxe informações relevantes para os interessados em pesquisa com modelagem hidrossedimentológica em bacias hidrográficas utilizando o SWAT. O objetivo deste estudo foi alcançado, isto é, obteve-se, ao final da aplicação das etapas iniciais do método Proknow-C, um portfólio de 12 artigos de reconhecimento científico e alinhados com o tema de pesquisa. Com relação aos desafios apontados pelos artigos, pode-se salientar a importância de se realizar a elaboração de um bom banco de dados de entrada do modelo, e da posterior parametrização de dados e parâmetros, tentando obter a melhor representação possível da realidade física da área estudada, para que se realize a modelagem inicial. Verificou-se também a importância da calibração e validação do modelo, para que o mesmo possa estar apto a representar os processos hidrossedimentológicos atuais e futuros.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BHATTACHARYA, R.K.; CHATTERJEE, N.; DAS, K.. Sub-basin prioritization for assessment of soil erosion susceptibility in Kangsabati, a plateau basin: A comparison between MCDM and SWAT models. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 734, p. 139474, 2020.
- BIEGER, K. et al. Introduction to SWAT+, A Completely Restructured Version of the Soil and Water Assessment Tool. **Journal of the American Water Resources Association**, [S. l.], v. 53, n. 1, p. 115–130, 2017.
- BRESSIANI, D. A. et al. A review of Soil and Water Assessment Tool (SWAT) applications in Brazil: challenges and prospects. **Int. J. Agric. & Biol. Eng. (IJABE)**, v. 8, n. 3, p. 1-27, 2015.
- CHALISE, D.; KUMAR, L.; KRISTIANSEN, P. Land Degradation by Soil Erosion in Nepal: A Review. **Soil Systems**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 12, 2019.

- DJOUKBALA, O. et al. Comparison of the erosion prediction models from USLE, MUSLE and RUSLE in a Mediterranean watershed, case of Wadi Gazouana (N-W of Algeria). **Modeling Earth Systems and Environment**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 725–743, 2019.
- DURU, U.; ARABI, M.; WOHL, E.E. Modeling stream flow and sediment yield using the SWAT model: a case study of Ankara River basin, Turkey. **Physical Geography**, [S. l.], v. 39, n. 3, p. 264–289, 2018.
- ENSSLIN, L. et al. ProKnow-C, knowledge development process - constructivist. Processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. 2010
- GANASRI, B. P.; RAMESH, H. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin. **Geoscience Frontiers**, [S. l.], v. 7, n. 6, p. 953–961, 2016.
- HAJIGHOLIZADEH, M.; MELESSE, A.M.; FUENTES, H. R. Erosion and sediment transport modelling in shallowwaters: A review on approaches, models and applications. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S. l.], v. 15, n. 3, 2018.
- HIMANSHU, S. et al. Evaluation of best management practices for sediment and nutrient loss control using SWAT model. *Soil and Tillage Research*, [S. l.], v. 192, n. April, p. 42–58, 2019.
- IVANOSKI, D.; TRAJKOVIC, S.; GOCIC, M.. Estimation of sedimentation rate of Tikvesh Reservoir in Republic of Macedonia using SWAT. **Arabian Journal of Geosciences**, [S. l.], v. 12, n. 14, 2019.
- KATEB, Z. et al.. Sediment transport modeling by the SWAT model using two scenarios in the watershed of Beni Haroun dam in Algeria. **Arabian Journal of Geosciences**, [S. l.], v. 13, n. 14, 2020.
- KETEMA, A; DWARAKISH, G. S. Water erosion assessment methods: a review. **ISH Journal of Hydraulic Engineering**, [S. l.], v. 00, n. 00, p. 1–8, 2019.
- LEMMA, H. et al. Identifying erosion hotspots in Lake Tana Basin from a multisite Soil and Water Assessment Tool validation: Opportunity for land managers. **Land Degradation and Development**, [S. l.], v. 30, n. 12, p. 1449–1467, 2019.
- MELAKU, N. D et al. Prediction of soil and water conservation structure impacts on runoff and erosion processes using SWAT model in the northern Ethiopian highlands. **Journal of Soils and Sediments**, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 1743–1755, 2018.
- MELIHO, M.; KHATTABI, A.; MHAMMDI, N. Spatial assessment of soil erosion risk by integrating remote sensing and GIS techniques: a case of Tensift watershed in Morocco. **Environmental Earth Sciences**, [S. l.], v. 79, n. 10, 2020.
- MERINA, R. et al. Modelling Technique for Sediment Evaluation at Reservoir (South India). **Water Resources**, [S. l.], v. 46, n. 4, p. 553–562, 2019.
- MOSBAHI, M.; BENABDALLAH, S.. Assessment of land management practices on soil erosion using SWAT model in a Tunisian semi-arid catchment. **Journal of Soils and Sediments**, [S. l.], v. 20, n. 2, p. 1129–1139, 2020.
- TASCA, J. E. et al. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal Of European Industrial Training**, [S.L.], v. 34, n. 7, p. 631-655, 31 ago. 2010
- THAVHANA, M. P.; SAVAGE, M. J.; MOELETSI, M. E. SWAT model uncertainty analysis, calibration and validation for runoff simulation in the Luvuvhu River catchment, South Africa. **Physics and Chemistry of the Earth**, [S. l.], v. 105, p. 115–124, 2018.
- TRIANA, J.S. et al. Beyond model metrics: The perils of calibrating hydrologic models. **Journal of Hydrology**, [S. l.], v. 578, n. June, p. 124032, 2019.
- YEN, H. et al. IPEAT+: A built-in optimization and automatic calibration tool of SWAT+. **Water (Switzerland)**, [S. l.], v. 11, n. 8, p. 1–17, 2019.