

MODELAGEM QUALITATIVA DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL – UMA REVISÃO INTRODUTÓRIA

FRANCINE VICENTINI VIANA¹; VALDENIR PEREIRA MORAIS²; ERIKA MATTE PERALTA³; FELIPE DE LUCIA LOBO⁴ DANIELLE BRESSIANI⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – fravivi@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – valdenir.valmo@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – erikamatte@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – felipellobo@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – daniebressiani@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Os modelos ecohidrológicos são ferramentas indispensáveis na gestão dos recursos hídricos. Eles proporcionam uma série de informações e embasamento para a implementação de políticas públicas, como a definição de planos e estratégias para redução dos impactos causados pelas diversas atividades antrópicas (EJIGU, 2021; COSTA, 2021; ANA, 2023). Para assegurar a qualidade da água se faz necessário compreender os processos envolvidos, a fim de tentar reduzir a carga de poluentes nos corpos hídricos. A partir da determinação das principais fontes pontuais e difusas dos contaminantes e das condições hidrológicas do sistema, é possível entender a dinâmica dos poluentes desde a sua origem, e através de um conjunto de formulações pode-se estimar as possíveis mudanças na qualidade da água em cenários hipotéticos e definir medidas efetivas de gestão (SILVA, et al, 2017). A utilização da modelagem, também proporciona redução de custos e economia de tempo para analisar mudanças físicas e antrópicas em uma bacia hidrográfica, e assim, prever a qualidade da água a longo prazo (EJIGU, 2021; COSTA, 2021).

Dentre as diversas aplicações da modelagem estão incluídos estudos que compreendem previsão de secas e inundações, planejamento e monitoramento de barragens e reservatórios, avaliação de impactos ambientais, avaliação de mudanças climáticas, estimativa de carga e aporte de sedimentos, erosão, dispersão de poluentes, transporte de água e salinidade na irrigação, definição de melhores práticas de manejo do solo e da água, entre outras (MERCHÁN et al, 2018; KLEIN, 2018; VEIGA, 2021; JIANG, 2022., CALEGARO et al, 2022; SINGH et al., 2023; WIELGAT et al, 2020). A modelagem hidrológica é frequentemente utilizada para avaliar e simular os impactos de diferentes uso e manejo do solo e da água (OLIVEIRA et al., 2020). A modelagem também pode ser utilizada em bacias urbanas para avaliação da qualidade da água (KINAPK, 2016; CAMELO et al, 2020) e na simulação de inundações sendo possível representar mecanismos complexos de chuva-escoamento em áreas urbanas com terrenos variados (GLENIS et al., 2018).

Atualmente, diversos modelos de qualidade de água foram desenvolvidos e melhorados e uma série de variáveis podem ser investigadas, assim como os modelos podem ser usados em conjunto. Para a seleção do modelo adequado, diferentes critérios podem ser adotados, como a complexidade do modelo, disponibilidade de dados, tipo de corpo hídrico capacidade de simulação do modelo, disponibilidade de tempo e de recursos, objetivo do estudo, entre outros aspectos (EJIGU, 2021; COSTA et al, 2021). É necessário que o modelo realize os processos corretos para o objeto de estudo, para que não sejam realizadas escolhas de decisão equivocadas.

Desta forma este artigo tem como objetivo fazer uma revisão introdutória sobre os principais modelos de qualidade das águas, seus usos no Brasil, parâmetros mais simulados e perspectivas e necessidades futuras.

2. MÉTODOS

Para atingir os objetivos desse trabalho foi realizada uma revisão da literatura detalhada de 21 estudos relacionados à modelagem de qualidade da água a nível da água e no Brasil.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

COSTA et al. (2021), realizaram uma comparação entre modelos de livre acesso mais utilizados em estudos científicos para qualidade de água. Para selecionar os modelos, foram utilizados os seguintes critérios: disponibilidade gratuita, se foram amplamente implementados e registrados em revistas científicas de alto fator de impacto nos últimos 5 anos e se oferecem uma ampla variedade de recursos disponíveis, como documentos técnicos e manuais. A partir desses três critérios; foram selecionados cinco modelos: AQUATOX, CE-QUAL-W2, SPARROW, SWAT e WASP7. Segundo os autores, cada modelo tem sua particularidade, e recomendam que os modelos sejam aplicados após um estudo prévio de suas capacidades e limitações para o fenômeno em questão.

Os parâmetros de qualidade de água mais comumente utilizados no Brasil, em estudos de modelagem qualitativa dos recursos hídricos são a demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio e coliformes termotolerantes (FIM, 2018; GOMES et al., 2018; KNAESEL et al., 2020; CAMELO et al., 2020; RODRIGUES et al., 2022; SILVA et al., 2017; NOUALS, 2023). Esses são os parâmetros mais frequentemente utilizados devido a sua importância na avaliação da qualidade da água. Entretanto, uma ampla gama de outras variáveis podem ser inseridas para a modelagem, como alguns compostos agroquímicos, fitoplâncton, zooplâncton, carbono orgânico total entre outros (Veiga, 2021).

Diversos estudos vêm utilizando a modelagem para a qualidade de água em escala de bacia hidrográfica no Brasil como: FIM, 2018; GOMES et al., 2018; KNAESEL et al., 2020; CAMELO et al., 2020; RODRIGUES et al., 2022; SILVA et al., 2017; NOUALS, 2023). SILVA et al. (2017), utilizaram o modelo Sistema de Apoio a Decisão/Instituto de Pesquisas Hidráulicas (SAD-IPH), na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba, avaliando os parâmetros de qualidade demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio e coliformes termotolerantes. RODRIGUES et al (2022), com o auxílio do modelo QUAL-UFMG, avaliaram as perspectivas de enquadramento de cursos d'água superficiais associadas a diferentes cenários de simulação de autodepuração, através da construção de curvas de permanência de qualidade para a DBO. Com o objetivo de modelar espacialmente o fósforo, através do modelo SWAT, PISSARRA et al. (2021) analisaram a distribuição espacial e temporal do fósforo na rede de drenagem da bacia no do rio Paraopeba, a fim de compreender o papel das fontes urbanas, industriais e agrícolas, incluindo o impacto causado pelo rompimento da barragem Brumadinho 1. Os autores concluíram que o impacto na dinâmica do fósforo relacionado ao rompimento da barragem é inquestionável.

Dentre as limitações da modelagem qualitativa de água, BRESSIANI et al. (2015) em um estudo de revisão sobre a utilização do modelo SWAT no Brasil, observaram que, na maioria dos estudos, a falta de dados consistentes e padronizados, além de séries contínuas de monitoramento implicam na dificuldade da validação e calibração dos modelos. SILVA et al. (2017), relaciona essa

limitação no seu estudo ao desconhecimento de todas as fontes de poluição e a respectiva carga poluidora informada por registros confiáveis. Sendo assim, torna-se necessário o monitoramento contínuo para o ajuste dos modelos conforme a necessidade. Além disso, os dados de entrada que incluem informações sobre vazão, concentrações de poluentes, características físicas e químicas da água e dados meteorológicos devem ser precisos e confiáveis. Os modelos de qualidade da água devem ser calibrados e validados usando dados observacionais, levando em consideração as mudanças climáticas, a compreensão dos processos físicos, químicos e biológicos que afetam a qualidade da água no sistema em estudo e as incertezas associadas às previsões do modelo. Uma abordagem cuidadosa e integrada, com dados precisos e consideração da incerteza, é essencial para obter resultados úteis e confiáveis na gestão da qualidade da água.

4. CONCLUSÕES

A partir desse trabalho foi realizada uma introdução sobre o que é a modelagem qualitativa de recursos hídricos, os cinco principais modelos utilizados, abertos e com materiais de apoio, foram identificados: AQUATOX, CE-QUAL-W2, SPARROW, SWAT e WASP7. Reviu-se alguns trabalhos que utilizaram modelagem qualitativa de água no Brasil, com os principais parâmetros avaliados, sendo: demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, fósforo total, nitrogênio e coliformes termotolerantes. Neste trabalho foi possível discutir a relevância e potencial da modelagem ecohidrológica para o Brasil e seu potencial de crescimento e de apoiar na gestão de recursos hídricos. A modelagem qualitativa dos recursos hídricos, aliada ao bom monitoramento quanti e qualitativo da água são essenciais para uma boa gestão e para a tomada de decisão embasada em ciência, nesse sentido ainda existem muitas dificuldades e potencialidades no Brasil.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). Modelagem de qualidade da água: aplicação do SPARROW: Spatially Referenced Regressions On Watershed attributes. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. Brasília: ANA, 2022. 44 p.: il.
- 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.
- CAMELO, S.M., et al.. Modelagem da qualidade da água em sistemas de macrodrenagem de bacias urbanas. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.25 n.6, p. 873-885. 2020.
- CALEGARO, D. V. **Utilização do modelo hidrológico SWAT (Soil and Water Assessment Tool) para estudos hidrológicos na microbacia hidrográfica do arroio Olaria - rio Uruguai**. 2022. 25 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências Exatas e Tecnologia) - Universidade Federal do Pampa, Itaqui.
- COSTA C. M. d. B., LEITE: I. R., ALMEIDA A. K., de ALMEIDA I. K. Choosing an appropriate water quality model—a review. **Environmental Monitoring and Assessment** .2021. 193: 38. DOI:10.1007/s10661-020-08786-1.
- VEIGA, D.P.B da. **Agrotóxicos e a Vigilância da Água de Abastecimento**. 2021. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública para a

obtenção do título de doutor em Ciências. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública. 120p.

EJIGU M. T. Overview of water quality modeling, **Cogent Engineering**, 8:1, 1891711. 2021.

FIM, B. M. **Análises quantitativa e qualitativa das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Rodeador/DF para avaliação das cargas de poluição**. 2018. 107 p. Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

GLENIS, V., KUTIJA, V., & KILSBY, C. G. A fully hydrodynamic urban flood modelling system representing buildings, green space and interventions. **Environmental Modelling & Software**. 109. 2018. p 272-292.

GOMES, S. H.H.; et al. Modelagem sazonal da qualidade da água do Rio dos Sinos/RS utilizando o modelo QUAL-UFMG **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.23 n.2. mar/abr 2018. p 275-285.

JIANG D.; AO C.; BAILEY R.T.; ZENG W. HUANG J. Simulation of water and salt transport in the Kaidu River Irrigation District using the modified SWAT-Sa. **Agricultural Water Management** 272 (2022).

KNAESEL K. M.; PINHEIRO A.; VENZON, P. T., KAUFMANN V.; **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Scenarios of water quality management in watershed with distributed spatio-temporal simulation Porto Alegre, 2020. v. 25, e20.

KNAPIK, H. G.; FERNANDES, C.V.S.; de AZEVEDO, J.C.R. Modelagem de carbono orgânico em rios urbanos: aplicabilidade para o planejamento e gestão de qualidade de água. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 21, n. 4, p. 841-854, out./dez. 2016.

MORAES, R. K. **Comparação entre duas Soluções Analíticas para a Modelagem da Dispersão de Poluentes Aplicada a Canais Artificiais**. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018. 58f.

OLIVEIRA, L. T. CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S.S.; LOOS, R. A., BRESSIANI, SRINIVASAN, R. Hydrological simulation of a small forested catchment under different land use and forest management. **iForest** 2020. V. 13: p 301-308.

PISSARRA, T.C.T.; COSTA, R. C. A.; do VALLE JUNIOR R. F. et al. Role of Mine Tailings in the Spatio-Temporal Distribution of Phosphorus in River Water: The Case of B1 Dam Break in Brumadinho. **Water**. 2022, 14, 1572.

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. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081484>.

SILVA, M.M.A.P.M.; FARIA, S.D.; MOURA, P.M. Modelagem da qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio Piracicaba (MG) - **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22 n.1. jan/fev 2017. p133-143.

TAN X., SHAO D.; GU, W.; LIU, H.; Field analysis of water and nitrogen fate in lowland paddy fields under different water managements using HYDRUS-1D. **Agricultural Water Management**, 150 (2015) 67–80.

WIELGAT P., et al. Towards a multi-basin SWAT model for the migration of nutrients and pesticides to Puck Bay (Southern Baltic Sea). 2021. **PeerJ** 9: e10938.