

# INFRAESTRUTURAS DE BAIXO IMPACTO E PRÁTICAS DE MANEJO SUSTENTÁVEIS: SOLUÇÕES RESILIENTES PARA A GESTÃO HÍDRICA EM EVENTOS EXTREMOS

LAURA SCHWARTZ LEITE<sup>1</sup>; DANIELLE BRESSIANI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas – [lauraschwartzleite@gmail.com](mailto:lauraschwartzleite@gmail.com)

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

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como inundações e secas, tem impactado significativamente a gestão de recursos hídricos em áreas urbanas e agrícolas (CHAGAS; CHAFFE; BLÖSCHL, 2022). Sendo assim, Melhores Práticas de Manejo (Best Management Practices - BMPs) e de Desenvolvimento de Baixo Impacto (Low Impact Development - LIDs) surgem como estratégias fundamentais para mitigar os efeitos da variabilidade e mudanças climáticas, minimizando o escoamento superficial, a degradação da qualidade da água e promovendo a resiliência das comunidades rurais e urbanas. As BMPs são práticas, técnicas ou métodos considerados mais eficazes e apropriados para alcançar objetivos, como; a preservação do meio ambiente, a melhoria da qualidade da água e a gestão sustentável dos recursos hídricos. Baseadas em pesquisas científicas e experiências práticas, visando minimizar os impactos negativos das atividades humanas, essas práticas incluem técnicas como biorretenção, cobertura do solo, plantio direto, pavimentos permeáveis e faixas filtrantes vegetadas. Já as LIDs envolvem abordagens de planejamento para manter ou restaurar a hidrologia natural das áreas urbanas e rurais com princípios como gestão descentralizada, soluções locais e distribuídas, integração com o ambiente natural e sustentabilidade a longo prazo. Ambas tendo objetivo de promover a redução do escoamento superficial, aumentando a infiltração e o armazenamento de água no solo (ARVAND et al., 2023; GONCALVES et al., 2018; SILVA et al., 2024).

As mudanças climáticas e os eventos hidrológicos extremos de máximo amplificam o volume e a intensidade do escoamento superficial, exacerbando problemas de erosão e de inundações. Este trabalho revisa a importância de BMPs e LIDs como soluções viáveis para a gestão hídrica, com foco em cenários de eventos extremos. Modelagens hidrológicas, como com o uso do modelo SWAT (Soil & Water Assessment Tool), demonstram a eficiência dessas práticas no controle da erosão do solo, melhorando a qualidade da água e mitigando enchentes ( et al., 2023, 2024; VENISHETTY; PARAJULI, 2022).

## 2. METODOLOGIA

Este estudo baseia-se na análise de sete artigos publicados em revistas internacionais, selecionados por meio da ferramenta de inteligência artificial Research Rabbit, que identifica conexões entre publicações correlatas (“Research Rabbit,” [s.d.]). Esses artigos avaliaram o uso de BMPs e LIDs em diferentes cenários ambientais, com ênfase em eventos climáticos extremos. As pesquisas revisadas utilizaram ferramentas de modelagem hidrológica, como o modelo SWAT, para simular e prever os efeitos dessas práticas sobre o escoamento superficial e a qualidade da água em bacias hidrográficas.

A revisão incluiu pesquisas que aplicaram BMPs, como: faixas filtrantes vegetadas, *buffers* ripários e culturas de cobertura, com foco em suas capacidades

de reduzir o escoamento superficial, melhorar a qualidade da água e diminuir a erosão do solo. Esses estudos utilizaram dados empíricos e modelagens para validar os resultados. As pesquisas analisadas também incluíram metodologias de análise multicritério, que avaliaram o desempenho das práticas sob diferentes perspectivas, como custo-benefício e manutenção (HEIDARI, 2022; VENISHETTY; PARAJULI, 2022).

Após a leitura e análise dos estudos revisados, foram sintetizados os resultados para entender como as práticas de LIDs e BMPs podem ser implementadas de forma eficaz em diferentes regiões e como essas práticas podem ser utilizadas como ferramentas de adaptação e aumento de resiliência para cenários de eventos extremos. A comparação entre as diferentes técnicas permitiu identificar quais práticas apresentaram os melhores resultados em termos de custo-benefício, manutenção e eficácia na mitigação de impactos hidrológicos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da revisão de diversos estudos que avaliaram a eficácia das BMPs e LIDs, foi possível identificar padrões claros de desempenho dessas práticas em cenários de eventos extremos, como chuvas intensas e enchentes. Em geral, as BMPs e LIDs mostraram-se eficientes na redução do escoamento superficial, na melhoria da qualidade da água e na diminuição da erosão do solo, especialmente quando implementadas de forma adequada ao contexto local (CAMUZI et al., 2019; DE MACEDO; DO LAGO; MENDIONDO, 2019; FILENI; COSTA; ALVES, 2019; GONCALVES et al., 2018; HEIDARI, 2022; SILVA et al., 2023, 2024; VENISHETTY; PARAJULI, 2022).

Em geral, as faixas filtrantes vegetadas e *buffers* ripários demonstraram ser altamente eficazes na retenção de sedimentos e nutrientes, contribuindo para a melhoria da qualidade da água, especialmente em áreas agrícolas. As faixas filtrantes, por exemplo, conseguiram reduzir significativamente a carga de sedimentos transportada para os corpos d'água, dependendo da sua largura e localização dentro da bacia hidrográfica (VENISHETTY; PARAJULI, 2022).

Estudos mostraram que culturas de cobertura, como centeio e trigo de inverno, podem reduzir o escoamento em até 5,3% e as concentrações de nitrogênio em até 25,4%, prevenindo a contaminação de cursos d'água na agricultura intensiva (VENISHETTY; PARAJULI, 2022). Essas culturas, usadas no período pós-colheita, são recomendadas para regiões com chuvas intensas, pois evitam que grandes quantidades de sedimentos e nutrientes sejam carregados para os corpos d'água, sendo eficazes na retenção de nutrientes e controle de picos de escoamento (CAMUZI et al., 2019; DE MACEDO; DO LAGO; MENDIONDO, 2019; FILENI; COSTA; ALVES, 2019; HEIDARI, 2022; SILVA et al., 2024).

O artigo de SILVA et al. (2024), que focou na implementação de BMPs em microbacias agrícolas, mostrou que as práticas combinadas, como rotação de culturas e utilização de plantas de cobertura, reduziram a erosão do solo em até 46%. Além disso, a modelagem com SWAT indicou que essas práticas aumentam a infiltração de água e diminuem o escoamento superficial, podendo proporcionar uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos em cenários de mudanças climáticas (SILVA et al., 2024). Esse estudo reforça a ideia de que a combinação de diferentes BMPs pode ser mais eficaz na mitigação dos impactos hidrológicos do que o uso de práticas isoladas.

O estudo de DE MACEDO; DO LAGO; MENDIONDO (2019), por exemplo, analisou o desempenho de sistemas de biorretenção em uma bacia subtropical no Brasil, encontrando uma eficiência média de 70% na retenção de escoamento

superficial. Além de reduzir os picos de escoamento, o sistema contribui para a recarga de aquíferos, diminuindo seu potencial para aumentar a resiliência hídrica em cenários de seca. No entanto, o estudo constatou que o aproveitamento da água da chuva armazenada pode ser limitado pela necessidade de tratamento para algumas substâncias poluentes, como ferro e chumbo, antes de seu uso.

Outro estudo relevante é o de GONCALVES et al. (2018) que explorou o impacto de diferentes técnicas de LID em Joinville, e revelou que técnicas descentralizadas, como jardins de chuva e trincheiras de infiltração, reduziram o volume de enchentes entre 30% e 75%, dependendo do cenário de implementação. A combinação de técnicas descentralizadas com infraestrutura centralizada, como bacias de retenção, mostrou-se mais eficaz na mitigação de enchentes. No entanto, os autores salientam a importância de um design cuidadoso, especialmente em áreas urbanas com alta impermeabilização e baixa infiltração, para garantir o sucesso dessas estratégias (GONCALVES et al., 2018)

A análise multicritério indicou que práticas de infiltração e vegetação são preferidas por governos e comunidades, devido à sua eficácia e baixos custos de manutenção. Por outro lado, práticas como telhados verdes, embora ecologicamente vantajosas, apresentaram limitações em termos de custo e complexidade de manutenção (HEIDARI, 2022; VENISHETTY; PARAJULI, 2022).

#### 4. CONCLUSÕES

As BMPs e LIDs se mostraram, nesses estudos, ferramentas eficazes para a mitigação dos impactos de eventos climáticos extremos, especialmente quando adaptadas às condições locais. A revisão dos estudos confirma que essas práticas podem reduzir significativamente o escoamento superficial, melhorar a qualidade da água e controlar a erosão. O uso do SWAT foi fundamental para simular cenários e prever os resultados dessas práticas, fornecendo suporte crucial para a tomada de decisão em projetos de gestão hídrica.

O artigo de SILVA et al. (2023) demonstrou que o uso do SWAT é eficaz para simular os impactos hidrológicos em bacias hidrográficas com diferentes usos da terra, permitindo identificar as áreas mais vulneráveis à erosão. Já o estudo de SILVA et al. (2024) mostrou que a combinação de BMPs pode maximizar a retenção de água no solo e reduzir o escoamento superficial, sendo uma estratégia fundamental para a gestão hídrica em áreas agrícolas.

Além disso, a análise multicritério demonstrou que a escolha das práticas deve considerar não apenas o desempenho técnico, mas também os custos e a manutenção, de modo a garantir sua eficácia a longo prazo. Práticas como faixas filtrantes vegetadas e biorretenção destacam-se por sua alta eficiência e aceitação, enquanto técnicas mais complexas, como telhados verdes, requerem maior suporte financeiro e técnico para serem implementadas de forma eficaz. A implementação dessas práticas, apoiada por ferramentas de modelagem como o SWAT, pode promover maior resiliência e uma gestão sustentável dos recursos hídricos em cenários de mudanças climáticas.

**Agradecimentos** - ao Projeto INCT ONSEAdapta e à CAPES pelo apoio e pela concessão da bolsa, que foram fundamentais para a realização deste estudo.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARVAND, S. et al. Evaluating the impact of LID-BMPs on urban runoff reduction in an urban sub-catchment. **Urban Water Journal**, v. 20, n. 5, p. 604–615, 28 maio 2023.

CAMUZI, V. T. M. et al. Modelling Study on the Impacts of BMPs at Riacho Fundo (Brasília, Brazil). In: [s.l: s.n.]. p. 120–125.

CHAGAS, V. B. P.; CHAFFE, P. L. B.; BLÖSCHL, G. Climate and land management accelerate the Brazilian water cycle. **Nature Communications**, v. 13, n. 1, p. 5136, 1 set. 2022.

DE MACEDO, M. B.; DO LAGO, C. A. F.; MENDIONDO, E. M. Stormwater volume reduction and water quality improvement by bioretention: Potentials and challenges for water security in a subtropical catchment. **Science of The Total Environment**, v. 647, p. 923–931, jan. 2019.

FILENI, F. DE M.; COSTA, M. E. L.; ALVES, C. DE M. A. The application of lids in savanna region for mitigation of flooded areas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 24, 2019a.

GONCALVES, M. L. R. et al. Modeling the effects of introducing low impact development in a tropical city: A case study from Joinville, Brazil. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 3, 7 mar. 2018.

HEIDARI, H. A Multi-criteria Decision-making Framework for Selecting the Best Low Impact Development Techniques (LIDs). **Environmental Protection Research**, 2022.

**Research Rabbit**. Disponível em: <<https://researchrabbitapp.com/home>>. Acesso em: 9 out. 2024.

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**, v. 68, n. 10, p. 1391–1408, 2023a.

SILVA, T. P. et al. Best management practices to reduce soil erosion and change water balance components in watersheds under grain and dairy production. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 12, n. 1, p. 121–136, 1 mar. 2024a.

VENISHETTY, V.; PARAJULI, P. B. Assessment of BMPs by Estimating Hydrologic and Water Quality Outputs Using SWAT in Yazoo River Watershed. **Agriculture**, v. 12, n. 4, p. 477, 29 mar. 2022.