

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM URBANA: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Marina Carla de Lima Santos¹; Anai Floriano Vasconcelos²; Greicelene Jesus da Silva³; Maria Clara Fava⁴.

RESUMO – O processo de urbanização intensifica os problemas hidrológicos, exigindo o uso de técnicas compensatórias de drenagem urbana. No entanto, a eficiência dessas medidas a longo prazo depende da operação e manutenção (O&M), aspecto frequentemente negligenciado na literatura científica. Este trabalho apresenta uma revisão bibliográfica da produção nacional e internacional sobre o tema. Foram analisados 20 artigos (10 em português e 10 em inglês), selecionados com base no impacto acadêmico e relevância temática. Os resultados indicam que a literatura em português se concentra predominantemente no desempenho hidrológico e hidráulico inicial, enquanto os estudos internacionais apresentam maior diversidade, abordando serviços ecossistêmicos, custos de ciclo de vida e processos de colmatção (*clogging*). Constatou-se uma lacuna crítica em ambas as literaturas quanto à sistematização de protocolos práticos de manutenção para estruturas envelhecidas em escala real. Essa carência justifica a necessidade de investigações em dispositivos operacionais, visando garantir a funcionalidade sustentável desses sistemas.

Palavras-Chave – Técnicas compensatórias, operação e manutenção, drenagem urbana

ABSTRACT– Urbanization processes intensify hydrological issues, requiring the implementation of compensatory urban drainage techniques. However, the long-term efficiency of these measures depends on operation and maintenance (O&M), an aspect often neglected in the scientific literature. This study presents a bibliographic review of national and international scientific production on this subject. Twenty articles were analyzed (10 in Portuguese and 10 in English), selected based on academic impact and thematic relevance. The results indicate that Portuguese literature focuses predominantly on initial hydrological and hydraulic performance, while international studies show greater diversity, addressing ecosystem services, life cycle costs, and clogging processes. A critical gap was found in both literatures regarding the systematization of practical maintenance protocols for full-scale aged structures. This deficiency justifies the need for investigations on devices operational, aiming to ensure the sustainable functionality of these systems..

Key-words – Compensatory techniques, operation and maintenance, urban drainage.

1. INTRODUÇÃO

O acelerado processo de urbanização, aliado ao uso predominante de sistemas tradicionais de drenagem, tem intensificado problemas hidrológicos em áreas urbanas, como aumento do escoamento superficial, inundações e deslizamentos de terra (Deria et al., 2020). Esse cenário evidencia a necessidade de reformulação das técnicas de manejo de águas pluviais, visando à mitigação e prevenção desses impactos (Fowler et al., 2021; Pariartha et al., 2023). As mudanças

1) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905,

marinalima@estudante.ufscar.br

2) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, mcfava@ufscar.br

3) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905. gjsilva@ufscar.br

4) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905,

anai.vasconcelos@ufscar.br

climáticas agravam essa condição ao elevar a frequência e a intensidade de eventos extremos de precipitação (IPCC, 2007; Marengo et al., 2010; Simonovic; Peck, 2022). No Brasil, especialmente na região Sudeste, estudos apontam redução no volume total de chuvas associada ao aumento de eventos extremos, tendência reafirmada no Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (Chou et al., 2014; Lyra et al., 2018; IPCC, 2021).

Nesse contexto, destacam-se as Soluções Baseadas na Natureza (SbN), também associadas à infraestrutura verde e às técnicas compensatórias de drenagem urbana. Essas medidas buscam reintegrar processos naturais ao ambiente construído por meio de dispositivos como jardins de chuva, pavimentos permeáveis e sistemas de infiltração, contribuindo para o controle do escoamento, melhoria da qualidade da água e aumento da resiliência urbana (Laforteza et al., 2018; Macedo et al., 2021; Qiao; Randrup, 2022).

Apesar do crescimento das pesquisas voltadas à implantação e desempenho dessas técnicas, aspectos relacionados à operação e manutenção ainda permanecem pouco explorados. A manutenção periódica é essencial para garantir a eficiência dessas estruturas ao longo do tempo (Macedo, 2020). Diante disso, o presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica da produção científica nacional e internacional sobre técnicas compensatórias aplicadas à drenagem urbana, com ênfase em operação e manutenção, buscando identificar tendências, lacunas e oportunidades para futuras pesquisas.

2. METODOLOGIA

2.1 Dados bibliográficos

A metodologia adotada neste trabalho consistiu em uma revisão bibliográfica, utilizando técnicas quantitativas para analisar a produção científica relacionada às técnicas compensatórias aplicadas aos sistemas de drenagem urbana. Esse tipo de abordagem permite avaliar a frequência de publicações, identificar padrões e tendências de pesquisa, além de mapear a evolução temporal do tema, contribuindo para a compreensão da evolução de estudos na área.

O levantamento bibliográfico foi realizado na base de dados *Web of Science*, selecionada por sua abrangência e relevância internacional. Com o objetivo de maximizar a recuperação de estudos pertinentes, foram elaboradas estratégias de busca (*strings*) em inglês e em português, estruturadas a partir da combinação de termos relacionados às SbNs, infraestrutura verde e técnicas compensatórias, associados a termos específicos de operação e manutenção.

1) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, marinalima@estudante.ufscar.br

2) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, mcfava@ufscar.br

3) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905. gjsilva@ufscar.br

4) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, anai.vasconcelos@ufscar.br

A *string* de busca em inglês foi construída com o uso de operadores booleanos e termos equivalentes amplamente utilizados na literatura internacional, conforme apresentado a seguir:

“(“nature-based solution*” OR “nature based solution*” OR “green infrastructure*” OR “ecosystem-based solution*” OR “ecosystem based solution” OR “low impact development” OR “sustainable urban drainage system*” OR “sustainable urban drainage” OR “SUDS” OR “stormwater control measure*” OR “storm water control measure*” OR “stormwater management” OR “best management practice*” OR “best-management practice*” OR “BMP” OR “NBS” OR “LID”) AND (“maintenance” OR “operation and maintenance” OR “O&M” OR “inspection”)”

A aplicação dessa *string* resultou em 758 publicações, sendo posteriormente aplicados os filtros de “document type: article”, aplicação de limitação por área de pesquisa, sendo selecionada todos as áreas relacionadas a Engenharia Civil, Infraestrutura e Drenagem Urbana e recorte temporal dos últimos cinco anos, de modo a garantir a análise de estudos mais recentes e relevantes, para a seleção dos artigos, foi utilizado o critério de selecionar os 9 artigos mais citados.

De forma complementar, foi realizada a busca em língua portuguesa, utilizando uma estratégia equivalente, adaptada aos termos mais recorrentes no contexto nacional:

“(“solução baseada na natureza” OR “infraestrutura verde” OR “solução baseada em ecossistemas” OR “desenvolvimento de baixo impacto” OR “sistema de drenagem urbana sustentável” OR “drenagem urbana sustentável” OR “SUDS” OR “medida de controle de águas pluviais” OR “gestão de águas pluviais” OR “melhores práticas de gestão” OR “melhores práticas de manejo” OR “BMP” OR “NBS” OR “SBN” OR “LID”) AND (“manutenção” OR “operação e manutenção” OR “O&M” OR “inspeção”)”

Para essa busca, foram aplicados os filtros de “document type: article” e “language: Portuguese”, resultando em 11 publicações.

A comparação entre os resultados obtidos nas buscas em inglês e em português visou evidenciar a discrepância na produção científica sobre o tema, especialmente no que se refere aos aspectos de operação e manutenção, fornecendo subsídios para a análise das lacunas existentes na literatura.

Após a etapa de busca, definiu-se como critério de aprofundamento a análise dos artigos mais relevantes em termos de impacto científico. Para a literatura internacional, foram selecionados os 9 artigos mais citados dentre os resultados obtidos, desde que apresentassem aderência ao tema de

1) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, marinalima@estudante.ufscar.br

2) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, mcfava@ufscar.br

3) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, gjsilva@ufscar.br

4) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, anai.vasconcelos@ufscar.br

técnicas compensatórias associadas à operação e manutenção. Para a literatura em língua portuguesa, devido ao número reduzido de publicações encontradas (11 artigos), optou-se pela análise integral de todos os estudos identificados.

2.2 Sistematização e análise de dados

Após a aplicação dos filtros, deu-se início à seleção dos artigos. Nos trabalhos em língua portuguesa, mesmo após a filtragem, foi necessária uma varredura manual, pois, dos 11 artigos encontrados, 4 pertenciam a outras áreas do conhecimento, como a Medicina. Com isso, a análise foi realizada com um número reduzido de trabalhos, totalizando 7 artigos em língua portuguesa. Ao final, foram analisados 16 artigos, sendo 9 representativos da literatura internacional e 7 da literatura em língua portuguesa.

Iniciou-se a etapa de extração e sistematização qualitativa e quantitativa das informações. Primeiramente, os dados foram organizados em matrizes de síntese comparativa. De cada estudo, foram extraídos os seguintes metadados estruturais: (i) autoria e ano de publicação; (ii) local de estudo ou aplicação da técnica; (iii) tipologia da técnica compensatória analisada (ex: pavimentos permeáveis, bacias de retenção, planos e valas de infiltração); e (iv) os principais parâmetros e variáveis monitorados pelos autores. Em seguida, realizou-se uma análise temporal do acervo, tabulando os anos de publicação de todos os documentos. Essa etapa teve como objetivo mapear a evolução do interesse científico sobre o tema e identificar eventuais vieses metodológicos, como a janela de tempo necessária para o acúmulo de citações, por fim, para viabilizar a discussão cruzada entre os cenários nacional e global e facilitar a identificação de lacunas científicas, os artigos foram categorizados em três eixos temáticos com base no foco principal de suas avaliações. As categorias definidas foram: (1) Desempenho Hidrológico; (2) Qualidade e Serviços; e (3) Operação e Manutenção (O&M), focada na resiliência a longo prazo, aspectos construtivos de longo prazo e fenômenos como a colmatção. Essa estruturação metodológica forneceu a base necessária para a discussão crítica apresentada a seguir.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para compreender o panorama atual das pesquisas sobre técnicas compensatórias e sua manutenção, foi realizada uma análise temporal das publicações selecionadas. A Figura 1 ilustra essa distribuição, tanto de artigos em inglês quanto em português, evidenciando uma concentração significativa de trabalhos no período de 2021 e 2022, que juntos representam a maior parte do

1) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, marinalima@estudante.ufscar.br

2) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, mcfava@ufscar.br

3) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905. gjsilva@ufscar.br

4) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, anai.vasconcelos@ufscar.br

acervo analisado. Essa variação e o pico em 2022 podem ser reflexo do critério de seleção dos artigos mais citados, que naturalmente demandam certo tempo de maturação para acumular citações. Ainda assim, a presença de publicações recentes demonstra que a busca por resiliência urbana contínua sendo um tema de interesse ativo na comunidade científica.

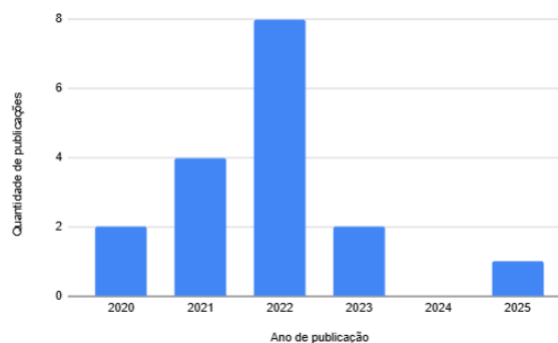


Figura 1 - Distribuição temporal das publicações selecionadas. Fonte: Autor.

Artigos publicados muito recentemente (entre 2024 e 2025) ainda estão em fase de disseminação e, por isso, não acumularam citações suficientes para figurar entre os mais relevantes nos motores de busca estruturados nesta pesquisa.

A análise dos artigos em língua portuguesa evidenciou que a produção científica relacionada às técnicas compensatórias apresenta caráter heterogêneo, tanto em relação aos tipos de técnicas estudadas quanto aos parâmetros adotados (Tabela 1). Foram identificadas diferentes abordagens, incluindo bacias de retenção, pavimentos permeáveis, coberturas e paredes verdes, sistemas de biorretenção e infraestruturas azul-verde, indicando ausência de padronização nos objetos de estudo e nas metodologias aplicadas. Observou-se que os estudos de língua portuguesa analisados se concentram predominantemente na avaliação do desempenho hidráulico e ambiental das técnicas, utilizando parâmetros como vazão de pico, volume escoado, infiltração, porosidade, condutividade hidráulica e indicadores de serviços ecossistêmicos. Em contrapartida, aspectos relacionados à operação e manutenção das estruturas são abordados de forma limitada, muitas vezes de maneira indireta ou secundária, não constituindo o foco principal das investigações. Além disso, verificou-se que os trabalhos apresentam forte dependência de estudos de caso localizados, com análises aplicadas a áreas específicas, como *campi* universitários, trechos urbanos ou regiões delimitadas. Essa característica evidencia a dificuldade de generalização dos resultados e reforça a ausência de diretrizes consolidadas para a manutenção dessas técnicas. Dessa forma, os resultados indicam que,

1) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, marinalima@estudante.ufscar.br

2) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, mcfava@ufscar.br

3) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905. gjsilva@ufscar.br

4) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, anai.vasconcelos@ufscar.br

embora exista produção científica voltada às técnicas compensatórias em língua portuguesa, há uma lacuna significativa no que se refere à sistematização de práticas de operação e manutenção, corroborando a necessidade de aprofundamento nesse campo.

Fonte (Autor e Data)	Local	Tipo de Técnica	Parâmetros
Rodriguez, C. A. M. e Teixeira, B. A. N. (2021)	Município de São Carlos (SP), com a maioria das unidades concentrada na bacia do Córrego do Monjolinho	Bacias de Detenção (BD) e Sistemas de Bacias de Detenção (SBD)	posição, isolamento, conservação, hidrológicas (enchimento e eficiência de esvaziamento em 24h), de gestão, custos e integração urbana
COSTA, Isabel Cristina Pereira da (2025).	Edifícios L (Mecânica), I (Electrotecnia) e C (Biblioteca). Parques P1 e P3. Células: Jardins junto ao Edifício R e a sul do parque P3 (Campus FEUP)	Coberturas Verde, Pavimentos Permeáveis e Células de Biorretenção	Caudais de pico, volumes diários drenados, intervalo de tempo entre picos, redução percentual (RP) e parâmetros físicos de modelação como porosidade, espessura de camadas e condutividade hidráulica
LIMA, Joana Raquel Arieira (2023)	Município de Lisboa, abrangendo uma rede de 9 corredores verdes: Monsanto, Vale de Alcântara, Alta do Lumiar, Central, Ocidental do Rio Seco, Olivais, Periférico, Ribeirinho e Oriental	Corredores verdes, Parques e jardins urbanos, Hortas urbanas, Bacias de retenção, Prados biodiversos de sequeiro, Áreas naturalizadas	concentração de partículas PM10 (ar), % de área permeável, número de bacias de retenção, diversidade de abelhas (polinização), taxas de sequestro de CO ₂ , potencial de arrefecimento e contagem de utilizadores para recreação (ativa, passiva e social)
FAUSTINO, Inês Raquel Queirós, (2022)	Rua das Laranjeiras, em São Mamede de Infesta, concelho de Matosinhos, Portugal	Pavimentos Permeáveis, Betão Betuminoso Drenante (PA) e Betão Poroso (PC)	Hidrológicos: Precipitação real de Matosinhos/Porto, Estruturais: Espessura (porosidade (15-22%) e permeabilidade, Solo: Comparação entre solo arenoso (alta permeabilidade) e argiloso (baixa permeabilidade)• Modelagem: Infiltração Total
AFONSO, Márcia Isabel Lopes. (2020)	Troço Experimental 1 (TE1): Localizado na Pedreira da Capinha (Fundão), Portugal	O estudo foca em pavimentos betuminosos permeáveis, A técnica específica detalhada é a Dupla Camada Betuminosa Drenante (DLPA)	Utilização de 0,5% de fibras celulósicas para retenção do ligante; uso de betume modificado com polímeros (PMB); requisito de porosidade superior a 16%; capacidade de infiltração inicial de 2×10^{-3} m/s; dimensionamento baseado em curvas IDF
Alves, P. A. L. (2021).	Campus Agrário de Vairão, da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), em Vila do Conde, Portugal	Paredes verdes modulares	Desenvolvimento e adaptação das plantas; produtividade (peso fresco e seco); incidência de pragas e doenças; consumo de água e substrato; e análise económica (custos vs. proveitos)
SANTOS, Carla Margarida Martins, (2021)	Jardim das Comunidades, freguesia de Almancil, concelho de Loulé, região do Algarve, Portugal	Blue-Green Infrastructure, Inclui abordagem ecoidrológica com uso de plantas macrófitas para fitorremediação	Séries históricas de precipitação (1994-2020) com pico máximo diário de 132 mm. Coeficiente de escoamento para áreas vegetadas e para o lago. Área de captação total de aproximadamente 11.145 m ² . Dimensionamento via Método de Rippl e estimativas sazonais de consumo de rega

Em contrapartida, a análise da literatura internacional demonstra um estágio mais avançado na diversificação de parâmetros, embora o desafio da manutenção permaneça (Tabela 2). Estudos como os de Wang et al. (2022) e Alim et al. (2022) já incorporam análises de ciclo de vida e, crucialmente, avaliam a resistência ao entupimento (*clogging*) e a eficácia de métodos de limpeza em pavimentos permeáveis. Da mesma forma, pesquisas focadas em valas de infiltração (*swales*),

1) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905,

marinalima@estudante.ufscar.br

2) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, mcfava@ufscar.br

3) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905. gjsilva@ufscar.br

4) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905,

anai.vasconcelos@ufscar.br

como as de Ekka et al. (2021), apresentam dados robustos de monitoramento de longo prazo, indicando que a eficiência na remoção de poluentes e no controle de picos de vazão está diretamente ligada à extensão e ao estado de conservação da vegetação. Observa-se que os estudos em língua inglesa já superaram a fase de validação puramente hidrológica, avançando para a avaliação de serviços ecossistêmicos, conforto térmico e Análise de Custo do Ciclo de Vida (LCCA). No que abrange à operação e manutenção (O&M), o tema surge de forma mais concreta nas pesquisas globais. Autores como Wang et al. investigam especificamente a resistência ao entupimento (*clogging*) e a eficácia de métodos de limpeza, enquanto estudos como o de Alim et al. incorporam os custos de manutenção em suas modelagens financeiras.

1) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, marinalima@estudante.ufscar.br

2) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, mcfava@ufscar.br

3) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905. gjsilva@ufscar.br

4) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, anai.vasconcelos@ufscar.br

Fonte	Local	Tipo de técnica	Parâmetros
Evans et al. (2022)	Análise em escala global (Europa, Ásia, Oceania, Américas e África)	Infraestrutura Verde e Agricultura Urbana: telhados/paredes verdes, pavimentos permeáveis, swales, hidroponia e aquaponia	Parâmetros: serviços ecossistêmicos de provisão (alimentos), regulação (clima/local), culturais (recreação) e suporte (habitats).
Joshi et al. (2022)	Fehraltorf, na Suíça	Células de biorretenção, pavimentos permeáveis, telhados verdes e barris de chuva	Parâmetros: modelagem no EPA SWMM 5.1, séries históricas de chuva (1981–2016), redução da frequência e volume de extravasamentos (CSO) e análise custo-benefício em comparação à infraestrutura cinza.
Wang et al. (2022)	China, EUA, Espanha, Austrália, Coreia do Sul, Reino Unido, Canadá, Dinamarca, França, Japão e Itália	Pavimentos permeáveis: intertravados, concreto permeável, asfalto permeável e tijolos permeáveis	Parâmetros hidráulicos (permeabilidade, retenção de água, absorção capilar e evaporação), térmicos (albedo, emissividade, calor específico e condutividade térmica) e de manutenção (entupimento e eficácia da limpeza).
Huang et al. (2022)	Península de Shandong, China	Otimização de redes ecológicas, restauração ambiental, corredores ecológicos, reflorestamento e zonas de proteção	Parâmetros de resiliência “Estrutura–Qualidade–Função”: conectividade e complexidade da rede, risco do habitat, largura de corredores, resistência acumulada, densidade de barreiras e pontos de estrangulamento.
Lima et al. (2023)	EUA, Espanha, Austrália, Suécia, Reino Unido, Caribe, África e Mediterrâneo	Restauração de pradarias marinhas, conservação e infraestrutura verde-azul	Parâmetros: sensoriamento remoto, mergulho e amostragem terrestre, análise de estoques e sequestro de carbono, além da sensibilidade a distúrbios antrópicos.
Biswal et al. (2022)	Reino Unido, EUA, Austrália, Cingapura e China	Jardins de chuva, telhados verdes, wetlands construídas e barreiras verdes	Parâmetros hidráulicos: redução do escoamento superficial e pico de vazão, tempo de retenção hidráulica (HRT), taxa de carga hidráulica (HLR) e capacidade de evapotranspiração
Ekka et al. (2021)	EUA, Suécia, Reino Unido, China e Coreia do Sul	Grass swales, infiltration swales, bioswales e wet swales	Parâmetros: volume de escoamento superficial, pico de vazão e remoção de sólidos suspensos totais (TSS).
Donati et al. (2022)	Planaltos da Suíça (Argóvia e Zurique)	Jardins de chuva, telhados verdes, wetlands construídas e lagoas de armazenamento	Parâmetros hidrológicos e ecológicos: coeficiente de escoamento, umidade do solo, NDVI, altura da vegetação, densidade urbana/tráfego e distância de corpos d’água e florestas.
Alim et al. (2022)	Austrália e análise global	Telhados verdes, paredes verdes, jardins de chuva, pavimentos permeáveis e telhados roxos	Parâmetros hidrológicos, térmicos e econômicos: retenção de água, runoff, pico de vazão, redução de temperatura, economia de energia, índice de área foliar e análise de custo do ciclo de vida (LCCA).

CONCLUSÃO

Por meio da revisão realizada, foi possível analisar os temas mais citados e constatar uma significativa heterogeneidade de abordagens entre os trabalhos. Observou-se que os artigos em língua portuguesa se concentraram predominantemente no desempenho hidrológico e hidráulico, utilizando parâmetros como medições de vazão, volume escoado e capacidade de infiltração, além de aspectos construtivos. Em contrapartida, o tema da operação e manutenção (O&M) quase não é abordado. Entre os motivos para essa lacuna, destaca-se a escassez de tempo e de recursos para

8

1) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905,

marinalima@estudante.ufscar.br

2) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, mcfava@ufscar.br

3) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905. gjsilva@ufscar.br

4) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905,

anai.vasconcelos@ufscar.br

monitorar as estruturas por longos períodos a fim de obter dados sobre manutenções efetivas. Consequentemente, grande parte da literatura ainda foca os seus esforços apenas em comprovar a eficiência inicial dessas técnicas na redução do escoamento superficial. Por outro lado, a análise da literatura internacional revelou um cenário mais maduro e multidimensional. Contudo, apesar desses avanços, a literatura global também carece de protocolos práticos consolidados para a gestão contínua de estruturas envelhecidas em escala real. Essa constatação em ambas as literaturas evidencia que a criação de diretrizes para a manutenção de longo prazo é o próximo grande desafio científico da drenagem urbana.

REFERÊNCIAS

- AFONSO, M.I.L. (2020). "Pavimentos Betuminosos Permeáveis na Mitigação e Adaptação às Alterações Climáticas". *Tese de Doutorado, Faculdade de Engenharia da Universidade da Beira Interior, Covilhã*.
- ALIM, M.A.; RAHMAN, A.; TAO, Z.; GARNER, B.; GRIFFITH, R.; LIEBMAN, M. (2022). "Green roof as an effective tool for sustainable urban development: An Australian perspective in relation to stormwater and building energy management". *Journal of Cleaner Production* 362, pp. 132561.
- ALMEIDA, J.R. (2022). "Potenciais benefícios sociais e ecológicos da vegetação urbana: o caso de Lisboa, a Capital Verde Europeia em 2020". *Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa e Universidade de Aveiro, Lisboa*.
- ALVES, P.A.L. (2021). "Instalação e manutenção de uma parede verde com produção de bens alimentares". *Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto*.
- BISWAL, B.K.; BOLAN, N.; ZHU, Y.-G.; BALASUBRAMANIAN, R. (2022). "Nature-based Systems (NbS) for mitigation of stormwater and air pollution in urban areas: A review". *Resources, Conservation & Recycling* 186, pp. 106578.
- COSTA, I.C.P. (2025). "Modelação de Soluções Baseadas na Natureza em Meio Urbano". *Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto*.
- DONATI, G.F.A.; BOLLIGER, J.; PSOMAS, A.; MAURER, M.; BACH, P.M. (2022). "Reconciling cities with nature: Identifying local Blue-Green Infrastructure interventions for regional biodiversity enhancement". *Journal of Environmental Management* 316, pp. 115254.

1) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905,

marinalima@estudante.ufscar.br

2) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, mcfava@ufscar.br

3) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905. gjsilva@ufscar.br

4) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905,

anai.vasconcelos@ufscar.br

EKKA, S.A.; RUJNER, H.; LEONHARDT, G.; BLECKEN, G.-T.; VIKLANDER, M.; HUNT, W.F. (2021). "Next generation swale design for stormwater runoff treatment: A comprehensive approach". *Journal of Environmental Management* 279, pp. 111756.

EVANS, D.L.; FALAGÁN, N.; HARDMAN, C.A.; KOURMPETLI, S.; LIU, L.; MEAD, B.R.; DAVIES, J.A.C. (2022). "Ecosystem service delivery by urban agriculture and green infrastructure - a systematic review". *Ecosystem Services* 54, pp. 101405.

FAUSTINO, I.R.Q. (2022). "Pavimentos Permeáveis para Meio Urbano". *Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto*, Porto.

HUANG, L.; WANG, J.; CHENG, H. (2022). "Spatiotemporal changes in ecological network resilience in the Shandong Peninsula urban agglomeration". *Journal of Cleaner Production* 339, pp. 130681.

JOSHI, P.; LEITÃO, J.P.; MAURER, M.; BACH, P.M. (2021). "Not all SuDS are created equal: Impact of different approaches on combined sewer overflows". *Water Research* 191, pp. 116780.

LIMA, J.R.A. (2023). "Os Corredores Verdes de Lisboa: Contribuição para os Serviços de Ecossistema na Cidade". *Relatório de Estágio de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa*, Lisboa..

PARRA, G.G.; TEIXEIRA, B.A.N. (2020). "Análise de cenários resultantes da impermeabilização de espaços destinados à circulação e permanência de pedestres". *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* 12, pp. e20190265.

RODRÍGUEZ, C.A.M.; TEIXEIRA, B.A.N. (2019). "Avaliação de bacias de retenção de águas pluviais implantadas no município de São Carlos (SP), Brasil". *Engenharia Sanitária e Ambiental* 24(3), pp. 1-12.

SANTOS, C.M.M. (2021). "Implementação de uma Blue-Green Infrastruture no Jardim das Comunidades em Almancil - Loulé". *Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia da Universidade do Algarve*, Faro.

WANG, J.; MENG, Q.; ZOU, Y.; QI, Q.; TAN, K.; SANTAMOURIS, M.; HE, B.-J. (2022). "Performance synergism of pervious pavement on stormwater management and urban heat island mitigation: A review of its benefits, key parameters, and co-benefits approach". *Water Research* 221, pp. 118755.

1) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905,

marinalima@estudante.ufscar.br

2) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905, mcfava@ufscar.br

3) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905. gjsilva@ufscar.br

4) Universidade Federal de São Carlos, Rod. Washington Luís, s/n - Monjolinho, São Carlos - SP, 13565-905,

anai.vasconcelos@ufscar.br