Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.09,2024

ISSN 2178-6925

TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS DE DRENAGEM URBANA PARA O CONTROLE DE INUNDAÇÕES: REVISÃO DE LITERATURA COM FOCO NA PREVENÇÃO DE TRAGÉDIAS URBANA

ALTERNATIVE URBAN DRAINAGE TECHNOLOGIES FOR FLOOD CONTROL: A LITERATURE REVIEW FOCUSING ON THE PREVENTION OF URBAN TRAGEDIES

Andressa Alves Ribeiro

Acadêmica do curso de Engenharia Civil da

Universidade de Gurupi-UnirG, Gurupi, TO, Brasil

E-mail: andressa.alvesrib@gmail.com

Rodrigo Coelho e Silva

Prof. Esp. no curso de Engenharia Civil da

Universidade de Gurupi-UnirG, Gurupi, TO, Brasil

E-mail: rodrigo.c.silva@unirg.edu.br

Resumo

O crescimento urbano desordenado e as mudanças climáticas têm intensificado a vulnerabilidade das cidades brasileiras a inundações, principalmente devido à impermeabilização do solo e à insuficiência dos sistemas tradicionais de drenagem. Esses sistemas convencionais, baseados em infraestruturas cinzas, como galerias subterrâneas e canais de escoamento, demonstram ser inadequados para lidar com eventos climáticos extremos, resultando em enchentes e outros problemas ambientais. Em resposta a esses desafios, tecnologias alternativas de drenagem urbana, como os sistemas de drenagem sustentável, oferecem uma abordagem mais eficaz e ambientalmente responsável para o controle das águas pluviais. Soluções como pavimentos permeáveis, telhados verdes, jardins de chuva e bacias de detenção promovem a infiltração e o armazenamento da água, ajudando a mitigar os efeitos das chuvas intensas, melhorar a qualidade da água e contribuir para a sustentabilidade dos ambientes urbanos. No entanto, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios econômicos, técnicos e institucionais, incluindo altos custos iniciais, falta de conhecimento especializado e resistência dos gestores públicos. Para que essas soluções sejam amplamente adotadas, é necessária a capacitação de profissionais da construção civil e o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem seu uso. O artigo conclui que as tecnologias alternativas de drenagem urbana são fundamentais para aumentar a resiliência das cidades e prevenir tragédias, promovendo um planejamento urbano mais sustentável e adaptado às mudanças climáticas.

Palavras-chave: Infraestrutura verde, pavimentos permeáveis, telhados verdes, gestão hídrica, urbanização.

ISSN 2178-6925

Abstract

Disorderly urban growth and climate change have intensified the vulnerability of Brazilian cities to flooding, mainly due to soil impermeabilization and the insufficiency of traditional drainage systems. These conventional systems, based on gray infrastructures such as underground galleries and drainage channels, prove to be inadequate to deal with extreme weather events, resulting in flooding and other environmental problems. In response to these challenges, alternative urban drainage technologies, such as sustainable drainage systems, offer a more effective and environmentally responsible approach to stormwater control. Solutions such as permeable pavements, green roofs, rain gardens, and detention basins promote water infiltration and storage, helping to mitigate the effects of heavy rainfall, improve water quality, and contribute to the sustainability of urban environments. However, the implementation of these technologies faces economic, technical, and institutional challenges, including high upfront costs, lack of specialized knowledge, and resistance from public managers. For these solutions to be widely adopted, it is necessary to train construction professionals and develop public policies that encourage their use. The article concludes that alternative urban drainage technologies are key to increasing the resilience of cities and preventing tragedies, promoting more sustainable urban planning adapted to climate change.
Keywords: Green infrastructure, permeable pavements, green roofs, water management, urbanization.

1. Introdução

Nos últimos anos, vem sendo cada vez mais evidenciado que o crescimento desordenado dos grandes centros urbanos e a intensificação dos eventos climáticos extremos têm exposto de maneira preocupante a vulnerabilidade dessas áreas a inundações (FRAITURE et al., 2017). Ao longo do processo de urbanização ocorre gradativamente a substituição de cobertura natural pela impermeabilização do solo, além disso, a insuficiência dos sistemas de drenagem tradicionais e a ocupação irregular de áreas de risco contribuem para a amplificação dos problemas de escoamento superficial das águas pluviais (SILVA, 2017).

O caso do Rio Grande do Sul, onde uma tempestade sem precedentes gerou enchentes devastadoras, trouxe à tona a necessidade urgente de repensar as práticas convencionais de manejo das águas pluviais nas cidades brasileiras. As infraestruturas cinzas, como galerias subterrâneas, canais e bueiros, projetadas para escoar rapidamente a água da chuva, são as mais utilizadas, porém, muitas vezes se mostram ineficazes em eventos climáticos extremos (CHRISTOFIDIS; ASSUMPÇÃO; KLIGERMAN, 2020).

Essa ineficiência se deve a vários fatores, como a incapacidade desses sistemas de lidar com a intensidade e frequência crescentes das chuvas em cenários de mudanças climáticas, resultando em problemas como poluição dos cursos d'água devido à contaminação do escoamento rápido da água da chuva e diminuição da recarga dos aquíferos pela impermeabilização do solo (AGONAFIR et al., 2023).

ISSN 2178-6925

Diante desse cenário, as tecnologias alternativas de drenagem urbana surgem como solução inovadora e sustentável para o controle de inundações. Entre as principais estão os Sistemas de Drenagem Sustentável (SUDS), que visam aumentar a infiltração da água pluvial e reduzir o escoamento superficial (SILVA, 2023). Esses sistemas incluem práticas como a instalação de pavimentos permeáveis, que permitem a infiltração da água no solo, a criação de telhados verdes, que retém a água da chuva e a melhora a qualidade do ar nas áreas urbanas (CANHOLI, 2015). Além disso, jardins de chuva e reservatórios de detenção também podem ser utilizados para capturar e armazenar água, minimizando o impacto das chuvas intensas e auxiliando a evapotranspiração das águas, ao invés de escoá-las o mais rápido possível (SOUZA et al., 2013).

A integração de soluções inovadoras, como os sistemas de drenagem sustentáveis, pode não apenas melhorar a eficiência do manejo das águas pluviais, mas também contribuir para a sustentabilidade ambiental e a qualidade de vida da população (FOGATTI et al., 2023). Esses sistemas podem aprimorar a qualidade da água, diminuir a temperatura do ar, incentivar a biodiversidade nas áreas urbanas e fortalecer a capacidade de resistência das cidades em relação às alterações climáticas.

A adoção dessas tecnologias é muito importante no Brasil, onde o déficit de infraestrutura urbana e a vulnerabilidade social das populações que vivem em áreas de risco ampliam os impactos das inundações (FARIAS, 2022). Contudo, a implementação dessas tecnologias exige conhecimento técnico entre os profissionais da construção civil e enfrenta resistência por parte dos gestores públicos devido os custos iniciais associados à instalação dessas infraestruturas.

A realização deste trabalho justifica a necessidade de ampliar o conhecimento sobre as tecnologias alternativas de drenagem urbana e sua aplicabilidade em diferentes contextos urbanos. Ao realizar uma revisão de literatura sobre o tema, busca-se uma base teórica que possa apoiar a tomada de decisões por parte de engenheiros, planejadores urbanos e gestores públicos. Além disso, o estudo pretende contribuir para a formulação de políticas públicas mais eficazes e integradas, que considerem tanto as soluções tradicionais quanto as alternativas no manejo das águas pluviais.

A relevância deste estudo também se reflete no potencial de contribuir para a promoção de práticas urbanísticas mais sustentáveis e inclusivas no Brasil. Ao

ISSN 2178-6925

disseminar o conhecimento sobre as vantagens e desafios das tecnologias alternativas de drenagem urbana, o trabalho pode incentivar a adoção dessas soluções em novas obras de infraestrutura e na requalificação de áreas urbanas existentes, ajudando a prevenir futuras tragédias e a melhorar a qualidade de vida nas cidades brasileiras.

1.1 Objetivo Geral

Realizar uma revisão de literatura sobre as tecnologias alternativas de drenagem, a fim de identificar as mais promissoras para o controle de inundações e a prevenção de tragédias urbanas.

2. Revisão da Literatura

2.1 Conceitos Fundamentais de Drenagem Urbana

Os conceitos fundamentais da drenagem urbana são essenciais para o gerenciamento de águas pluviais e a promoção de ambientes urbanos sustentáveis. Compreender o ciclo hidrológico é essencial, pois abrange o movimento da água por vários componentes ambientais, incluindo a atmosfera, a terra e os corpos d'água. A urbanização altera significativamente esse ciclo aumentando as superfícies impermeáveis, o que eleva o escoamento e diminui os processos naturais de infiltração (MIGUEZ et al., 2017). Essa alteração requer abordagens inovadoras para gerenciar as águas pluviais resultantes de forma eficaz.

O planejamento urbano envolve a construção e a manutenção dos sistemas que permitem o escoamento das águas pluviais nas cidades. Historicamente, a drenagem tem se concentrado na rápida remoção de água a fim de evitar alagamentos. Isso é feito através de infraestruturas tradicionais, como redes de galerias pluviais, canais de escoamento e bueiros (CONSERVA, 2021). Essas soluções são conhecidas como infraestrutura cinza.

As mudanças climáticas têm evidenciado as limitações desses sistemas tradicionais devido ao crescimento desordenado das cidades, pois a incapacidade das infraestruturas cinzas de absorver grandes volumes de água durante eventos extremos resulta em enchentes e alagamentos, causando danos às propriedades, infraestruturas e, em casos mais graves, perdas de vidas (CARVALHO, 2013).

Os Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) têm o intuído de replicar os processos naturais de drenagem, já que integram recursos como pavimentos permeáveis, telhados verdes e áreas de biorretenção. Ao reduzir o escoamento e melhorar a qualidade da água os SUDS promovem a eficiência dos ecossistemas urbanos (ANDRADE; BLUMENSCHEIN, 2013).

O gerenciamento de águas pluviais deve controlar a quantidade e a qualidade do escoamento, minimizando inundações, erosão e a poluição da água. Para isso, as bacias de detenção ou lagoas de retenção de infraestrutura verde, aumentam a resiliência das áreas urbanas contra os efeitos adversos do escoamento de águas pluviais (MOREIRA, 2024). Integrar esses conceitos de gerenciamento das águas pluviais pode mitigar os riscos de inundação e contribuir para a sustentabilidade dos ambientes urbanos.

2.2 Impactos das Inundações Urbanas

As inundações urbanas são um desafio para as cidades e seus habitantes pois os impactos podem atingir áreas, econômicas, sociais, ambientais, de infraestrutura e de saúde pública. Os danos à propriedade, empresas e infraestrutura podem resultar em reparos e perda de receita, enquanto a interrupção das economias locais pode levar à perda de empregos e diminuição da produtividade.

Os impactos sociais são significativos e de longo alcance. As inundações podem deslocar moradores, levando à perda das casas de populações vulneráveis e a marginalização das comunidades. O impacto psicológico das inundações, incluindo estresse e trauma, pode ter efeitos duradouros nas comunidades, enquanto interrupções em serviços essenciais como saúde, educação e transporte podem agravar ainda mais.

Outro problema das inundações urbanas são os impactos ambientais pois as águas das inundações podem transportar poluentes, detritos e materiais perigosos, levando à degradação da qualidade da água em rios, lagos e outros corpos d'água. Os habitats naturais da flora e da fauna podem ser interrompidos, levando à perda de biodiversidade, enquanto o aumento do escoamento pode contribuir para a erosão do solo e sedimentação, impactando ainda mais os ecossistemas. A alteração dos padrões naturais de drenagem também pode agravar as inundações em outras áreas,

criando um ciclo de degradação ambiental (AKHTAR et al., 2021; RAJKHOWA; SARMA, 2021).

No geral, a infraestrutura urbana das cidades brasileiras é mal equipada para lidar com eventos climáticos extremos, levando a inundações, que podem destruir estradas, pontes, sistemas de transporte público e serviços públicos, resultando em interrupções de serviço e aumento dos custos de reparo. A falha dos sistemas de drenagem pode agravar as inundações, destacando a necessidade de melhor planejamento urbano e resiliência da infraestrutura (OLIVEIRA et al., 2022).

As inundações representam riscos à saúde pública, pois a água contaminada pode levar à disseminação de doenças e quando parada, proliferar criadouros de mosquitos (MERZ et al., 2021). A interrupção dos serviços de saúde pode dificultar o acesso a cuidados médicos, agravando os problemas de saúde das populações afetadas. Enfrentar esses desafios requer planejamento urbano, investimento em infraestrutura, engajamento da comunidade e implementação de sistemas de drenagem sustentáveis (ARYA; KUMAR, 2023)

2.3 Tecnologias Alternativas de Drenagem Urbana

As tecnologias alternativas de drenagem urbana são abordagens projetadas para gerenciar águas pluviais e o escoamento urbano de forma sustentável. Essas tecnologias visam imitar processos hidrológicos naturais, reduzir inundações, melhorar a qualidade da água e aprimorar espaços verdes urbanos (COELHO, 2004).

Os SUDS gerenciam o escoamento de águas superficiais por meio de técnicas de infiltração, armazenamento e tratamento de águas pluviais, como os pavimentos permeáveis, valas e bacias de retenção (MENDONÇA; FARIAS, 2011). Já os telhados verdes envolvem a instalação de vegetação nas superfícies de casas e edifícios, com intuito de absorver a água da chuva e reduzir o escoamento (CARVALHO, 2018). Além disso podem melhorar a biodiversidade urbana, aumentar o valor estético dos edifícios e contribuir para o resfriamento de áreas urbanas (Figura 1).

ISSN 2178-6925

Figura 1. Infraestrutura de telhados verdes em áreas urbanas.



Fonte: https://ledmoveis.com.br/arquitetura-como-criar-um-telhado-verde/

Os jardins de chuva são depressões rasas com vegetações que capturam e absorvem água da chuva de superfícies impermeáveis, como telhados e calçadas (OLIVEIRA, 2023). Eles são projetados para filtrar poluentes e permitir que a água se infiltre no solo, reabastecendo os suprimentos de água subterrânea e podem ser integrados em paisagens residenciais e comerciais (Figura 2).

Figura 2. Áreas urbanas com jardins de chuvas.

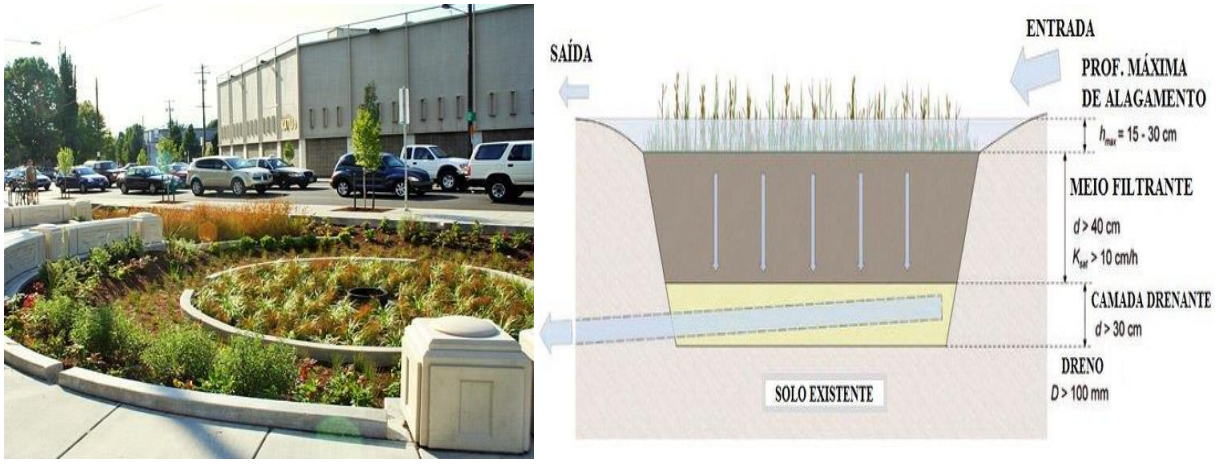


Fonte: https://redecoracao.com.br/jardins-de-chuva-diminuem-a-poluicao-urbana-e-evita-alagamentos/

Assim como os jardins de chuva, as células de biorretenção são projetadas para capturar o escoamento de superfícies impermeáveis, permitindo a sedimentação, filtragem e tratamento biológico de poluentes através de plantas e microrganismos,

antes que a água seja liberada no sistema de drenagem ou infiltrada no solo (SILVA et al., 2020) (Figura 3).

Figura 3. Esquematização de células de biorretenção em Áreas urbanas.



Fonte. Adaptado de Paus e Braskerud (2014).

Os pântanos construídos são sistemas artificiais projetados para tratar águas residuais ou pluviais através de processos naturais que envolvem a vegetação de pântanos, solos e comunidades microbianas que podem melhorar a qualidade da água através da remoção de nutrientes, sedimentos e patógenos do escoamento urbano (PEREIRA; LIMA; SENA, 2021) (Figura 4).

Figura 4. Pântanos construídos em áreas urbanas para retenção de águas residuais.



Fonte: https://www.opendemocracy.net/pt/pantano-de-xochimilco-cidade-do-mexico-urbaniza-sobre-um-lago/

ISSN 2178-6925

Os pavimentos permeáveis permitem que a água se infiltre pela superfície, reduzindo o escoamento e promovendo a recarga de águas subterrâneas. Eles podem ser construídos por diversos materiais, incluindo asfalto poroso e concreto permeável, principalmente em estacionamentos, calçadas e caminhos de pedestres (MARUYAMA; FRANCO, 2016).

Figura 5. Pavimentos permeáveis em áreas urbanas.



Fonte: https://www.aecweb.com.br/revista/materias/pavimentos-permeaveis-evitam-acumulo-de-agua-no-piso/10955

As bacias de retenção e detenção são reservatórios projetados para armazenar temporariamente as águas pluviais, liberando-as lentamente para o sistema de drenagem ou para cursos d'água naturais. Elas podem formar áreas recreativas armazenando água em períodos secos, já as bacias de detenção são projetadas para esvaziar completamente após eventos de chuva, proporcionando uma solução eficaz para a gestão do volume e da velocidade do escoamento pluvial (SILVA et al., 2018).

ISSN 2178-6925

Figura 5. bacias de detenção e retenção para contenção de cheias.



Fonte: https://araguainanoticias.com.br/noticia/prefeitura-de-araguaina-abre-licitacao-para-construcao-de-mais-tres-bacias-de-detencao/29854.

Os sistemas de aproveitamento de água pluvial coletam e armazenam a água da chuva para uso posterior, como irrigação de jardins, lavagem de áreas externas e até para usos não potáveis. Esses sistemas além de reduzir o escoamento superficial contribuem para a conservação da água (BORGES, 2021).

Figura 6. Sistemas de aproveitamento de águas da chuva.



Fonte: https://www.idealjr.com/post/vantagens-do-reuso-de-%C3%A1guas-pluviais.

Essas tecnologias não apenas abordam aspectos técnicos do gerenciamento de águas pluviais, mas também contribuem para a sustentabilidade dos ambientes urbanos, melhorando espaços verdes, qualidade do ar e a biodiversidade. A implementação bem-sucedida requer políticas de apoio, envolvimento da comunidade

e colaboração entre as partes interessadas, incluindo governos locais, planeadores urbanos e residentes.

2.4 Desafios e Barreiras para a Implementação

A implementação de tecnologias de drenagem urbana enfrenta desafios e barreiras que podem impedir sua adoção. Os principais desafios são econômicos, de conhecimento técnico, burocráticos institucionais, fatores culturais e sociais, desafios técnicos e de design e questões relacionadas ao monitoramento e avaliação.

Questões econômicas possuem papel significativo na adoção dessas tecnologias, como telhados verdes e pântanos construídos, que geralmente envolvem custos iniciais altos em comparação aos sistemas de drenagem tradicionais (YAN et al., 2024). Além disso, existe uma percepção de que os custos de manutenção de são maiores do que os sistemas convencionais. No entanto, essas tecnologias podem gerar economias a longo prazo por meio da redução de inundações e melhoria da qualidade da água (QIN, 2020).

Outra barreira crítica à implementação é a falta de conhecimento técnico e experiência. Muitos profissionais envolvidos em planejamento urbano e infraestrutura têm experiência limitada com essas tecnologias, resultando em incertezas quanto ao orçamento e execução (VAN OIJSTAEIJEN; VAN PASSEL; COOLS, 2020). Além disso, existe a necessidade de treinamento para implementação e gerenciamento, que pode ser um obstáculo à sua adoção, ressaltando a importância de iniciativas de capacitação.

As barreiras institucionais são burocráticas e impactam a integração das novas tecnologias de drenagem no planejamento urbano. Em muitas cidades, a legislação e as estruturas regulatórias não dão suporte à adoção dessas tecnologias, dificultando a coordenação entre várias partes interessadas, incluindo governos, agências ambientais e organizações comunitárias (SHKARUBA et al., 2021; ZEA-REYES; OLIVOTTO; BERGH, 2021). A falta de comunicação e as ineficiências na tomada de decisões podem dificultar a implantação dessas soluções.

A eficácia dessas tecnologias pode ser altamente dependente das condições ambientais locais, incluindo tipo de solo, clima e infraestrutura existente. Essa variabilidade dificulta os processos de design e implementação, necessitando de soluções personalizadas para cada situação. Além disso, a integração com sistemas

ISSN 2178-6925

de drenagem urbana existentes pode ser um desafio em áreas com grandes populações onde o espaço é limitado (KOURTIS; TSIHRINTZIS, 2021).

A falta de dados sobre o desempenho dessas tecnologias dificulta a avaliação de sua eficácia e após a implementação, dificultando a tomada de decisões e o investimento. Além disso, os benefícios podem levar tempo para se materializar, exigindo um compromisso de longo prazo das partes interessadas. Por fim a implementação de tecnologias alternativas de drenagem urbana dependem do enfrentamento de desafios econômicos, burocráticos, cultural e de conhecimento técnico.

5. Considerações Finais

As tecnologias alternativas de drenagem urbana, como os sistemas de drenagem sustentável, trazem respostas inovadoras e eficazes ao desafio crescente das inundações urbanas, aumentadas pela impermeabilização do solo e a intensificação dos eventos climáticos extremos. Soluções como pavimentos permeáveis, telhados verdes, jardins de chuva e bacias de detenção não apenas controlam o escoamento superficial, mas também contribuem para a sustentabilidade urbana ao melhorar a qualidade da água, promover a recarga dos aquíferos e aumentar a biodiversidade em áreas urbanas.

Apesar dos benefícios, a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios significativos. A falta de conhecimento técnico, os custos iniciais elevados e a resistência institucional são barreiras que dificultam sua adoção. Além disso, a ausência de políticas públicas de incentivo e a integração inadequada dessas soluções nos planos urbanos são obstáculos que precisam ser superados para garantir sua efetividade. A capacitação técnica e a criação de um ambiente regulatório favorável são passos essenciais nesse processo.

Portanto, é crucial que gestores públicos, engenheiros e urbanistas reconheçam a importância dessas tecnologias para o futuro das cidades brasileiras. Investir em soluções sustentáveis de drenagem não só reduz os riscos de inundações, mas também promove um planejamento urbano eficiente e adaptado às mudanças climáticas, prevenindo tragédias urbanas e melhorando a qualidade de vida da população.

ISSN 2178-6925

Referências

AGONAFIR, C. et al. A review of recent advances in urban flood research. **Water Security**, v. 19, p. 100141, 2023.

AKHTAR, N. et al. Various natural and anthropogenic factors responsible for water quality degradation: A review. **Water**, v. 13, n. 19, p. 2660, 2021.

ANDRADE, L. M. S.; BLUMENSCHEIN, R. N. Cidades sensíveis à água: cidades verdes ou cidades compactas, eis a questão. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 10, p. 59-76, 2013.

ARYA, S.; KUMAR, A. Evaluation of stormwater management approaches and challenges in urban flood control. **Urban Climate**, v. 51, p. 101643, 2023.

BORGES, A. S. **Reaproveitamento urbano de águas pluviais: o caso de uma escola em Silvânia/GO**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil da Mobilidade). Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Goiás, Anápolis, 2021.

CANHOLI, A. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de textos, 2015.

CARVALHO, D. W. As mudanças climáticas e a formação do direito dos desastres. **Novos Estudos Jurídicos**, v. 18, n. 3, p. 397-415, 2013.

CARVALHO, G. C. **Avaliação de sistemas de telhados verdes: análise térmica e hídrica nos diferentes sistemas cultivados com *Callisia repens***. (Mestrado em Ciencias ambientais) - Universidade Estadual de São Paulo. 2018.

COELHO, M. C. N. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa. 2. ed. Rio de Janeiro: **Bertrand Brasil**, p. 19-46, 2004.

CONSERVA, C. **Águas urbanas: expansão do território e drenagem na Serrinha do Paranoá DF**. Editora Autografia, 2021.

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPÇÃO, R. S. F. V.; KLIGERMAN, D. C. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**, v. 43, p. 94-108, 2020.

FARIAS, A.; MENDONÇA, F. Riscos socioambientais de inundação urbana sob a perspectiva do Sistema Ambiental Urbano. **Sociedade & natureza**, v. 34, p. e63717, 2022.

FOGATTI, O. F. et al. Prospecção de tecnologias sustentáveis de drenagem de águas pluviais como insumo para propositura de mudanças no Plano Diretor do município de Frutal, Minas Gerais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 28, p. e20220149, 2023.

FRAITURE, C. et al. Urban drainage management and flood control improvement using the duflow case study: Aur sub catchment, Palembang, South Sumatra, Indonesia. **Makara Journal of Technology**, v. 21, n. 2, p. 6, 2017.

KOURTIS, I. M.; TSIHRINTZIS, V. A. Adaptation of urban drainage networks to climate change: A review. **Science of the Total Environment**, v. 771, p. 145431, 2021.

OLIVEIRA, A. K. B. et al. Evaluating the role of urban drainage flaws in triggering cascading effects on critical infrastructure, affecting urban resilience. **Infrastructures**, v. 7, n. 11, p. 153, 2022.

OLIVEIRA, M. **Soluções baseadas na natureza como elemento integrador entre projetos de drenagem urbana e plano do clima na cidade de São Paulo.** Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis) - Universidade Nove de Julho, São Paulo. 2023. 125 f.

PAUS, K. H.; BRASKERUD, B. C. Suggestions for designing and constructing bioretention cells for a Nordic climate. **Journal of Water Management and Research**, v. 70, p. 139-150, 2014.

PEREIRA, A. M. S.; LIMA, B. S.; SENA, I. M. N. Utilização de sistemas wetlands no tratamento de esgoto residencial. **Graduação em Movimento Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 1, n. 1, p. 87-87, 2021.

RAJKHOWA, S.; SARMA, J. Climate change and flood risk, global climate change. In: Global climate change. **Elsevier**, p. 321-339, 2021.

SILVA, G. M. N. F. et al. **Requalificação de um canals no município de Delmiro Gouveia/AL** – Análise de alternativas mais sustentáveis. 2023.

SILVA, T. F. **Tecnologia alternativa em drenagem urbana: telhado verde.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2017.

SILVA, L. H. et al. Sistemas de biorretenção para o manejo das águas pluviais: panorama internacional e critérios para projeto. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e69591110335-e69591110335, 2020.

SOUZA, V. C. B.; MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. Déficit na drenagem urbana: buscando o entendimento e contribuindo para a definição. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 1, n. 2, p. 162-175, 2013.

MARUYAMA, C. M.; FRANCO, M. A. R. Pavimentos permeáveis e infraestrutura verde. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, v. 4, n. 9, 2016.

MENDONÇA, F.; FARIAS, A. **Riscos e vulnerabilidades socioambientais urbanos: perspectivas e desafios no contexto da pós-modernidade.** In: NEVES, L. S. (Org.) Anais do 5° Seminário Sobre Sustentabilidade: Artigos Selecionados. Curitiba: Juruá Editora, p. 73-85. 2011.

MERZ, B. et al. Causes, impacts and patterns of disastrous river floods. **Nature Reviews Earth & Environment**, v. 2, n. 9, p. 592-609, 2021.

MIGUEZ, M. et al. **Gestão de riscos e desastres hidrológicos**. Elsevier Brasil, 2017.

MOREIRA, L. L. L. **Efeito da introdução de bacias de detenção sobre a drenagem de águas pluviais: estudo de caso numa área urbana em Juiz de Fora, MG** (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos. 2024.

SHKARUBA, A. et al. Development of sustainable urban drainage systems in Eastern Europe: an analytical overview of the constraints and enabling conditions. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 64, n. 13, p. 2435-2458, 2021.

SILVA, L. M. S. et al. Uso de técnicas alternativas para captação, infiltração e reuso de águas: estudo de caso em Cajazeiras (PB). **Revista Principia-Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, n. 40, p. 116-131, 2018.

QIN, Y. Urban flooding mitigation techniques: A systematic review and future studies. **Water**, v. 12, n. 12, p. 3579, 2020.

VAN OIJSTAEIJEN, W.; VAN PASSEL, S.; COOLS, J. Urban green infrastructure: A review on valuation toolkits from an urban planning perspective. **Journal of environmental management**, v. 267, p. 110603, 2020.

YAN, J. et al. Green Roof Systems for Rainwater and Sewage Treatment. **Water**, v. 16, n. 15, p. 2090, 2024.

ISSN 2178-6925

ZEA-REYES, L.; OLIVOTTO, V.; BERGH, S. I. Understanding institutional barriers in the climate change adaptation planning process of the city of Beirut: vicious cycles and opportunities. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 26, n. 6, p. 26, 2021.