

Principais desafios em drenagem estrutural: Uma perspectiva baseada na literatura mundial contemporânea

Joyce Maia

Pós-doutoranda, UFABC, Brasil

joyce.maia@ufabc.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-6551-5377>

Yan Nonato Cattani

Doutor, ESPM, Brasil

yan.cattani@ufabc.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-1234-974X>

João Gabriel de Paula

Mestrando, UFABC, Brasil

joaogabriel.santos@ufabc.edu.br

<https://orcid.org/0009-0000-5609-6601>

Demetrios Christofidis

Pós Doutor Fio Cruz, Brasil

dchristofidis@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0007-9305-6802>

Monica Yukie Kuwahara

Professora Doutora, UFABC, Brasil

monica.kuwahara@ufabc.edu.br

<https://orcid.org/0000-0002-6596-4279>

Principais desafios em drenagem estrutural: Uma perspectiva baseada na literatura mundial contemporânea

RESUMO

Objetivo: Identificar os principais desafios na implementação de medidas estruturais de drenagem de águas pluviais.

Metodologia: Uma revisão bibliográfica e análise de conteúdo.

Originalidade/Relevância: O estudo aborda a incapacidade das abordagens de drenagem tradicionais em lidar com os desafios das mudanças climáticas, destacando os diferentes tipos de infraestrutura, medidas de controle e a necessidade de novas abordagens em drenagem de águas pluviais.

Resultados: Foram selecionados 131 artigos para análise, com predominância do idioma inglês. A literatura mostrou um aumento de publicações a partir de 2017, com um pico em 2020. A infraestrutura verde foi a mais abordada, seguida pela infraestrutura cinza e, por fim, a azul. Os temas mais recorrentes foram a avaliação de desempenho e a avaliação econômica.

Contribuições teóricas/metodológicas: O estudo contribui ao consolidar soluções baseadas na natureza e arranjos híbridos como estratégias centrais para a drenagem urbana sustentável. Além de apontar a transição para modelos híbridos, que combinam diferentes tipos de infraestrutura, que se constitui em uma tendência irreversível.

Contribuições sociais e ambientais: a análise ressalta que a drenagem é o aspecto mais frágil do saneamento básico no Brasil, com um alto risco ambiental, econômico e geo-hidrológico. O trabalho destaca a necessidade de priorizar a drenagem em políticas públicas, considerando que grande parte dos municípios carece de sistemas de drenagem das águas pluviais e de planos diretores específicos.

PALAVRAS-CHAVE: drenagem, infraestrutura verde, sustentabilidade.

Main Challenges in Structural Drainage: A Perspective Based on Contemporary Global Literature

ABSTRACT

Objective: This study aims to identify the main challenges in implementing structural measures for stormwater drainage.

Methodology: An integrative literature review and content analysis were performed.

Originality/Relevance: The study addresses the inability of traditional drainage approaches to cope with the challenges of climate change, highlighting several types of infrastructure, control measures, and the need for original approaches to stormwater drainage.

Results: A total of 131 articles were selected for analysis, with English being the predominant language. The literature showed an increase in publications starting in 2017, with a peak in 2020. Green infrastructure was the most discussed topic, followed by gray infrastructure and, finally, blue. The most recurrent themes were performance evaluation and economic assessment.

Theoretical/Methodological Contributions: This study contributes by consolidating nature-based solutions and hybrid arrangements as central strategies for sustainable urban drainage. It also points out that the transition to hybrid models, which combine distinct types of infrastructure, is an irreversible trend.

Social and Environmental Contributions: The analysis highlights that drainage is the most fragile aspect of basic sanitation in Brazil, with a high geohydrological risk. The work underscores the need to prioritize drainage in public policies, considering that a generous portion of municipalities lack specific pluvial systems and expert plans.

KEYWORDS: drainage, green infrastructure, sustainability.

Principales desafíos en drenaje estructural: una perspectiva basada en la literatura global contemporánea

RESUMEN

Objetivo: Este estudio tiene como objetivo identificar los principales desafíos en la implementación de medidas estructurales para el drenaje de aguas pluviales.

Metodología: Se realizó una revisión bibliográfica integradora y un análisis de contenido.

Originalidad/Relevancia: El estudio aborda la incapacidad de los enfoques de drenaje tradicionales para hacer frente a los desafíos del cambio climático, destacando los diferentes tipos de infraestructura, las medidas de control y la necesidad de nuevas estrategias en el drenaje de aguas pluviales.

Resultados: Se seleccionaron 131 artículos para su análisis, con una predominancia del idioma inglés. La literatura mostró un aumento en las publicaciones a partir de 2017, con un pico en 2020. La infraestructura verde fue la más

abordada, seguida por la infraestructura gris y, finalmente, la azul. Los temas más recurrentes fueron la evaluación del desempeño y la evaluación económica.

Contribuciones teóricas/metodológicas: El estudio contribuye al consolidar las soluciones basadas en la naturaleza y los arreglos híbridos como estrategias centrales para el drenaje urbano sostenible. Además, señala que la transición hacia modelos híbridos, que combinan diferentes tipos de infraestructura, es una tendencia irreversible.

Contribuciones sociales y ambientales: El análisis destaca que el drenaje es el aspecto más frágil del saneamiento básico en Brasil, con un alto riesgo geohidrológico. El trabajo subraya la necesidad de priorizar el drenaje en las políticas públicas, considerando que una gran parte de los municipios carece de sistemas pluviales y de planes directores específicos.

PALABRAS CLAVE: drenaje, infraestructura verde, sostenibilidad.

1. Introdução

Atualmente, a Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (DMAPU) em ambientes urbanos enfrenta uma série de desafios. As crises hídricas que têm afetado diversas regiões manifestam-se em forma de inundações catastróficas, contaminação de corpos d'água e alteração dos microclimas, não são apenas resultados de fenômenos naturais exacerbados, ainda que estes tenham contribuído para uma série de eventos (Tucci, 2008; Fletcher *et al.* 2015; Jefferson *et al.*, (2017). Em outra perspectiva, podemos citar o crescimento desordenado das cidades e a realização de obras descoordenadas e sem planejamento adequado como fatores condicionantes para este cenário.

O processo de urbanização exacerbado promove o uso inadequado do solo, com o uso de materiais como cimento e asfalto, que por sua vez, por reduzirem a permeabilidade dos solos, geram a redução da capacidade do armazenamento natural dos deflúvios. A abordagem convencional em DMAPU, é herdada de uma perspectiva que observava a água da chuva como um problema sanitário a ser eliminado, assim, as intervenções buscavam acelerar o escoamento da água. No entanto, durante o processo a taxa de vazão da água torna-se maior, consequentemente, grandes volumes de água são acumulados em menor tempo, que por sua vez passam a ocupar outros locais rapidamente, provocando alagamentos e inundações. Tais intervenções não são capazes de responder às demandas atuais, pois são incapazes de lidar com a complexidade dos ecossistemas urbanos e, por conseguinte, com as adversidades impostas mediante às mudanças climáticas (Fletcher *et al.* 2024).

A intervenção na paisagem natural, nem sempre foi planejada, tão pouco levou em consideração o gerenciamento dos sistemas de drenagem (Christofidis, Assumpção e Kligerman, 2019; Mendes e Santos, 2023). A falha em incorporar a drenagem sustentável no processo de desenvolvimento urbano, torna as futuras intervenções economicamente custosas ou, ainda, futuros projetos podem ser inviáveis dependendo do nível de ocupação territorial. Deste modo, a trajetória e a concepção da drenagem urbana têm se modificado ao longo do tempo, com a alteração de suas diretrizes iniciais, que inicialmente eram voltadas ao abastecimento de água, com a remoção de esgotos sanitários para longe da população, sem que haja adequado tratamento e a drenagem pluvial feita por meio de canalizações, para passar a ser por meio de estruturas conjugadas que adotem, como prioridade, o manejo sustentável e novos elementos estruturais e harmonização com os ecossistemas.

No Brasil, define-se as primeiras medidas relacionadas à drenagem como Fase Higienista, um período em que as intervenções de engenharia nos sistemas de drenagem urbana priorizam apenas a rápida remoção das águas pluviais das áreas urbanas. O período é definido pela “infraestrutura cinza ou cinzenta” com a construção de sistemas de galerias, dutos subterrâneos, canalização e retificação de rios e córregos (Tucci, 2008). O objetivo era conduzir a água rapidamente para fora do perímetro urbano, por meio de micro e macroestruturas de drenagem, desconsiderando os cursos d’água naturais na organização do espaço urbano e sob um custo financeiro elevado.

Entre as soluções que passaram a ser propostas, os canais artificiais foram amplamente difundidos no período em resposta à perda do armazenamento natural da água no solo, contudo, esta estrutura corriqueiramente promoveu o efeito inverso ao desejado. Isto porque as intervenções higienistas alteraram drasticamente o ciclo hidrológico local, com a redução da infiltração e da evapotranspiração (Lima, Ferreira e Christofidis, 1999). Como resultado, houve um aumento exponencial do volume e da velocidade do escoamento superficial, já que o tempo de concentração se tornou menor e a vazão a jusante maior. Por fim, em locais que antes não tinham problemas como inundações passaram a ter, sendo então o problema de enchentes transferidos a outras regiões, normalmente em áreas periféricas (Canholi, 2014).

A massiva implantação de infraestrutura cinza ao longo de décadas gerou um forte “aprisionamento tecnológico”, além disso, durante todo o período, o orçamento público, as instituições e até mesmo à capacitação técnica e normativas de engenharia foram direcionados

para a continua expansão desse modelo. Durante anos, a resposta à drenagem de águas urbanas foi um processo dependente de medidas estruturais ineficientes, onerosas e ultrapassadas. A denominada por infraestrutura cinza, rígida e com capacidade finita, não possui a resiliência necessária para se adaptar aos desafios atuais.

No Brasil, essa abordagem predominou até aproximadamente a década de 1970. Apesar de ter sido relevante para mitigar determinados episódios de inundação, tornou-se onerosa e insuficiente para enfrentar as demandas crescentes. Aos poucos, uma transição gradual, buscando reduzir a degradação acumulada nos sistemas hídricos urbanos foi iniciada (Mendes e Santos, 2022). Neste período consolida-se a Fase Corretiva, no período entre 1970 e 1990, marcado por medidas voltadas ao tratamento dos esgotos, ao amortecimento quantitativo da drenagem urbana e ao controle dos impactos existentes sobre a qualidade das águas pluviais, cabe ressaltar que durante esta fase as medidas preventivas ou associadas à paisagem ainda eram pouco difundidas.

Assim, aos poucos as intervenções passaram a incorporar a sustentabilidade econômica e medidas ambientais adequadas ao manejo dos recursos hídricos, com resultados mensuráveis e socialmente perceptíveis. Após os anos 90, temos a Fase Sustentável, que mantém parte dos objetivos das etapas anteriores, mas agora busca uma abordagem mais integrada e sistêmica da drenagem. Trata-se de uma mudança de paradigma, à medida em que contempla simultaneamente o ambiente urbano e o natural, preconizando: (i) conservação ambiental; (ii) melhoria da qualidade de vida; (iii) composição de cidades mais resilientes e sensíveis à água (Mendes e Santos, 2022).

Mais diretamente, as intervenções surgidas neste último período miravam o controle da água na fonte, com incentivo à infiltração e retenção das águas e o manejo das águas pluviais em sintonia com a natureza. Conforme Christofidis e colaboradores (2019), medidas não estruturais, tal como a realização de planejamentos, zoneamentos, ocupação de áreas menos vulneráveis às inundações etc., contribuíram显著mente para a mudança de perspectiva, uma vez que as medidas relacionadas à drenagem não eram apenas intervenções de engenharia, mas sim um processo ampliado que incorpora a perspectiva de futuro, condição divergente da primeira fase, que buscava o resultado para o problema de modo imediato. Considerando as idiossincrasias do Brasil, o processo de transição é, portanto, gradual, uma vez que cada região do país possui seu próprio estágio de desenvolvimento.

Em paralelo, neste último período em que surgiu a Política Nacional de Saneamento Básico – PNSB (Lei nº 11.445/2007), definiu o saneamento em quatro componentes: (i) abastecimento de água; (ii) esgotamento sanitário; (iii) resíduos sólidos; e (iv) drenagem de águas pluviais (Brasil, 2007). A normativa visou, preponderantemente, criar um arcabouço estruturante para a realidade brasileira, determinou aos municípios e o Distrito Federal como sendo as unidades administrativas responsáveis pela gestão da drenagem urbana.

Contudo, o descompasso entre os investimentos necessários para a realização de intervenções e as receitas próprias auferidas pelas municipalidades evidenciou a necessidade de complementação de recursos orçamentários, seja por nova normativa para o setor (que estabeleça a cobrança de taxas para subsidiar os serviços associados à drenagem, por exemplo) ou por meio de investimentos privados. Este diagnóstico deriva de diversos trabalhos técnicos, como por exemplo diretrizes claras que formalizam como as taxas ou tarifas devem ser cobradas; como devem ser dispostas a organização territorial das bacias e sub-bacias hidrográficas entre outros fatores que trazem riscos imponderáveis e que dificultam soluções tanto por meio de estruturações públicas como privadas.

Em 2020, foi publicado o Novo Marco Legal do Saneamento Básico com o propósito de atualizar as diretrizes e metas a serem cumpridas. Entretanto, não ocorreram avanços relevantes para a área de drenagem urbana, mantendo as lacunas da legislação anterior (Mendes e Santos, 2022). Na prática, o foco das mudanças e do interesse de investidores privados foram direcionadas aos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário. (Brasil, 2020; Mendes e Santos, 2022, 2023). Consequentemente, persiste a falta de planejamento e de fundos

específicos para tais intervenções, posto isto, uma alternativa de solução, não apenas às dificuldades orçamentais, mas, também, ao histórico da evolução da drenagem no país passou a ser a utilização de soluções baseadas na natureza (SbN), por meio de elementos da Drenagem Urbana Sustentável (SUDs) e de Infraestrutura Verde (IV). Além de considerarem as condições do meio ambiente em todas as etapas da tomada de decisão, utilizam a competência técnica disponível para orientar as intervenções e o processo de transição para uma abordagem mais sustentável.

Para aprimorar a resiliência dos sistemas existentes, sem que haja perda substancial da infraestrutura é fundamental adotar uma gestão integrada, que combine medidas estruturais e não-estruturais. Devendo ainda considerar a complexidade que envolve as ações associadas à drenagem, uma vez que se trata de uma área interdisciplinar e requer o planejamento conjunto de muitos profissionais de diversas áreas.

2. Objetivo

Levando em consideração o recente avanço das normativas relacionadas às medidas estruturantes no Brasil, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica integrativa, multidisciplinar de modo a identificar os principais desafios na implementação de medidas estruturais de drenagem de águas pluviais sob a perspectiva sustentável na literatura mundial, gerando dessa forma considerações aplicáveis às medidas estruturais de drenagem no Brasil.

3. Metodologia

Foi realizado um levantamento bibliográfico referente aos principais temas vinculado à drenagem estrutural a nível mundial, seguido pela posterior classificação por macrotemas e temas. Para tanto, foi realizada: (i) a definição de palavras-chave; (ii) filtragem de textos enfocada em drenagem estrutural; e (iii) análise de conteúdo dos textos obtidos e respectiva categorização dos temas.

3.1. Definição das palavras-chave

A literatura sobre drenagem urbana abordou diferentes enfoques de gestão e planejamento, elencadas a partir de consultas realizadas com especialistas setoriais ao longo de 2025 em uma série de discussões temáticas realizadas no projeto financiado pela FAPESP: “Avaliação das Diretrizes de Regulação de Serviços de Drenagem e Resíduos Sólidos em São Paulo”, as quais envolveram tanto técnicos das Agência Reguladora do Estado de São Paulo, bem como acadêmicos especialistas em saneamento, e no manejo sustentável das águas pluviais .

Desta forma, as palavras escolhidas procuraram evidenciar alguns enfoques usualmente utilizados na gestão pública. Pesquisas com a palavra “indicator” definiram métricas de desempenho, enquanto aquelas ligadas a “monitoring” ressaltaram o acompanhamento contínuo de variáveis. Estudos que relacionaram “policy*” e “regulation” trataram de políticas públicas e normas técnicas. Já os que focaram em “impact assessment” e “evaluation” analisaram efeitos e desempenho das intervenções. Por fim, trabalhos sobre “decision support” e “multicriteria analysis” destacaram o uso de ferramentas e métodos de apoio à decisão considerando múltiplos critérios. As buscas foram aplicadas aos campos “Título”, “Resumo” e “Palavras-chave” para maximizar a relevância dos registros recuperados.

3.2. Critério de seleção de artigos

Para a seleção dos artigos, os seguintes critérios foram adotados: (i) o estudo se restringiu a publicações no período de janeiro de 2000 a julho de 2025; (ii) apenas os idiomas inglês, português e espanhol foram considerados; e (iii) somente trabalhos submetidos e

aprovados em processo de revisão por pares foram incluídos. Além disso, foi estabelecido que os artigos deveriam focar especificamente em medidas estruturais relacionadas a sistemas de drenagem.

Da mesma forma, critérios foram aplicados para a exclusão de trabalhos. Dessa forma, foram removidos da análise: (i) trabalhos que se limitavam a tratar medidas não estruturais de engenharia, que não se enquadram em medidas intensivas ou extensivas; (ii) estudos que não avaliavam a drenagem de águas pluviais; (iii) documentos não revisados por pares, como editoriais, notas técnicas e opiniões; e (iv) publicações com data anterior ao ano 2000, que também não foram consideradas na análise.

3.3. Revisão de Literatura

Para realizar o levantamento proposto, foi realizada uma revisão de acadêmica mundial, com artigos selecionados através da técnica denominada “Revisão Integrativa de Literatura”, seguida de uma “Análise de Conteúdo”, responsável por categorizar os principais conceitos, aspectos organizacionais e normativos.

De acordo com Snyder (2019) a abordagem integrativa deve avaliar, criticar e sintetizar a literatura sobre um tema de pesquisa, a fim de possibilitar o surgimento de novos referenciais teóricos e perspectivas (Braun e Clarke, 2006; Snyder, 2019). No caso de seu uso aplicado a tópicos maduros, o objetivo é ter uma visão geral da base de conhecimento, revisar criticamente e potencialmente reconceituar e expandir a base teórica do tópico específico à medida que ele se desenvolve. Para tópicos emergentes, o objetivo é criar conceituações iniciais ou preliminares e modelos teóricos, em vez de revisar modelos antigos. Esse tipo de revisão geralmente requer uma coleta de dados mais criativa, pois o objetivo geralmente não é cobrir todos os artigos já publicados sobre o assunto, mas sim combinar perspectivas e percepções de diferentes campos ou tradições de pesquisa.

Uma vez que o objetivo principal é realizar uma revisão abrangente das medidas estruturais com diferentes combinações de métodos de obtenção de informações, julgou-se apropriado utilizar o método denominado *snowballing* para obtenção de textos acadêmicos com busca de termos-chave na base de dados em duas bases de dados diferentes: (i) a Web of Science (WoS) e, (ii) Scopus, de modo a realizar uma estatística bibliográfica e realizar um mapeamento das tendências sobre o tema. Além disso, a abordagem integrativa torna-se mais adequada porque a revisão não requer reconceituações, mas visa obter uma nova perspectiva de pesquisa sobre o tema (Wohlin, 2014).

3.4. Análise e categorização de conteúdo

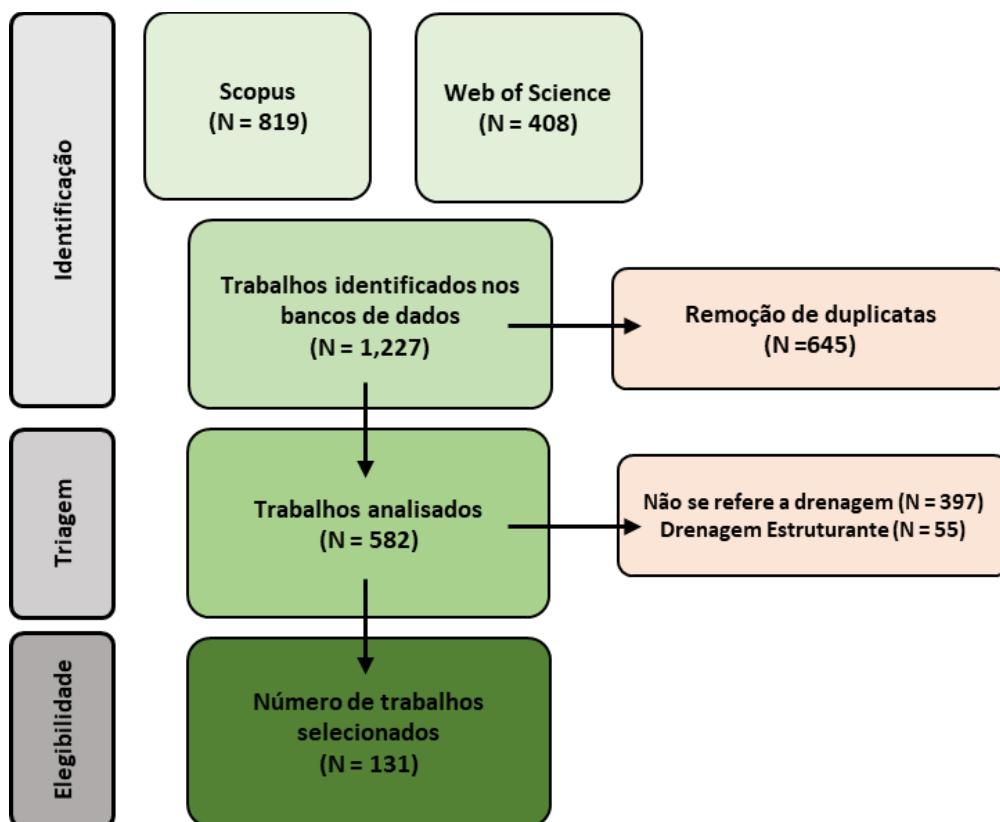
Para realizar a análise de conteúdo, foram empregadas técnicas baseadas nas três etapas da metodologia de Bardin (1977). A primeira etapa, de pré-análise, envolveu a leitura e a seleção do material bibliográfico, com o objetivo de identificar e distinguir os conceitos de drenagem estrutural e drenagem estruturante (Bardin, 1977). Na fase seguinte, a exploração do material, o conteúdo foi sistematicamente organizado a partir de macrotemas que emergiram da pré-análise, nomeadamente infraestrutura cinza, verde e azul. A etapa final, de tratamento, inferência e interpretação dos dados, culminou na construção de uma matriz analítica, utilizada para mapear os principais temas e seus respectivos desafios.

4. Resultados

Ao consolidar os resultados das buscas em ambas as plataformas, um total de 1.227 artigos foi identificado. Após a remoção de 645 duplicatas, 582 trabalhos foram submetidos a uma triagem inicial, que consistiu na leitura de títulos e resumos. Durante a triagem, observou-se que 397 artigos não se encaixavam no escopo da pesquisa, pois tratavam de outros setores

de saneamento, como distribuição de água e esgotamento sanitário, em vez de DMAPU. Além disso, outros 55 artigos foram excluídos por se concentrarem exclusivamente em medidas estruturantes. Ao final do processo, 131 trabalhos foram considerados elegíveis para o estudo aprofundado. A Figura 1 representa uma síntese do processo realizado.

Figura 1. Fluxograma do processo de seleção dos trabalhos relacionados à infraestrutura de drenagem.

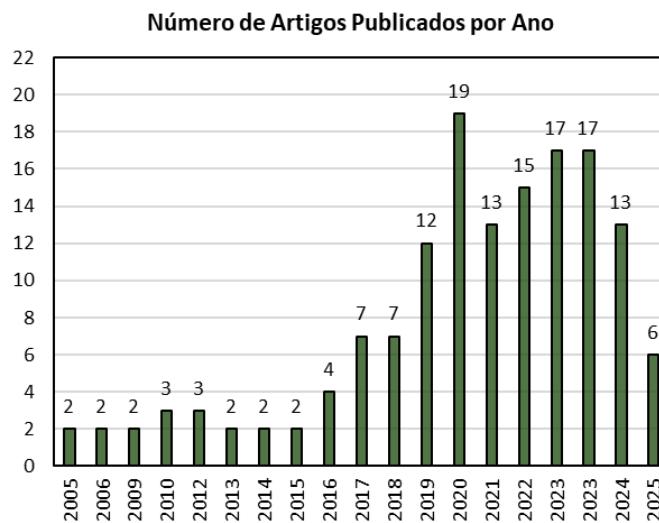


Fonte: Elaboração dos autores.

Após a triagem, foi constatado que o idioma predominante dos artigos elegíveis é o inglês, totalizando 129 trabalhos. Apenas um artigo foi identificado em português e outro em espanhol. De acordo com a análise, a maioria das publicações encontradas são artigos acadêmicos, totalizando 123. Em contraste, foram identificados apenas cinco capítulos de livro e três artigos de conferência acadêmica.

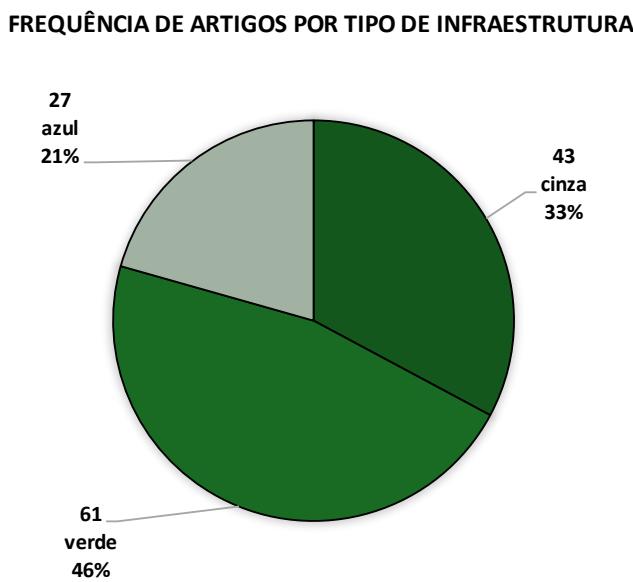
A partir de 2017, houve um aumento no número de publicações sobre medidas estruturais, atingindo um pico em 2020 com 19 artigos. Apesar de uma leve redução nos anos seguintes, o volume de publicações se manteve em um patamar médio de 15 por ano. Para 2025, até o momento da análise, já foram registradas seis publicações, conforme observado na

Figura 2. Cabe mencionar que o aumento de publicações a partir de 2017, com pico em 2020, coincide com a ampliação do debate global sobre cidades resilientes, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS 11 e 13) e a difusão do conceito de “Sponge Cities” como uma estratégia para mitigação de adversidades climáticas.

Figura 2. Número de publicações referentes a medidas estruturais, após o processo de seleção.

Fonte: Elaboração dos autores.

A análise do tipo de infraestrutura abordado em cada artigo revelou uma clara distribuição de prioridades. Foi observado que a infraestrutura verde, abordagem que utiliza elementos naturais, como pavimentos porosos, telhados e paredes verdes, biovaletas e jardins de chuva, para gerenciar as águas pluviais, é a mais estudada com 61 artigos que corresponde a 67% dos trabalhos. Em seguida, a infraestrutura cinza, que se refere a soluções de engenharia tradicionais como tubulações, canais e bueiros, possui 43 publicações (33%). Por fim, a infraestrutura azul, categoria que envolve o uso de corpos d'água naturais ou modificados, como lagos, rios e bacias de retenção, para o controle de enchentes e o armazenamento de água, foi a menos recorrente com 27 artigos (21%), conforme a Figura 3.

Figura 3. Número de artigo de acordo com o tipo de infraestrutura.

Fonte: Elaboração dos autores.

A análise temática dos artigos revelou uma diversidade de tópicos, com concentração em áreas cruciais para a implementação de medidas estruturais conforme a

Tabela 1. Os temas mais recorrentes foram "Avaliação de Desempenho e Otimização de LID/SUDS" e "Avaliação Econômica", ambos com 16 artigos (12,2%). A predominância sugere que a literatura mundial tem um forte foco nos desafios práticos e financeiros da adoção de soluções sustentáveis, como a necessidade de quantificar a eficácia e justificar o investimento inicial.

Outros tópicos significativamente abordados incluem "Nature-Based Solutions (NbS) e Resiliência Urbana" (N = 13; 9,9%), "Modelagem de sistemas hídricos urbanos" (N = 12; 9,2%) e "Planejamento Sustentável" (N = 12; 9,2%). A relevância desses temas na literatura global corrobora mostra que as medidas de intervenções sustentáveis têm sido consideradas com maior frequência nos últimos anos. Em contraste, temas como "Qualidade da água e tratamento" (N = 3; 2,3%) e "Hidráulica, transporte de sedimentos e características construtivas" (N = 5; 3,8%) apresentaram menor representatividade. Essa baixa recorrência pode indicar que, embora esses aspectos sejam fundamentais, o foco da pesquisa mais recente tem se deslocado para a avaliação de desempenho e viabilidade financeira, áreas que representam barreiras diretas à implementação em grande escala.

A análise dos resultados revela que alguns tópicos não são exclusivos a um único tipo de infraestrutura, indicando uma abordagem integrada na literatura. O planejamento sustentável, por exemplo, transcende as categorias, sendo identificado em artigos sobre infraestrutura cinza, verde e azul. Além disso, a avaliação econômica e a integração verde-cinza são temas recorrentes em publicações sobre as respectivas infraestruturas. Já a modelagem de sistemas hídricos urbanos, é observada em artigos que tratam tanto de infraestrutura cinza quanto de infraestrutura azul, conforme a

Tabela 1.**Tabela 1. Classificação de acordo com os temas definidos.**

Tipo de infraestrutura	Tema	Descrição	Número de trabalhos	%
verde	Avaliação de desempenho e otimização de LID/SUDS	Medir a eficácia e otimizar o design de soluções de baixo impacto e drenagem sustentável.	16	12,2%
cinza e verde	Avaliação econômica	Analizar os custos e benefícios financeiros de projetos de drenagem e infraestrutura verde e azul.	16	12,2%
verde	Nature-Based Solutions (NbS) e resiliência urbana	Usar soluções inspiradas na natureza para gerenciar águas pluviais e aumentar a capacidade de recuperação da cidade.	13	9,9%
azul e cinza	Modelagem de sistemas hídricos urbanos	Simular o comportamento de sistemas de drenagem e rios para prever escoamento, enchentes e qualidade da água.	12	9,2%
azul, cinza e verde	Planejamento sustentável	Criar estratégias de desenvolvimento urbano que promovam o uso eficiente da água e a integração de infraestruturas.	12	9,2%
cinza e verde	Integração verde-cinza	Combinar infraestrutura verde (natural) e cinza (tradicional) para sistemas de drenagem mais eficientes.	10	7,6%
verde	Inovação tecnológica e materiais sustentáveis	Desenvolver e aplicar novas tecnologias (sensores, software) e materiais ecológicos em sistemas de drenagem.	8	6,1%
cinza	Monitoramento, manutenção e controle inteligente	Usar sensores e automação (IoT) para acompanhar, otimizar e controlar sistemas de drenagem em tempo real.	8	6,1%
cinza	Otimização de sistemas de drenagem	Encontrar a solução mais eficiente para o projeto e operação de sistemas, maximizando o desempenho e minimizando custos.	8	6,1%

Tipo de infraestrutura	Tema	Descrição	Número de trabalhos	%
cinza	Avaliação de riscos e suscetibilidade a inundações	Identificar e mapear áreas de risco para prever alagamentos e o impacto em ambientes urbanos.	7	5,3%
azul	Gestão e controle de cheias urbanas	Criar e aplicar estratégias, como bacias de retenção e sistemas de alerta, para mitigar os efeitos de enchentes.	7	5,3%
azul	Sistemas de captação, armazenamento e aproveitamento de água	Coletar, armazenar e reutilizar a água da chuva para reduzir a demanda por água potável.	6	4,6%
cinza	Hidráulica, transporte de sedimentos e características construtivas	Desenvolver soluções para remover poluentes da água de escoamento e tratar a água em áreas urbanas.	5	3,8%
azul	Qualidade da água e tratamento em contextos urbanos	Analizar o fluxo da água e o transporte de sedimentos para um projeto que garanta a eficiência das tubulações.	3	2,3%
Total		131	100%	

Fonte: Elaboração dos autores.

No que se refere aos tipos de intervenções em obras de engenharia, cabe mencionar o processo de urbanização no Brasil, iniciado na metade do século XX com a migração em massa da população rural para as cidades, foi caracterizado por um crescimento rápido e desordenado. Esta transição ocorreu sem um planejamento urbano sustentável que acomodasse o contingente populacional e, ao mesmo tempo, preservasse os serviços ecossistêmicos naturais (Mendes e Santos, 2023). Entre as principais consequências desse processo estão o desmatamento, o assoreamento de cursos hídricos e a diminuição da capacidade de infiltração do solo. Essas alterações, frequentemente associadas à ocupação de áreas naturais, comprometem gravemente os serviços ecossistêmicos. Adicionalmente, o avanço da impermeabilização do solo, impulsionado pela predominância da infraestrutura cinza, aumentou o volume e a velocidade do escoamento superficial. Tal processo reduziu drasticamente a recarga dos aquíferos, gerando desequilíbrios no ciclo hidrológico e sobrecregendo os sistemas naturais de drenagem. Diante desse cenário, tornou-se imperativo implementar intervenções para mitigar os impactos de eventos climáticos extremos (Taylor e Fletcher, 2007; Mendes e Santos, 2023).

De acordo com a literatura analisada, bem como a atual fase do desenvolvimento dos sistemas de drenagem no Brasil, o enfrentamento dos problemas hidrológicos urbanos tem se apoiado em um conjunto de ações conhecidas como “Medidas de Controle”, que pode ser dividido em duas frentes: as medidas estruturais e as não estruturais (ou estruturantes). As medidas estruturais se materializam em obras de engenharia que alteram fisicamente o ambiente para gerenciar as águas pluviais.

Na revisão foi observado que os estudos têm priorizado medidas de infraestrutura-verde, mas que a infraestrutura cinza é também prioridade, uma vez que diversos estudos apontam a integração das abordagens (Christofidis, Assumpção e Kligerman, 2019; Gaurkhede, Adane e Khonde, 2021; Sood e Biswas, 2022), dada predominância deste tipo de intervenção no país. A implantação de infraestruturas cinzas, muitas vezes desprovida de um adequado nível de conhecimento sobre a realidade socioecológica, promove desequilíbrios e impactos que se manifestam em diferentes escalas.

Além disso, utilizar apenas um tipo de abordagem pode não ser suficiente, assim é mandatório a conciliação das medidas não estruturais, que representam uma estratégia para a gestão de riscos, fortalecendo a resiliência urbana por meio de ações como planos preventivos e políticas públicas (Tucci, 2005). O Quadro 1 sintetiza as principais características de ambas as medidas de controle.

Quadro 1. As medidas de controle se dividem entre medidas estruturais e não estruturais.

Característica	Medidas Estruturais	Medidas Não Estruturais (ou estruturantes)
Conceito Principal	Intervenções físicas diretas e obras de engenharia para modificar o ambiente	Ações de planejamento, gestão e otimização de processos, sem intervenção física direta
Objetivo Central	Controlar o fluxo da água por meio da contenção, direcionamento ou retardamento	Otimizar o gerenciamento de riscos e impactos, focando na prevenção e na preparação
Natureza da Intervenção	Reativa e Corretiva, modifica o espaço físico para lidar com um problema existente	Proativa e Preventiva, melhora a capacidade de resposta e a governança
Exemplos de Ações	Obras de contenção e retardamento Sistemas de microdrenagem (guias, sarjetas, bocas de lobo) Sistemas de macrodrenagem (canais, galerias) Recuperação de encostas com proteção vegetal Estruturas de retenção e indução à percolação (barragens, reservatórios de detenção e de infiltração), pavimentos porosos Parques lineares com função de detenção	Elaboração de planos de contingência e prevenção Mapeamento e zoneamento de áreas de risco Capacitação técnica de profissionais e da comunidade Campanhas de educação e conscientização ambiental Regulamentação e gestão dos serviços de drenagem Integração com o Plano Diretor e outros planos setoriais

Fonte: Elaboração dos autores.

5. Discussão

A distribuição temática dos artigos demonstra que a literatura internacional está ativamente engajada em questões que são diretamente relevantes para o contexto brasileiro, onde a implementação de medidas estruturais sustentáveis ainda enfrenta desafios relacionados à comprovação de eficácia, ao alto custo inicial e à necessidade de integração em um planejamento urbano mais amplo.

A análise dos 131 artigos selecionados revelou tendências que dialogam diretamente com os desafios enfrentados pelo Brasil na implementação de medidas estruturais sustentáveis de drenagem urbana. Os resultados indicam que a literatura internacional tem avançado significativamente na avaliação de desempenho, análise econômica e integração de soluções baseadas na natureza (SbN). O predomínio da infraestrutura verde (67% dos artigos) mostra uma mudança paradigmática na forma como a drenagem urbana vem sendo concebida. Esse achado demonstra a consolidação global das SbN, especialmente por sua capacidade de gerar múltiplos benefícios ambientais, sociais e econômicos (Gaurkhede, Adane e Khonde, 2021; Qiao, Kristoffersson e Randrup, 2018).

A análise revelou que a infraestrutura verde foi a mais abordada na literatura internacional (67% dos artigos), consolidando-se como estratégia prioritária no manejo sustentável das águas pluviais. A infraestrutura verde baseia-se em uma rede de espaços interconectados que mantêm serviços ecossistêmicos como infiltração, evapotranspiração, retenção e filtragem (Benedict, McMahon e others, 2012; Santos e Enokibara, 2021). Seus benefícios vão além da eficiência hidráulica, incluindo melhoria da qualidade do ar e da água, mitigação das mudanças climáticas e promoção da resiliência urbana (Li *et al.*, 2019) (Benedict, McMahon e others, 2012; Santos e Enokibara, 2021).

Apesar desses avanços, a literatura destaca desafios relevantes: (i) a necessidade de comprovar desempenho técnico em diferentes contextos climáticos e urbanos; (ii) os custos iniciais elevados, que dificultam a escala de implementação; (iii) a falta de indicadores de monitoramento contínuo; e (iv) barreiras normativas que ainda privilegiam soluções tradicionais (Dong *et al.*, 2023; Mendes e Santos, 2022, 2023). No Brasil, essas dificuldades se intensificam devido ao baixo investimento em inovação, ausência de linhas específicas de financiamento e carência de mecanismos regulatórios claros para drenagem.

Quanto à infraestrutura azul, embora menos representativa (21% dos artigos), surge como componente multifuncional, incorporando corpos hídricos naturais ou modificados, como rios, canais, lagoas e bacias de retenção (Guimarães e others, 2018; Santos e Enokibara, 2021). Além de mitigar riscos de enchentes e suavizar picos de escoamento, desempenha papel essencial na revitalização urbana e na preservação da biodiversidade. Entretanto, seus desafios incluem: (i) necessidade de grandes áreas disponíveis, muitas vezes escassas em cidades densamente ocupadas; (ii) riscos de degradação ambiental se não houver manutenção adequada; e (iii) dificuldade de articulação entre diferentes escalas de planejamento (bacias, sub-bacias, municípios). No caso brasileiro, esses obstáculos são agravados pela ocupação irregular de margens de rios e pela carência de políticas integradas de recuperação de corpos hídricos.

A infraestrutura cinza, ainda presente em 33% dos trabalhos analisados, refere-se às soluções tradicionais de engenharia — canais, galerias, dutos subterrâneos — que historicamente orientaram a drenagem urbana. Embora tenham desempenhado papel relevante no passado, essas estruturas apresentam limitações significativas: (i) elevada rigidez e baixa adaptabilidade frente às mudanças climáticas; (ii) altos custos de operação e manutenção; (iii) transferência de riscos para áreas a jusante; e (iv) ausência de benefícios ambientais associados (Mendes e Santos, 2023). Na literatura internacional, o desafio apontado é superar o “aprisionamento tecnológico” decorrente de décadas de investimentos nesse modelo (Marchioni *et al.*, 2022). No Brasil, tal aprisionamento se traduz em forte dependência orçamentária e institucional, o que dificulta a transição para soluções híbridas.

No entanto, para o Brasil, as iniciativas em DMAPU são reduzidas se comparadas aos serviços de abastecimentos de água e esgotamento sanitário, em virtude, do atraso da universalização destes serviços e da maior prioridade destes projetos. Entende-se que as demais frentes do saneamento básico são prioridades para qualidade de vida e bem-estar, porém como o Novo Marco Legal do Saneamento (Lei nº 14.026/2020) sugere, as metas ambiciosas para o abastecimento de água potável disponível a 99% população brasileira até 2033, enquanto os serviços de esgotamento de sanitário tenham cobertura nacional de 90%, incluindo coleta e tratamento. Além disso, o Novo Marco define as diretrizes os resíduos sólidos em que prevê a eliminação dos lixões, a regionalização dos serviços como estratégia de viabilidade técnica e financeira e a valorização de práticas sustentáveis como a reciclagem. Nesta perspectiva, fica evidente qual será o direcionamento orçamentário para os próximos anos no setor de saneamento básico.

Ainda que haja consenso sobre a necessidade de aprimorar os serviços de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas (DMAPU) como estratégia essencial para enfrentar os efeitos das mudanças climáticas e tornar os centros urbanos mais adaptados à natureza, ainda persiste um quadro de grande fragilidade institucional. Não há, até o momento, mecanismos de acompanhamento sistemático que permitam avaliar de que forma os municípios vêm incorporando adaptações sustentáveis, tampouco evidências consolidadas sobre quais políticas públicas se mostram mais eficazes nesse processo. Tal lacuna é particularmente crítica diante do aumento da frequência e da intensidade de eventos extremos, como enchentes, enxurradas e deslizamentos, associados ao regime irregular de chuvas decorrente da crise climática. Esse descompasso revela um desafio nacional em superar barreiras institucionais e normativas que dificultam sua adoção em larga escala. Pois, como houve poucas diretrizes à drenagem (Mendes e Santos, 2023) no Novo Marco, a ausência de mecanismos regulatórios específicos e de fontes de financiamento sustentáveis reforça a dependência do setor público e a fragmentação das iniciativas.

Portanto, a valorização de abordagens híbridas, que combinam infraestrutura verde e cinza tornam-se uma alternativa para implementação de medidas sustentáveis para a DMAPU, em uma perspectiva de superação ao modelo tradicional (Christofidis, Assumpção e Kligerman, 2019). Com a forte dependência de sistemas já consolidados de drenagem tradicional e dificuldade em alocação de recursos à drenagem, a integração pode permitir que soluções de

maneira gradual, reduzindo custos de adaptação e aproveitando a infraestrutura existente. Essa perspectiva reforça a necessidade de políticas públicas que incentivem a planejamento multiobjetivo e a presença de uma equipe multidisciplinar (Millington *et al.*, 2021; Ortega Sandoval, Rodriguez Sánchez e Bharati, 2023), capaz de integrar diferentes aspectos na mesma intervenção.

Estudos recentes, considerando dados de 1991 a 2022, apontam que 1.942 municípios, os quais concentram 73,3% da população brasileira, da qual 99,5% das pessoas estão mapeadas em áreas de risco geo-hidrológico, diretamente associado a DMAPU, indicando que a atenção à drenagem deve ser maior, uma vez que a importância dos serviços em drenagem pode estar subvalorizada, dentro do escopo do saneamento (Walsh *et al.*, 2012). A informação, além de orientar a gestão de desastres, configura-se como ferramenta estratégica para guiar investimentos em infraestrutura adaptativa e medidas estruturais de drenagem, que hoje carecem de prioridade política, sendo está um dos maiores desafios a ser superado.

O déficit de infraestrutura de drenagem no país é mais acentuado, sobretudo em áreas urbanas mais vulneráveis (Oliveira *et al.*, 2025). Entre 1991 e 2023, verificou-se que 32% dos municípios não possuem qualquer sistema de drenagem pluvial, e apenas 5,3% contam com planos diretores específicos (Costa, Oliveira e Margutti, 2015; Oliveira *et al.*, 2025). Em 12,6% dos casos, ainda prevalecem redes unitárias que misturam esgoto e água da chuva, ampliando os riscos de alagamento, poluição difusa e contaminação. Conforme mencionado a dificuldade descompasso estrutural entre planejamento urbano e políticas de saneamento, definido pela ausência de normas claras sobre regulação, titularidade e responsabilidade pela drenagem urbana definem o cenário das principais dificuldades (Costa, Oliveira e Margutti, 2015).

O conjunto de evidências apresentado demonstra que, apesar do avanço de normativas recentes, a drenagem continua a ser o componente menos estruturado do saneamento básico brasileiro. Tal cenário reforça a necessidade de alinhar o planejamento urbano e ambiental à agenda climática, assegurando não apenas a expansão da infraestrutura verde e azul, mas também a superação das barreiras institucionais, regulatórias e financeiras que historicamente limitaram o setor.

6. Considerações Finais

Os resultados desta revisão apontam que a literatura tem avançado no sentido de consolidar soluções baseadas na natureza e arranjos híbridos como estratégias centrais para a drenagem urbana sustentável, como uma alternativa para a melhora de desempenho dos sistemas de drenagem, aproveitando parte da infraestrutura cinza existente e adaptando as cidades com construção de estruturas baseadas em infraestrutura verde e azul. No Brasil, há uma série entraves estruturais, entre eles: institucionais, financeiros, organizacionais e políticos que limitam a introdução de novas abordagens em DMAPU. Dados recentes apontam que os risco geo-hidrológico, agravado pela falta de drenagem adequada e eventos climáticos adversos, definem a DMAPU como o aspecto mais frágil no âmbito do saneamento básico.

A combinação equilibrada de medidas estruturais e não estruturais é fundamental para enfrentar os desafios impostos pela urbanização e pelas mudanças climáticas. Enquanto as medidas estruturais oferecem soluções imediatas para o controle físico da água, as medidas não estruturais garantem que essas soluções sejam sustentáveis e integradas a políticas públicas consistentes, permitindo que as cidades se adaptem continuamente às condições ambientais e hidrológicas em constante transformação, para obter seu aprimoramento e sustentabilidade.

A drenagem requer o acompanhamento multidisciplinar, indicando que a tomada de decisão por uma única área do saber, não é suficiente para resolver a falta de estrutura no setor. A mera introdução de elementos de engenharia não é suficiente para que todas as dificuldades em drenagem sejam resolvidas, como já foi visto na Fase Higienista. Para assegurar serviços de qualidades, que sejam capazes de mitigar eventos destrutivos com inundações, enchentes e deslizamentos, é necessário fortalecer a regulação, criar mecanismos de financiamento

específicos e promover maior integração entre planejamento urbano, ambiental e de saneamento, considerando a introdução de recursos sustentáveis de infraestrutura verde e azul, uma vez que a literatura demonstra que a transição para modelos híbridos, por meio da combinam a eficiência hidráulica da infraestrutura cinza com a multifuncionalidade da infraestrutura verde e azul é uma tendência irreversível diante dos desafios climáticos e urbanos.

Referências Bibliográficas

- BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. [s.l.] Edições 70, 1977.
- BENEDICT, M. A.; MCMAHON, E. T.; OTHERS. **Green infrastructure: linking landscapes and communities**. [s.l.] Island press, 2012.
- BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995**, 2007.
- _____. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995**, 2020.
- BRAUN, V.; CLARKE, V. Usando a análise temática em psicologia. **Pesquisa qualitativa em psicologia**, v. 3, n. 2, p. 77–101, 2006.
- CANHOLI, A. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2^a ed. [s.l.] Oficina de textos, 2014.
- CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPÇÃO, R. DOS 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, n. spe3, p. 94–108, 2019.
- COSTA, M. A.; OLIVEIRA; MARGUTTI, B. O. **Atlas da Vulnerabilidade Social no Brasil**. [s.l]: s.n.].
- DONG, X. *et al.* Planning for green infrastructure based on integration of multi-driving factors: A case study in pilot site of sponge city. **Sustainable Cities and Society**, v. 93, p. 104549, 2023.
- FLETCHER, Tim D., WILLIAM Shuster, WILLIAM F. Hunt, RICHARD Ashley, DAVID Butler, Scott Arthur, Sam TROWSDALE et al. "SUDES, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage." **Urban water journal** 12, 525–542, no. 7 (2015).
- FLETCHER, Tim D., Matthew J. Burns, Kathryn L. Russell, Perrine Hamel, Sophie Duchesne, Frédéric Cherqui, and Allison H. Roy. "Concepts and evolution of urban hydrology." **Nature Reviews Earth & Environment** 5, no. ,11 789–801 (2024).
- GAURKHEDE, N.; ADANE, V. S.; KHONDE, S. Identification of Interruptions in Urban Drainage Systems and Their Sustainable Solutions for Alleviating Flood Risk in Mumbai, an Indian Megacity. **Journal of Integrated Disaster Risk Management**, v. 11, n. 1, p. 108–130, 2021.
- GUIMARÃES, L. F.; OTHERS. O uso de infraestruturas verde e azul na revitalização urbana e na melhoria do manejo das águas pluviais: o caso da Sub-bacia do Rio Comprido. **Paisagem e Ambiente: Ensaios**, n. 42, p. 75–96, 2018.
- JEFFERSON, A. J. *et al.* Stormwater management network effectiveness and implications for urban watershed function: a critical review. **Hydrology**. Process. 31, 4056–4080 (2017).
- LI, C. *et al.* Mechanisms and applications of green infrastructure practices for stormwater control: A review. **Journal of Hydrology**, v. 568, p. 626–637, 2019.
- LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A. F.; CHRISTOFIDIS, D. O uso da irrigação no brasil. **O uso da irrigação no Brasil**, v. d, p. 1–16, 1999.
- MARCHIONI, M. *et al.* Permeable Asphalt Hydraulic Conductivity and Particulate Matter Separation With XRT. **Water Resources Management**, v. 36, n. 6, p. 1879–1895, 2022.
- MENDES, A. T.; SANTOS, G. R. DOS. Drenagem e manejo sustentável de águas pluviais urbanas: o que falta para o Brasil adotar? **Texto para Discussão IPEA**, p. 1–52, 2022.
- _____. PLANEJAMENTO E GESTÃO DA DRENAGEM E MANEJO SUSTENTÁVEL DE ÁGUAS DE CHUVA NO BRASIL: LACUNAS E SITUAÇÃO DOS MUNICÍPIOS. n. July, p. 1–12, 2023.
- MILLINGTON, N. & Scheba, S. Day zero and the infrastructures of climate change: water governance, inequality, and

infrastructural politics in Cape Town's water crisis. *Int. J. Urban. Reg. Res.* 45, 116–132 (2021).

OLIVEIRA, G. et al. Estudo Sobre Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas No Brasil. **GO Associados**, v. 2025, p. 1–89, 2025.

ORTEGA SANDOVAL, A. D.; RODRIGUEZ SÁNCHEZ, J. P.; BHARATI, L. A transdisciplinary approach for assessing the potential feasibility of Sustainable Urban Drainage Systems: case study, Bogotá, Colombia. *Urban Water Journal*, v. 20, n. 8, p. 1081–1094, 2023.

QIAO, X. J.; KRISTOFFERSSON, A.; RANDRUP, T. B. Challenges to implementing urban sustainable stormwater management from a governance perspective: A literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 196, p. 943–952, 2018.

ROSENZWEIG, Bernice R., Lauren McPhillips, Heejun Chang, Chingwen Cheng, Claire Welty, Marissa Matsler, David Iwaniec, and Cliff I. Davidson. "Pluvial flood risk and opportunities for resilience." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water* 5, no. 6 (2018).

SANTOS, M. F. N. DOS; ENOKIBARA, M. Infraestrutura verde: conceitos, tipologias e terminologia no Brasil. *Paisagem e Ambiente*, v. 32, n. 47, p. e174804, 2021.

SNYDER, H. Revisão da literatura como metodologia de pesquisa: uma visão geral e diretrizes. *Jornal de pesquisa de negócios*, v. 104, p. 333–339, 2019.

SOOD, A.; BISWAS, A. Introducing Greenswales: a Nature-based Approach to Preserve Seasonal Channels – Learnings from Chandigarh, India. *Geographica Pannonica*, v. 26, n. 4, p. 385–395, 2022.

TAYLOR, A. C.; FLETCHER, T. D. Nonstructural urban stormwater quality measures: Building a knowledge base to improve their use. *Environmental Management*, v. 39, n. 5, p. 663–677, 2007.

TUCCI, C. Gestão integrada das águas urbanas. *Rega*, v. 5, p. 71–81, 2008.

TUCCI, C. E. M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. **Brasília: Ministério das Cidades**, p. 194, 2005.

WALSH, C. J., FLETCHER, T. D. & BURNS, M. J. Urban stormwater runoff: a new class of environmental flow problem. *PLoS ONE* (2012).

WOHLIN, C. **Guidelines for snowballing in systematic studies of the literature and a replication in software engineering**. Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Evaluation in Software Engineering. **Anais** 2014.

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Joyce Maia (JM), Yan Nonato Cattani (YC), João Gabriel de Paula (JP), Demetrios Christofidis (DC), Monica Yukie Kuwahara (MK)

- **Concepção e Design do Estudo:** JM, YC, JP, DC, MK.
 - **Curadoria de Dados:** JM, YC, JP, DC, MK.
 - **Análise Formal:** JM, YC, JP, DC, MK.
 - **Aquisição de Financiamento:** JM, YC, JP, DC, MK.
 - **Investigação:** JM, YC, JP, DC, MK.
 - **Metodologia:** JM, YC, JP, DC, MK.
 - **Redação - Rascunho Inicial:** JM, YC, JP, DC, MK.
 - **Redação - Revisão Crítica:** JM, YC, JP, DC, MK.
 - **Revisão e Edição Final:** JM, YC, JP, DC, MK.
 - **Supervisão:** JM, YC, JP, DC, MK.
-

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Eu/Nós, **Joyce Maia, Yan Nonato Cattani, João Gabriel de Paula, Demetrios Christofidis, Monica Yukie Kuwahara**, declaro(amos) que o manuscrito intitulado "Principais desafios em drenagem estrutural: uma perspectiva baseada na literatura mundial contemporânea":

1. **Vínculos Financeiros:** Não há vínculos financeiros que possam influenciar os resultados ou interpretação do trabalho. Este estudo foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) números 2023/10215-6 e 2024/15993-0.
 2. **Relações Profissionais:** Nenhuma relação profissional relevante ao conteúdo deste manuscrito foi estabelecida.
 3. **Conflitos Pessoais:** Nenhum conflito pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado.
-