



Universidade Federal de Pernambuco  
Centro de Biociências  
Ciências Biológicas Bacharelado



**IGOR CÉSAR DE OLIVEIRA CIRILO**

**CANTEIROS DE CHUVA COMO ESTRATÉGIA DE DRENAGEM  
SUSTENTÁVEL PARA A CIDADE DE RECIFE-PE: REVISÃO E SUGESTÕES**

RECIFE  
2025

**IGOR CÉSAR DE OLIVEIRA CIRILO**

**CANTEIROS DE CHUVA COMO ESTRATÉGIA DE DRENAGEM  
SUSTENTÁVEL PARA A CIDADE DE RECIFE-PE: REVISÃO E SUGESTÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação do Curso de Ciências Biológicas Bacharelado da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de graduação em Ciências Biológicas Bacharelado.

Orientadora: Profa. Dra. Roxana Cardoso Barreto

RECIFE

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE**

Cirilo, Igor César de Oliveira.

Canteiros de chuva como estratégia de drenagem sustentável para a cidade de Recife-PE: revisão e sugestões / Igor César de Oliveira Cirilo. - Recife, 2025.  
74 p. : il.

Orientador(a): Roxana Cardoso Barreto

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Biociências, Ciências Biológicas - Bacharelado, 2025.  
Inclui referências.

1. Biorretenção. 2. Infraestrutura Verde. 3. Alagamentos Urbanos. 4. Resiliência Climática. 5. Qualidade da Água. I. Barreto, Roxana Cardoso. (Orientação). II. Título.

570 CDD (22.ed.)

**IGOR CÉSAR DE OLIVEIRA CIRILO**

**CANTEIROS DE CHUVA COMO ESTRATÉGIA DE DRENAGEM  
SUSTENTÁVEL PARA A CIDADE DE RECIFE-PE: REVISÃO E SUGESTÕES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título em Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada em: 09/12/2025

Nota: 10,0

**COMISSÃO EXAMINADORA**

Documento assinado digitalmente  
 ROXANA CARDOSO BARRETO  
Data: 10/12/2025 07:10:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profª Drª Roxana Cardoso Barreto (UFPE)  
(Orientadora)

Documento assinado digitalmente  
 MARIA RITA CABRAL SALES DE MELO  
Data: 10/12/2025 13:23:43-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profª Drª Maria Rita Cabral Sales de Melo (UFRPE)  
(Membro Titular)

Documento assinado digitalmente  
 BRUNO SEVERO GOMES  
Data: 09/12/2025 18:40:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof Dr Bruno Severo Gomes (UFPE)  
(Membro Titular)

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha sobrinha e afilhada, Maria Helena de Oliveira Farias.

Que este estudo seja, um dia, uma inspiração para você — e para as gerações que virão — a trilhar caminhos guiados pela ciência, pela sustentabilidade, pela empatia e pelo respeito à natureza e às pessoas.

Que o futuro seja sempre construído com consciência, responsabilidade e amor.

## AGRADECIMENTOS

A conclusão deste Trabalho de Conclusão de Curso representa não apenas o encerramento de uma etapa acadêmica, mas também a realização de um ciclo de amadurecimento pessoal, emocional e profissional. Por isso, registro aqui minha sincera gratidão a todos que fizeram parte dessa trajetória.

Agradeço à Universidade Federal de Pernambuco e ao curso de Ciências Biológicas pela formação sólida, pelos aprendizados e pela oportunidade de construir uma base crítica, ética e científica ao longo desses anos. A todos os professores e professoras que contribuíram direta ou indiretamente com minha formação, deixo meu reconhecimento e respeito.

Expresso um agradecimento especial à minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Roxana Cardoso Barreto, pela dedicação, paciência, disponibilidade e orientação cuidadosa durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho. Seu olhar atento, suas contribuições e o apoio constante foram essenciais para que esta pesquisa se concretizasse.

À minha família, base e porto seguro, deixo minha gratidão mais profunda. À minha avó Maria Lúcia Leitão de Farias e ao meu avô Aprifan Pergentino de Oliveira, por todo amor, exemplo e apoio incondicional. À minha mãe, Alessandra Mirella Farias de Oliveira, e ao meu pai, José Yermack Andrade Cirilo Júnior, pela dedicação, incentivo e por sempre acreditarem no meu potencial. À minha irmã, Ingrid Mirella de Oliveira Cirilo, agradeço por compartilhar comigo carinho, risadas, (im)paciência e companhia. Cada conquista desta trajetória também pertence a vocês.

Aos amigos que a vida universitária me presenteou — Natália Maria de Souza Castro, Saymara Suzane, Maria Vittoria Alves de Santana, Caio César Arruda Soares da Silva, Priscyla Leite Rocha, Arthur Ivan, Augusto Menabó Izepon, Vitória Camilo, Lucas Manguinho, Eduardo Albuquerque e inúmeros outros que ocupariam páginas e mais páginas — obrigada(o) por cada conversa,

troca, risada, desabafo e incentivo nos momentos mais desafiadores. Vocês tornaram esta caminhada mais leve e significativa.

Aos amigos que me acompanham desde o colégio e que continuam presentes em minha vida — Beatriz Nader Maia, Helena da Cunha Lima e Nascimento, Gabriel de Freitas Leite, Lucas Vieira Rosa de Menezes, Maria Giovana Accioly, Hugo Roberto, Vinícius Baltar Pires, Vinícius da Rosa Silva, João Marcelo Valença Sá Chacon Braga e mais uma miríade de nomes que não cabem neste documento — agradeço pelo carinho, amizade e apoio constante, mesmo quando a rotina apertava e o tempo parecia pouco. Obrigada(o) por permanecerem depois de tudo.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para que este trabalho se realizasse — com conselhos, paciência, ajuda técnica, apoio emocional ou simples palavras de incentivo.

A todos vocês, meu mais sincero: muito obrigado.

## RESUMO

O crescimento urbano acelerado e a impermeabilização do solo intensificaram os problemas de drenagem, como alagamentos, em cidades vulneráveis como Recife-PE. Neste cenário, as Soluções Baseadas na Natureza (SbN), como os canteiros de chuva, emergem como alternativas estratégicas para a gestão de águas pluviais. Este estudo teve como objetivo geral analisar o papel dos canteiros de chuva na oferta de serviços ecossistêmicos, discutindo sua contribuição para a mitigação de alagamentos no contexto urbano de Recife-PE. A metodologia adotada foi a revisão integrativa de literatura com abordagem qualitativa. Realizou-se um levantamento em bases de dados científicas (como Scielo, ScienceDirect, PubMed, ResearchGate) e em literatura cinzenta (relatórios técnicos e planos governamentais), estruturado em etapas de levantamento conceitual, revisão de experiências práticas e análise contextual aplicada. A revisão da literatura confirmou a eficácia hidrológica dos canteiros de chuva em diversos contextos, tanto internacionais quanto nacionais. Especificamente para Recife, a análise foi conclusiva: a validação técnica local não apenas comprovou uma impressionante capacidade de infiltração (um aumento de 1.000%, atingindo 312 mm/h) e sua viabilidade econômica (R\$ 301,55/m<sup>3</sup>), como também refutou barreiras técnicas que eram tidas como impeditivos para a cidade. A discussão identificou o vasto leque de serviços ecossistêmicos prestados por esses sistemas — incluindo a regulação hídrica, a melhoria da qualidade da água, o suporte à biodiversidade e a regulação microclimática. Além disso, foram apontadas potencialidades claras de aplicação, já evidenciadas por iniciativas em curso (a exemplo do projeto em Cajueiro). O estudo revelou que os principais desafios para a implementação não são de ordem técnica, mas sim de governança, como a fragmentação institucional e a necessidade urgente de criar protocolos de manutenção. Conclui-se, portanto, que os canteiros de chuva são uma solução tecnicamente válida e contextualmente apropriada para Recife. Eles oferecem uma oportunidade real de transformar o paradigma da gestão da água, migrando da infraestrutura "cinza" para a "verde". O sucesso e a escalabilidade dessa solução, contudo, dependem de um firme compromisso institucional e da criação de políticas públicas estruturantes.

**Palavras-chave:** Biorretenção. Infraestrutura Verde. Alagamentos Urbanos. Resiliência Climática. Qualidade da Água.

## ABSTRACT

Accelerated urban growth and soil sealing have intensified drainage problems, such as flooding, in vulnerable cities like Recife-PE. In this scenario, Nature-Based Solutions (NbS), such as rain gardens, emerge as strategic alternatives for stormwater management. This study's general objective was to analyze the role of rain gardens in providing ecosystem services, discussing their contribution to flood mitigation in the urban context of Recife-PE. The methodology adopted was an integrative literature review with a qualitative approach. A survey was conducted in scientific databases (such as Scielo, ScienceDirect, PubMed, ResearchGate) and in grey literature (technical reports and government plans), structured in stages of conceptual survey, review of practical experiences, and applied contextual analysis. The literature review confirmed the hydrological effectiveness of rain gardens in various contexts, both international and national. Specifically for Recife, the analysis was conclusive: local technical validation not only proved an impressive infiltration capacity (a 1,000% increase, reaching 312 mm/h) and its economic viability (BRL 301.55/m<sup>3</sup>), but also refuted technical barriers that were considered impediments for the city. The discussion identified the wide range of ecosystem services provided by these systems—including hydric regulation, water quality improvement, biodiversity support, and microclimate regulation. Furthermore, clear application potentialities were highlighted, already evidenced by ongoing initiatives (such as the project in Cajueiro). The study revealed that the main challenges for implementation are not technical, but rather related to governance, such as institutional fragmentation and the urgent need to create maintenance protocols. It is concluded, therefore, that rain gardens are a technically validated and contextually appropriate solution for Recife. They offer a real opportunity to transform the water management paradigm, shifting from "grey" to "green"

infrastructure. The success and scalability of this solution, however, depend on a firm institutional commitment and the creation of structuring public policies.

**Keywords:** Bioretention. Green Infrastructure. Urban Flooding. Climate Resilience. Water Quality.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 Problema da pesquisa.....	14
1.2 Objetivos do estudo.....	14
1.3 Justificativa da relevância .....	15
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>16</b>
2.1 Serviços Ecossistêmicos: Conceitos, Classificação e Importância em Áreas Urbanas.....	16
2.2 Soluções Baseadas na Natureza (SbN) — Origem, Princípios, Tipologias e Aplicação à Drenagem Urbana.....	18
2.3 Infraestrutura Verde e Drenagem Sustentável .....	19
2.4 Canteiros de Chuva: Fundamentos, Componentes e Multifuncionalidade.....	23
2.4.1 Definição, Estrutura e Componentes .....	23
2.4.2 A Seleção da Vegetação .....	25
2.4.3 Multifuncionalidade e Serviços Ecossistêmicos.....	26
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>28</b>
3.1 Classificação da Pesquisa .....	28
3.2 Procedimentos Técnicos: A Revisão Integrativa .....	28
3.3 Etapas da Pesquisa: Um Desenho de "Funil" .....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>30</b>
4.1 Panorama Global da Pesquisa sobre Canteiros de Chuva: Análise Bibliométrica .....	30
4.2 Panorama de Aplicações: Experiências Internacionais e Nacionais ...	32
4.2.1 Experiências Norte-Americanas .....	32
4.2.2 Experiências Europeias .....	34
4.2.3 Experiências Asiáticas.....	35
4.2.4 Experiências Brasileiras .....	35

4.3	Análise de Pertinência: O Contexto Crítico de Recife-PE .....	37
4.3.1	Iniciativas Existentes e Reconhecimento Institucional .....	41
4.3.2	Validação Técnica Local: O Estudo Seminal da UFPE .....	42
4.3.3	Transferibilidade de Conhecimento Regional .....	45
4.4	Síntese da Discussão: Potencialidades e Limitações para Recife .....	47
4.4.1	Potencialidades Estratégicas .....	47
4.4.2	Limitações e Desafios Críticos .....	47
4.4.3	Síntese Analítica Final .....	51
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>51</b>
5.1	Síntese e Resposta à Pergunta de Pesquisa .....	51
5.2	Cumprimento dos Objetivos da Pesquisa .....	52
5.3	Contribuições e Limitações do Estudo .....	52
5.4	Recomendações para Pesquisas Futuras .....	53
5.5	Reflexão Final .....	53
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado das cidades e o modelo de urbanização baseado na impermeabilização do solo têm intensificado problemas relacionados à drenagem urbana, como enchentes e alagamentos. O processo de impermeabilização reduz significativamente a capacidade de infiltração natural do solo, resultando em aumentos substanciais na vazão de escoamento superficial e, consequentemente, em maior frequência e intensidade de eventos de inundaçāo urbana (Costa; Braga, 2025).

Estudos demonstram que a correlaçāo entre densidade populacional e impermeabilização do solo evidencia como o adensamento urbano desordenado compromete o ciclo hidrológico natural (Carvalho; Walde, 2022), enquanto análises quantitativas revelam que o fechamento de canais de drenagem e a impermeabilização intensiva podem alterar drasticamente o comportamento hidrológico de bacias urbanas (Ishizawa; Barbosa; Mendes, 2020).

Esse cenário é especialmente crítico em regiões tropicais e litorâneas, onde a combinação de chuvas intensas, topografia e ocupação desordenada aumenta a vulnerabilidade da população a eventos extremos de precipitação. No Brasil, análises de vulnerabilidade urbana usando técnicas de geoprocessamento identificaram reduções de até 62% em eventos de inundaçāo quando implementadas estratégias adequadas de manejo (Moreira *et al.*, 2017).

A frequência de eventos extremos tem se intensificado, com estudos registrando médias de 2,2 eventos anuais em cidades de médio porte (Carvalho, 2025). Em ambientes tropicais, a pesquisa realizada em Fortaleza, Ceará, avaliando plantas nativas em canteiros de chuva, encontrou que espécies como *Ruellia simplex* demonstraram adaptabilidade superior, reforçando a viabilidade técnica dessas soluções em contextos similares ao de Recife (Chaves *et al.*, 2025).

Recife, capital de Pernambuco, é um exemplo emblemático: reconhecida como uma das capitais brasileiras mais suscetíveis a eventos de inundaçāo,

ocupa a 16<sup>a</sup> posição no ranking do IPCC das cidades mais vulneráveis à mudança do clima no mundo (Prefeitura do Recife, 2019; ICLEI, 2021). A cidade enfrenta impactos recorrentes, com projeção de aumento de risco de inundações de 68,44% até 2040 (ICLEI, 2021).

Em maio de 2022, quase 17% de toda a área urbana do Recife foi atingida por enchentes, com precipitação total de 551 mm entre os dias 25 e 30, afetando 130 mil pessoas e provocando a morte de 130 pessoas em Pernambuco (CEMADEN, 2023; Marengo *et al.*, 2023). A vulnerabilidade é agravada pela desigualdade socioambiental, onde eventos extremos impactam desproporcionalmente populações vulneráveis (Brasil de fato, 2024; Lima *et al.*, 2025).

Nas últimas décadas, buscam-se alternativas à infraestrutura cinza (canalizações, galerias). A evolução da drenagem urbana demonstra uma transição para sistemas de infraestrutura verde mais integrados (Christofidis *et al.*, 2020). Nesse contexto, emergem as Soluções Baseadas na Natureza (SbN), que propõem inspirar-se nos processos ecológicos para fortalecer a resiliência das cidades (ICLEI, 2021; Barbi *et al.*, 2024).

As SbN buscam replicar funções ecossistêmicas, oferecendo alternativas sustentáveis ao manejo convencional de águas pluviais (Aliança Bioconexão Urbana, 2023; García Sánchez; Govindarajulu, 2023; WRI Brasil, 2024). A infraestrutura azul-verde, em particular, integra elementos aquáticos e vegetados, potencializando benefícios (Ghofrani *et al.*, 2017; García Sánchez; Govindarajulu, 2023). Entre essas soluções, os canteiros de chuva (ou *rain gardens*) têm ganhado destaque por aliarem simplicidade, baixo custo e múltiplos benefícios (Melo *et al.*, 2014; WRI Brasil, 2025).

A experiência brasileira com células de biorretenção demonstra a viabilidade técnica dessas estruturas em contexto urbano tropical (Barbi *et al.*, 2024; Silveira; Rodrigues; Dornelles, 2025). Mais do que dispositivos de drenagem, são espaços multifuncionais que integram regulação hídrica, melhoria da qualidade da água, criação de micro-habitats e promoção de

conforto térmico (Madureira, 2018; Okimoto; Santos, 2023). Sua relevância transcende a engenharia, alcançando a ecologia urbana e o paisagismo funcional (Costa; Macruz, 2015; Correio24horas, 2025).

Apesar de desenvolvida nos EUA na década de 1990, a técnica ainda é tratada como novidade no Brasil. Uma revisão sistemática (2011-2022) revelou que os EUA foram responsáveis por 48% das publicações sobre o tema, enquanto o Brasil aparece com apenas 2-3%, evidenciando uma lacuna significativa de pesquisa local (Gondim; Ohnuma Jr.; Obraczka, 2023). Os temas mais pesquisados foram controle de poluição (30%) e aspectos construtivos (26%), enquanto fatores socioambientais (12%) permanecem menos investigados (Gondim; Ohnuma Jr.; Obraczka, 2023). Uma lacuna crítica identificada é a escassez de pesquisa sobre espécies vegetais adequadas para regiões tropicais (Chen *et al.*, 2025), além da pouca exploração da degradação funcional e estética em uso de longo prazo (Altoaimi *et al.*, 2025).

## 1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

Apesar de sua reconhecida eficácia em diferentes contextos internacionais (Davis *et al.*, 2009; Trowsdale; Simcock, 2011), a aplicação dos canteiros de chuva no Brasil ainda é incipiente, especialmente em cidades com altos índices de vulnerabilidade socioambiental, como Recife-PE (Silveira; Rodrigues; Dornelles, 2025). Assim, surge a seguinte questão de pesquisa:

Como os canteiros de chuva, enquanto solução baseada na natureza, podem contribuir para a oferta de serviços ecossistêmicos e para a mitigação dos impactos ambientais decorrentes dos alagamentos em áreas urbanas, com foco no contexto de Recife-PE?

## 1.2 OBJETIVOS DO ESTUDO

Este estudo tem como objetivo geral analisar o papel dos canteiros de chuva na oferta de serviços ecossistêmicos, discutindo sua contribuição como

solução baseada na natureza para cidades com risco de alagamentos, com destaque para o contexto urbano de Recife-PE.

**Como objetivos específicos, buscam-se:**

- Revisar a literatura internacional e nacional sobre canteiros de chuva como infraestrutura verde.
- Identificar os principais serviços ecossistêmicos associados (regulação hídrica, qualidade da água, biodiversidade urbana, microclima etc.).
- Discutir experiências já aplicadas em cidades brasileiras e avaliar sua pertinência para a realidade de Recife-PE.
- Apontar potencialidades e limitações da implementação desses sistemas em áreas urbanas vulneráveis.

### 1.3 JUSTIFICATIVA DA RELEVÂNCIA

O tema é relevante sob múltiplas perspectivas. Do ponto de vista científico, contribui para o avanço do conhecimento sobre serviços ecossistêmicos urbanos e o potencial das SbN (Madureira, 2018; Barbi *et al.*, 2024). Do ponto de vista social, aborda uma questão que impacta diretamente a vida da população recifense, frequentemente afetada por enchentes (Marengo *et al.*, 2023; Brasil De Fato, 2024). Do ponto de vista ambiental, destaca a integração entre infraestrutura e ecologia, reforçando a necessidade de cidades mais resilientes (Prefeitura Do Recife, 2019; ICLEI, 2021).

Além disso, o estudo insere-se no campo das Ciências Biológicas, ao evidenciar como processos ecológicos podem ser aplicados ao planejamento urbano, valorizando o papel da biodiversidade e da funcionalidade dos ecossistemas em soluções práticas (Aliança Bioconexão Urbana, 2023; WRI Brasil, 2025).

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS: CONCEITOS, CLASSIFICAÇÃO E IMPORTÂNCIA EM ÁREAS URBANAS

O termo "serviços ecossistêmicos" refere-se aos benefícios diretos e indiretos que os ecossistemas proporcionam aos seres humanos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Essa noção foi sistematizada pelo *Millennium Ecosystem Assessment* (MA), que estabeleceu como as alterações nos ecossistemas afetam o bem-estar humano. Plataformas como a IPBES (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*) reforçam esse arcabouço, ressaltando a necessidade de incluir serviços de apoio (ciclagem de nutrientes, formação de solo) que são frequentemente subestimados (Díaz *et al.*, 2018).

Recentemente, o conceito de "Contribuições da Natureza para as Pessoas" (NCP) ampliou o enfoque para reconhecer aspectos culturais, estéticos e subjetivos, especialmente relevantes em contextos urbanos (Pascual *et al.*, 2017).

A classificação mais consolidada, proposta pelo MA (2005), divide os serviços em quatro categorias:

- **Serviços de Provisão:** Produtos obtidos, como alimentos e água potável.
- **Serviços de Regulação:** Benefícios da regulação de processos, como controle do clima, controle de enchentes e purificação da água.
- **Serviços de Suporte:** Processos fundamentais para que outros serviços ocorram, como ciclagem de nutrientes e formação de solo.
- **Serviços Culturais:** Benefícios não materiais, como recreação, valor estético e identidade cultural.

Em áreas urbanas, as cidades impõem múltiplas pressões sobre os ecossistemas, como impermeabilização do solo, fragmentação de habitats e poluição (Elmqvist *et al.*, 2019). A impermeabilização, em particular, reduz a recarga de aquíferos e agrava enchentes (Mcphillips *et al.*, 2018). Nesse cenário, os serviços ecossistêmicos urbanos funcionam como elementos de amortecimento (Andersson *et al.*, 2014). Eles promovem a regulação hídrica (infiltração e redução de picos de escoamento), melhoram a qualidade da água (filtragem de poluentes), regulam o microclima (redução de ilhas de calor) e conservam a biodiversidade urbana.

Estudos bibliométricos recentes sobre rain gardens confirmam que eles são valorizados por sua capacidade multifuncional de reduzir escoamento, melhorar a qualidade da água e promover a biodiversidade (Wang *et al.*, 2024). No Brasil, pesquisas locais em Recife reforçam essa visão. Análises de sensoriamento remoto (NDWI, IAF) evidenciaram que áreas com maior cobertura vegetal apresentam menor temperatura de superfície (Oliveira *et al.*, 2014). Outro estudo demonstrou que a diminuição da cobertura vegetal em Recife (~17,57%) associou-se a um aumento de ~5,22% na suscetibilidade ao escoamento superficial (Maurício; Vieira Barbosa Neto; Menezes Da Silva, 2024).

Dissertações locais também apontam os impactos socioeconômicos da impermeabilização e da drenagem deficiente (Santos, 2023). Embora Recife possua cobertura vegetal, sua distribuição é desigual, limitando a distribuição equitativa dos benefícios. Os dados de Recife reforçam que (i) a cidade possui uma base ecológica que exerce serviços mensuráveis; (ii) há uma janela de oportunidade para intervenções verdes; e (iii) a equidade socioambiental deve ser considerada.

## 2.2 SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA (SBN) — ORIGEM, PRINCÍPIOS, TIPOLOGIAS E APLICAÇÃO À DRENAGEM URBANA

As Soluções Baseadas na Natureza (SbN) representam um paradigma emergente que mobiliza processos ecológicos para resolver problemas humanos de forma sustentável e resiliente (World Bank, 2020; NORDEN, 2022). O termo, consolidado pela IUCN, define SbN como "soluções inspiradas, apoiadas ou copiadas da natureza", que são economicamente viáveis e proporcionam benefícios ambientais, sociais e econômicos simultâneos (IUCN, 2024).

As SbN integram infraestrutura verde, serviços ecossistêmicos e adaptação às mudanças climáticas (European Commission, 2025). Seus princípios incluem a compreensão sistêmica, o benefício à biodiversidade, a busca por soluções inclusivas e a consideração das condições contextuais (Kabisch; Frantzeskaki; Hansen, 2022).

Uma revisão de 142 estudos de caso (2016-2022) revelou que as principais aplicações de SbN abordam risco de enchentes (43%) e ilhas de calor (21%), sendo os telhados verdes (24%) e florestas urbanas (16%) as soluções mais pesquisadas (Fang *et al.*, 2024). No contexto da drenagem urbana, as SbN surgem como alternativa à infraestrutura cinza, pois retêm e infiltram a água localmente (Digitalbluefoam, 2025; Resilient Watersheds Toolbox, 2025).

Estratégias como Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS) e *Low Impact Developments* (LID) tratam a água da chuva como um recurso (Greenblue Urban, 2020). Os canteiros de chuva são um exemplo emblemático dessa abordagem. Além da funcionalidade técnica, as SbN promovem bem-estar, educação ambiental e podem gerar benefícios econômicos indiretos (World Bank, 2020; IUCN, 2024; Cook *et al.*, 2025). Estudos em cidades brasileiras demonstram o potencial das SbN para diminuir a vulnerabilidade climática, desde que garantidas a governança apropriada e a participação comunitária (Seleguim *et al.*, 2024).

## 2.3 INFRAESTRUTURA VERDE E DRENAGEM SUSTENTÁVEL

A infraestrutura verde é uma rede planejada de áreas naturais e seminaturais, projetada para fornecer uma ampla gama de serviços ecossistêmicos (Madureira, 2018). Ela se baseia em processos ecológicos para restaurar funções hidrológicas e biológicas perdidas na urbanização (Diniz *et al.*, 2017; Benini; Rosin, 2018).

Diferente da infraestrutura cinza (coleta e rápida condução da água), que transfere o problema para jusante (Almeida, 2020), a infraestrutura verde prioriza a retenção e a infiltração da água no local onde ela precipita (Melo *et al.*, 2014). Isso favorece a recarga de aquíferos, reduz picos de vazão e melhora a qualidade da água por filtração natural (Falcão, 2018).

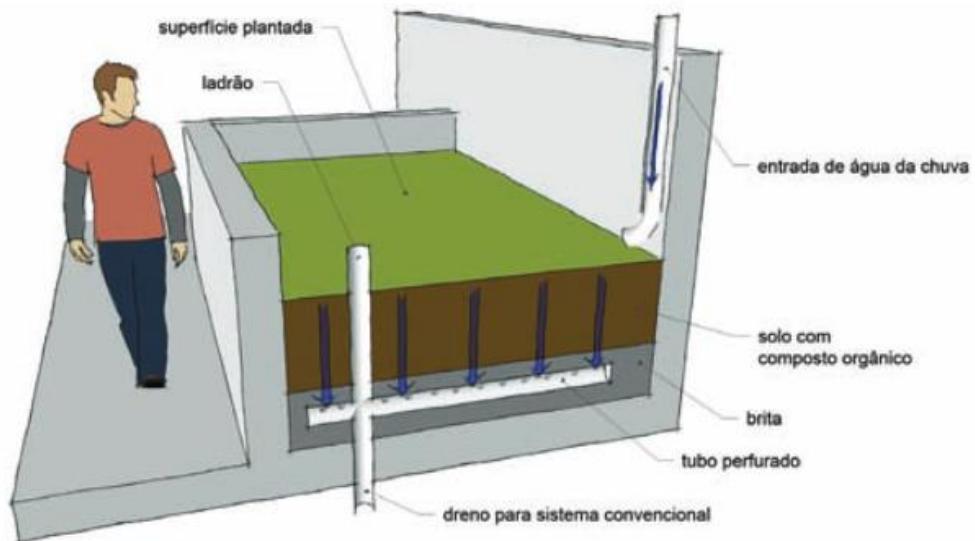
As técnicas de manejo sustentável (SUDS) buscam reproduzir as condições de drenagem natural (Oliveira *et al.*, 2023). As principais práticas incluem:

- Canteiros de chuva ((Fig. 1) e biovaletas (Fig. 2);
- Pavimentos permeáveis (Fig. 3);
- Trincheiras de infiltração;
- Telhados verdes (Fig. 4 e 5);
- *Wetlands* construídos (Fig. 6).

Além da função hidráulica, a infraestrutura verde promove micro-habitats para a biodiversidade e contribui para a regulação térmica, reduzindo ilhas de calor (Madureira, 2018). No contexto social, ela requalifica o espaço urbano, promovendo bem-estar (Benini; Rosin, 2018). A adoção dessas práticas requer uma mudança de paradigma, tratando a água como recurso e não como problema (Benini; Rosin, 2018), e constitui um instrumento de transformação

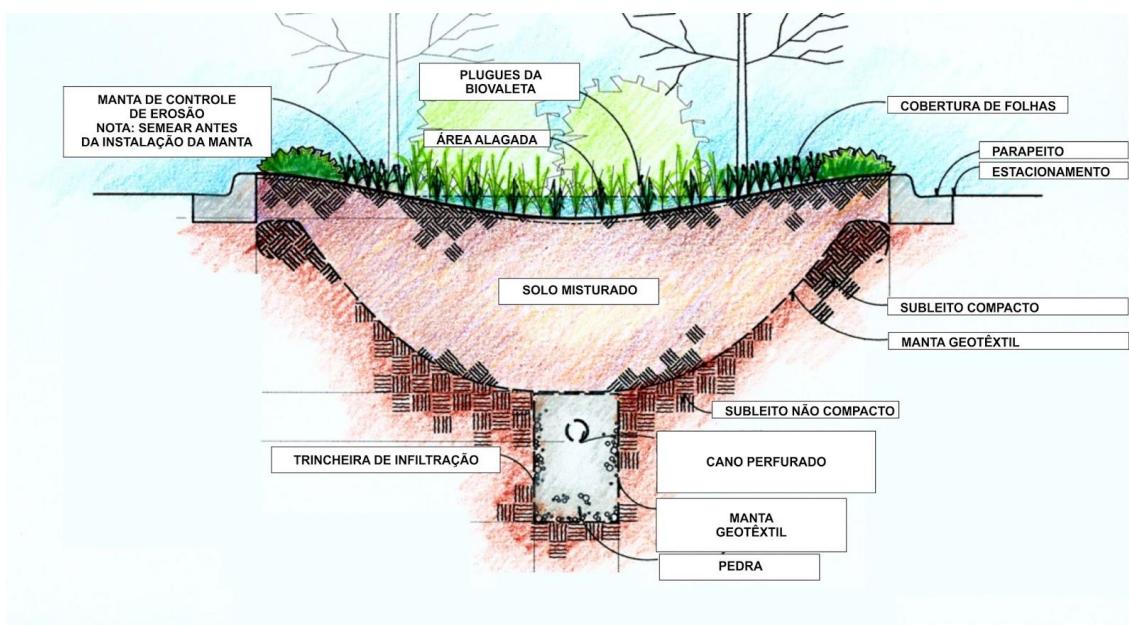
urbana que articula sustentabilidade ambiental e qualidade de vida (Silva *et al.*, 2024; Benini, 2015).

Figura 1: Esquema de um canteiro pluvial



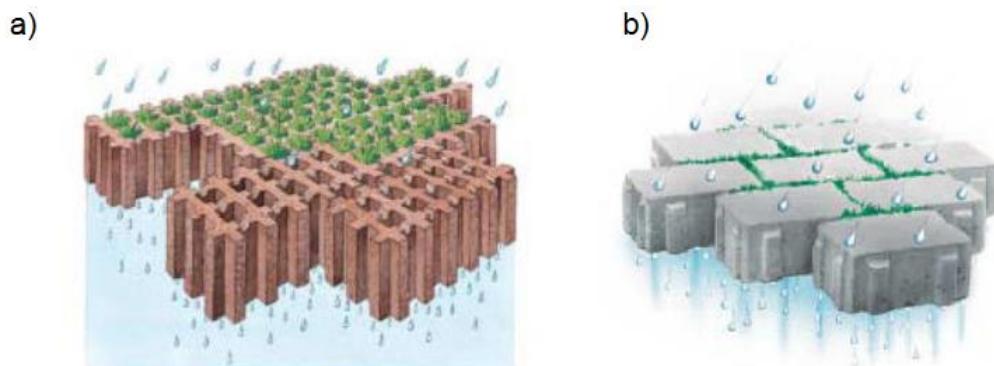
Fonte: Adaptado de Pellegrino (2008)

Figura 2: Corte transversal de uma biovaleta.



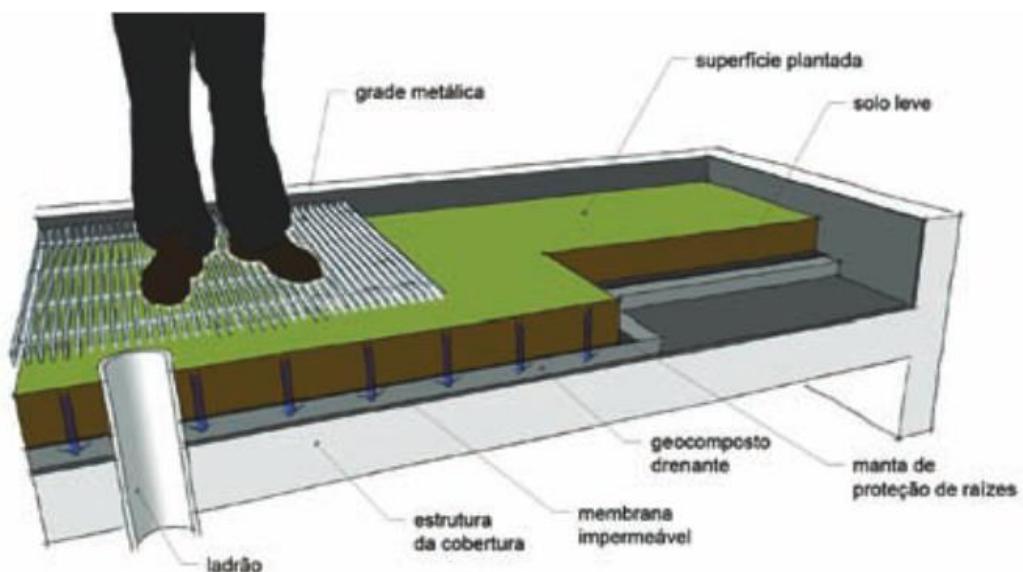
Fonte: Disponível em: <https://genoa-arq.blogspot.com/2015/07/museu-de-arte-parede-sistema-de.html> (Acessado em 15/12/2025)

Figura 3: Exemplos de sistemas de pavimentos permeáveis gramados: a) blocos com pequenas aberturas e b) blocos com juntas amplas.



Fonte: Adaptado de Dierkes *et al.* (2004)

Figura 4: Esquema de teto verde.



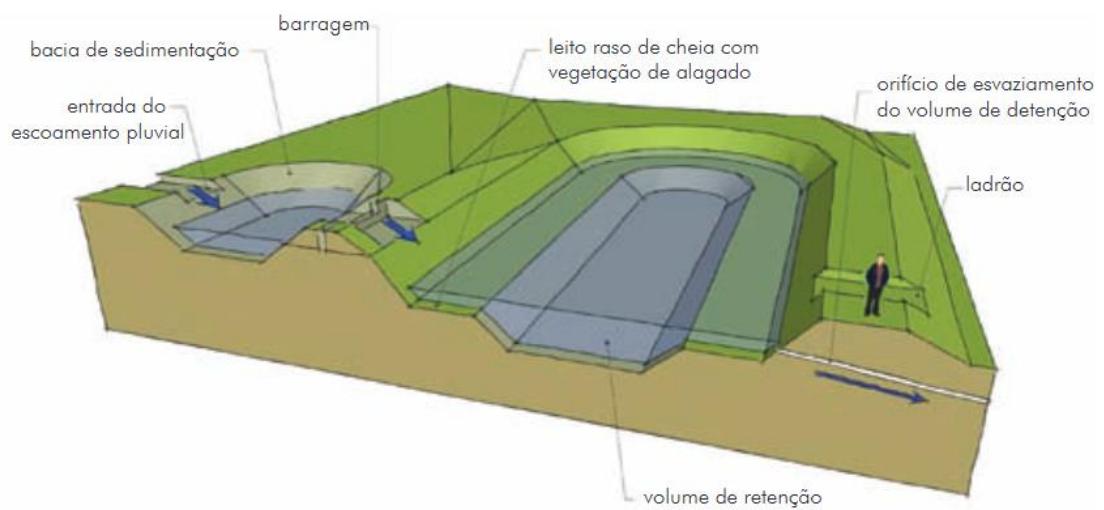
Fonte: Adaptado de Pellegrino, 2008

Figura 5: Teto verde de um prédio em Multnomah County.



Fonte: Adaptado de Pellegrino (2008)

Figura 6: Esquema de uma lagoa pluvial.



Fonte: Adaptado de Pellegrino (2008)

## 2.4 CANTEIROS DE CHUVA: FUNDAMENTOS, COMPONENTES E MULTIFUNCIONALIDADE

Os canteiros de chuva (ou *rain gardens*) são uma das mais versáteis SbN aplicadas à drenagem urbana (Davis, 2008; Melo *et al.*, 2014; EPA, 2021;). São estruturas projetadas para captar, infiltrar e filtrar as águas pluviais de superfícies impermeáveis, replicando processos hidrológicos naturais (Vijayaraghavan *et al.*, 2021; Barros *et al.*, 2024).

### 2.4.1 Definição, Estrutura e Componentes

Um canteiro de chuva consiste em uma depressão superficial vegetada, com solo preparado e camadas filtrantes (Dietz; Clausen, 2006; Melo, 2011). A água é direcionada ao sistema e, ao entrar, sofre processos físicos (sedimentação), químicos (adsorção) e biológicos (absorção por plantas, atividade microbiana) que purificam a água (Li; Davis, 2008; Trowsdale; Simcock, 2011) (Fig. 7).

Figura 7: Esquema de um jardim de chuva.



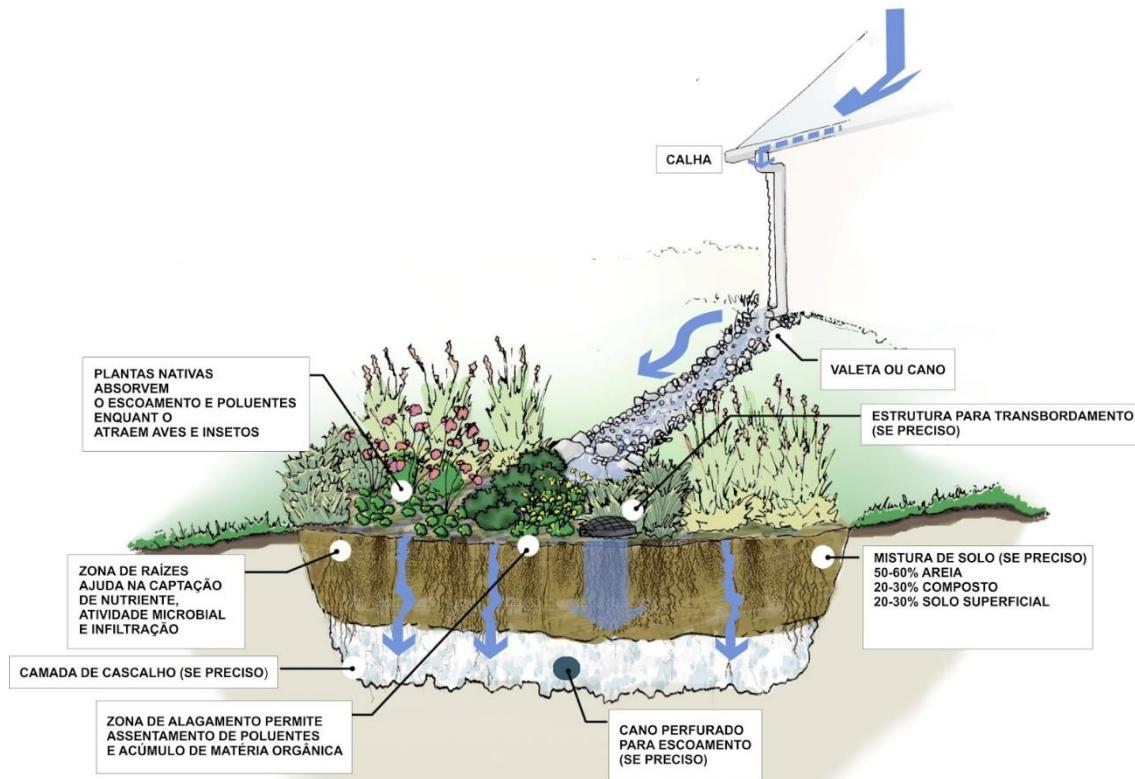
Fonte: Adaptado de Pellegrino (2008).

Estruturalmente, o sistema é composto por camadas funcionais (Soluções Para Cidades, 2013; Silva *et al.*, 2020) (Fig. 8):

- Camada superficial (Vegetação): Formada por espécies adaptadas a períodos alternados de inundação e seca (Teixeira; Silva, 2019).
- Camada de solo filtrante (Substrato): O coração funcional do sistema, responsável por infiltrar e filtrar. Deve equilibrar permeabilidade e retenção de nutrientes (Tennessee Department Of Environment And Conservation, 2015). A literatura recomenda misturas de 50-60% de areia grossa (para drenagem), 20-30% de solo argiloso (para retenção) e 10-20% de composto orgânico (para atividade microbiana) (Melo *et al.*, 2014; CALTRANS, 2021).
- Camada de drenagem: Composta por brita ou pedrisco, garante a percolação rápida (Carvalho *et al.*, 2021).

O dimensionamento envolve a análise da área de contribuição (geralmente o canteiro tem de 5% a 10% da área impermeável) e a intensidade das chuvas (Melo *et al.*, 2014; Silva, 2020).

Figura 8: Corte transversal de um jardim de chuva e suas camadas.



Fonte: Disponível em: <https://genoa-arq.blogspot.com/2015/07/museu-de-arte-parede-sistema-de.html>. (Acessado em: 15/12/2025)

#### 2.4.2 A Seleção da Vegetação

A vegetação é o elemento ecologicamente ativo (Teixeira; Silva, 2019). A seleção de plantas deve seguir critérios internacionais, como: tolerância à variação de umidade (períodos de alagamento e seca), sistema radicular robusto (para favorecer a infiltração) e com baixa exigência de manutenção (Penn State Extension, 2022; Nguyen *et al.*, 2023).

No contexto brasileiro, Pinheiro (2017) identificou 74 espécies para infraestrutura verde, sendo 60 nativas. Para uma aplicação regional em Recife (clima tropical úmido, solos da Zona da Mata), recomenda-se o uso de espécies nativas listadas em estudos como "Plantas para o Futuro - Região Nordeste" (Figura 9: Imagens térmicas captadas por uma câmera termográfica em jardins de chuva).

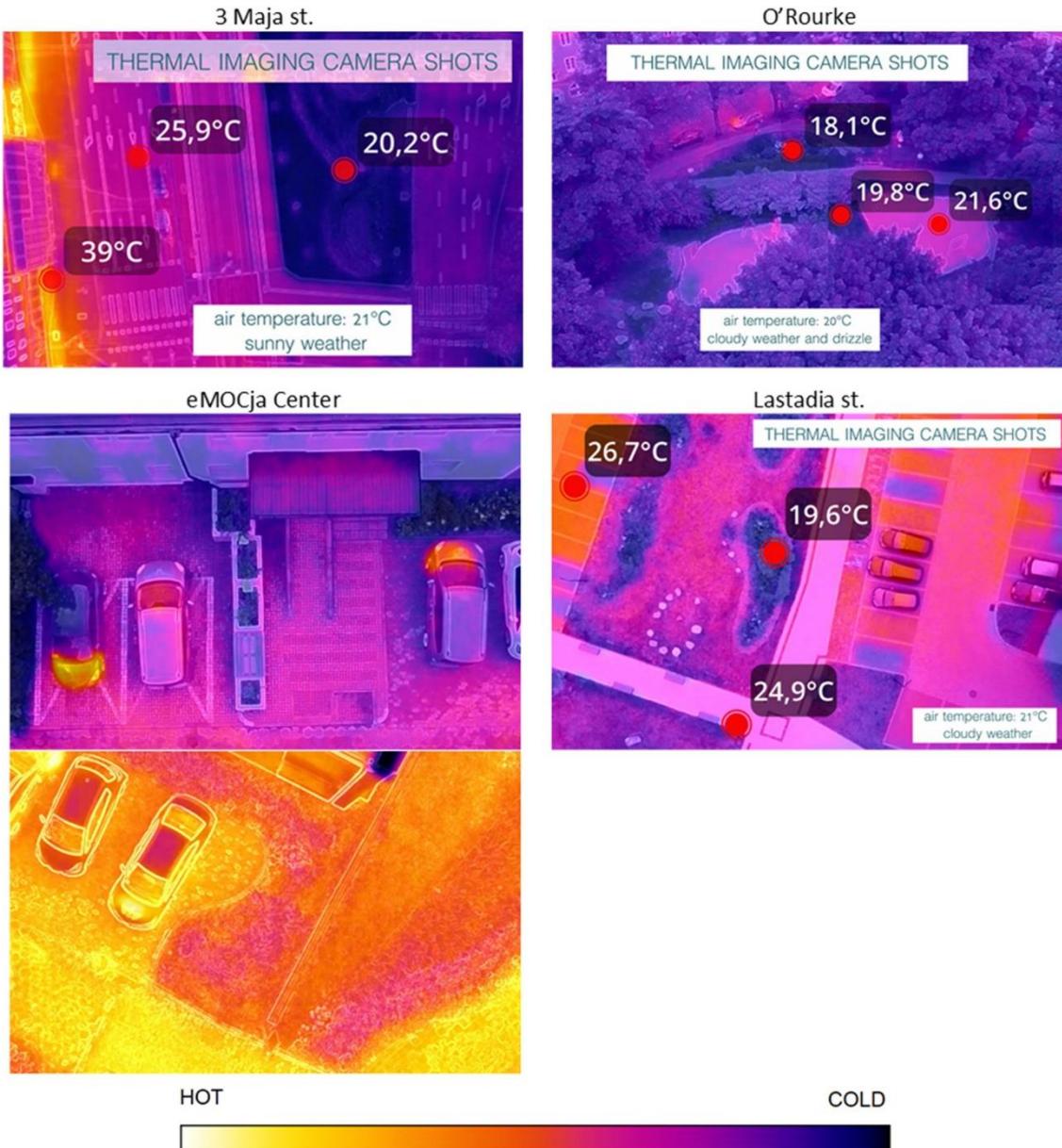
(Brasil, 2018) e Lorenzi (2019), incluindo gramíneas (ex: *Axonopus purpusii*, *Paspalum notatum*), herbáceas (ex: *Costus spiralis*, *Heliconia psittacorum*) e arbustos (ex: *Lantana camara*).

#### 2.4.3 Multifuncionalidade e Serviços Ecossistêmicos

Os canteiros de chuva são, por definição, estruturas multifuncionais que proveem múltiplos serviços ecossistêmicos (Fruehauf *et al.*, 2022; EPA, 2024).

- **Regulação Hídrica:** Atuam como microbacias de infiltração (Melo *et al.*, 2014). Eles captam, armazenam e infiltram a água, reduzindo o volume de escoamento, atenuando picos de vazão e contribuindo para a recarga de aquíferos (Dunnett; Clayden, 2007; EPA, 2024). Estudos de desempenho mostram que fatores como profundidade, condutividade hidráulica da mídia e intensidade da precipitação local influenciam diretamente a eficácia (Shuster *et al.*, 2017; Burszta-Adamiak *et al.*, 2023).
- **Melhoria da Qualidade da Água:** A água pluvial carrega poluentes (patógenos, metais pesados, sedimentos) (EPA, 2024). Ao passar pelos substratos filtrantes, o escoamento é submetido a processos de filtração, adsorção e degradação biológica (Melo *et al.*, 2014). A eficiência na remoção de contaminantes é comprovada (Davis *et al.*, 2009; Trowsdale; Simcock, 2011).
- **Supporte à Biodiversidade e Regulação Climática:** A vegetação desempenha papel central (Teixeira; Silva, 2019). As raízes promovem a aeração e macroporosidade do solo (Dunnett; Clayden, 2007). Os canteiros criam micro-habitats urbanos para polinizadores e aves (Fruehauf *et al.*, 2022; EPA, 2024). Estudos em Fortaleza (CHAVES *et al.*, 2025) e análises de ciência cidadã (Stanford *et al.*, 2024) confirmam que esses espaços atraem ativamente a fauna polinizadora. Além disso, a evapotranspiração promove o resfriamento local, mitigando ilhas de calor. Pesquisas em Gdańsk, Polônia, mediram que os canteiros eram até 20°C mais frios que o asfalto vizinho (Kasprzyk *et al.*, 2022), um benefício crucial para cidades quentes como Recife. (Fig. 9).

Figura 9: Imagens térmicas captadas por uma câmera termográfica em jardins de chuva.



Fonte: Adaptado de Kazprzyk *et al.* (2022).

- **Benefícios Sociais e Econômicos:** Os canteiros de chuva restabelecem a relação sensorial e educativa da população com os processos naturais (Fernandes; Higuchi, 2017). A melhoria estética e a redução do estresse são benefícios psicológicos comprovados (Wang *et al.*, 2024; EPA, 2025). Economicamente, o custo de implantação costuma ser menor que o da infraestrutura cinza (Melo *et al.*, 2014), além de gerar valorização imobiliária (estudos indicam de 1% a 11%) e reduzir custos públicos com reparos de enchentes (CNLA, 2025; EPA, 2025).

### 3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos propostos e responder à pergunta de pesquisa, o desenho deste Trabalho de Conclusão de Curso foi estruturado em torno de uma pesquisa bibliográfica de caráter integrativo, com abordagem qualitativa. O método foi escolhido por ser o mais adequado para sintetizar um corpo de conhecimento diverso e aplicá-lo a um contexto específico e complexo.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O desenho desta pesquisa foi definido para responder a um desafio prático, configurando-se primeiramente como uma pesquisa aplicada, pois seu objetivo central é gerar conhecimento voltado à solução de um problema concreto e imediato: a mitigação dos alagamentos em Recife-PE através de Soluções Baseadas na Natureza. No que tange aos seus objetivos, o estudo alinha fins exploratórios e descritivos; é exploratório ao investigar a aplicação de canteiros de chuva em Recife, um tema ainda incipiente na região, e descritivo ao identificar e detalhar os serviços ecossistêmicos e as características funcionais dessas estruturas. Por fim, adota-se uma abordagem qualitativa, já que o foco não reside em mensurações estatísticas, mas sim na análise, interpretação e síntese de conteúdo proveniente de diversas fontes documentais, buscando compreender a complexidade do tema em profundidade.

#### 3.2 PROCEDIMENTOS TÉCNICOS: A REVISÃO INTEGRATIVA

O coração metodológico deste TCC é a Revisão Integrativa de Literatura, método selecionado por sua capacidade de sintetizar múltiplos materiais (teóricos, empíricos e técnicos) e aplicar essas conclusões ao contexto de Recife-PE. A "coleta de dados" consistiu em um profundo levantamento bibliográfico e documental, com fontes estrategicamente diversificadas para garantir uma visão holística. A fundamentação teórica e as evidências de desempenho empírico foram extraídas de Bases de Dados Científicas (como Google Scholar, Scielo, ScienceDirect, PubMed, ResearchGate e Periódicos

CAPES). Para acessar pesquisas aprofundadas e, fundamentalmente, o contexto local, foram consultados Repositórios de Teses e Dissertações (BDTD e repositórios da UFPE). A compreensão da aplicação prática e o diagnóstico do problema foram obtidos na Literatura Cinzenta, que inclui relatórios técnicos e manuais de organizações governamentais (Prefeitura do Recife, IPT) e não-governamentais (IPCC, ICLEI, WRI Brasil). Finalmente, Artigos de Imprensa (Brasil de Fato, G1 Globo) foram utilizados para contextualizar a percepção pública e o impacto de eventos extremos recentes. Para capturar a amplitude do tema, foram combinados termos de busca (em português e inglês), incluindo "canteiros de chuva" ("*rain gardens*"), "Soluções Baseadas na Natureza" ("*Nature-Based Solutions*"), "serviços ecossistêmicos" ("*Ecosystem Services*"), "infraestrutura verde" ("*Green Infrastructure*"), "drenagem urbana" ("*Urban Drainage*"), "alagamentos Recife" e "biorretenção" ("*Bioretention*").

### 3.3 ETAPAS DA PESQUISA: UM DESENHO DE "FUNIL"

Para organizar a análise e construir o argumento de forma lógica, a pesquisa foi estruturada em três etapas principais, seguindo um desenho de "funil" que parte do geral para o específico, e do teórico para o aplicado. A Etapa 1, o Levantamento Conceitual (O Quê?), formou a base larga do funil, focada em construir o alicerce teórico do estudo, analisando os conceitos centrais de Serviços Ecossistêmicos (Cap. 2.1), Soluções Baseadas na Natureza (Cap. 2.2), Infraestrutura Verde (Cap. 2.3) e Canteiros de Chuva (Cap. 2.4). Em seguida, a Etapa 2, a Revisão de Experiências (Onde Funciona?), compôs o meio do funil, buscando validar os conceitos através de "estudos de caso" e "experiências práticas" em nível internacional e nacional. Por fim, a Etapa 3, a Análise Contextual e Aplicada (E no Recife?), representou a ponta do funil e o objetivo principal. Nela, foram levantados dados específicos sobre a vulnerabilidade de Recife, seu plano de drenagem e as iniciativas locais. O objetivo final foi fazer a síntese crítica: cruzar os problemas locais (Etapa 3) com as soluções válidas (Etapas 1 e 2), para então avaliar a pertinência e apontar as potencialidades e limitações da aplicação em Recife.

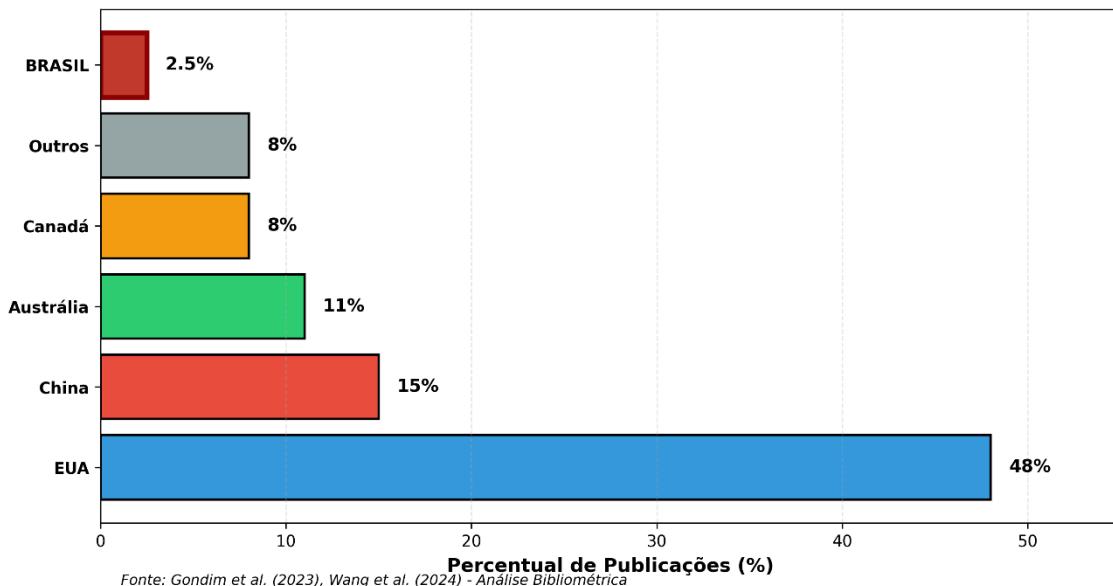
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PANORAMA GLOBAL DA PESQUISA SOBRE CANTEIROS DE CHUVA: ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Antes de analisar as experiências práticas de implementação, é fundamental compreender o panorama global da produção científica sobre jardins de chuva (*rain gardens*). Esse mapeamento revela não apenas onde a técnica é mais estudada, mas também onde existem lacunas críticas de conhecimento — lacunas que impactam diretamente a capacidade de países tropicais como o Brasil de implementar essas soluções com base em evidências locais.

Uma revisão sistemática recente de 73 artigos científicos (publicados entre 2011 e 2022) expõe um panorama claro (Gondim; Ohnuma Jr.; Obraczka, 2023; Wang *et al.*, 2024). A distribuição geográfica das publicações revela uma concentração extrema em países de clima temperado: os Estados Unidos lideram com 48% dos estudos, seguidos pela China (15%), Austrália (11%) e Canadá (8%) (Gondim; Ohnuma Jr.; Obraczka, 2023). Notavelmente, esses quatro países dominam 82% da literatura global sobre o tema na última década (Fig. 10).

Figura 10: Distribuição Geográfica de Pesquisas sobre jardins de chuva.



Fonte: Próprio autor.

Neste cenário, o dado mais relevante para esta pesquisa é o fato de o Brasil aparecer com apenas 2-3% das publicações internacionais (Gondim; Ohnuma Jr.; Obraczka, 2023). Isso evidencia uma lacuna crítica de pesquisa local sobre infraestrutura verde adaptada ao contexto tropical brasileiro. A disparidade torna-se ainda mais crítica quando consideramos que países tropicais enfrentam desafios hidrológicos distintos — como chuvas intensas concentradas e evapotranspiração elevada — que diferem substancialmente das condições temperadas onde a maioria da pesquisa foi conduzida.

A análise temática aprofunda essa lacuna. Enquanto o foco da pesquisa global tem sido predominantemente técnico — com "Controle de poluição" (30%) sendo o tema mais pesquisado, seguido por "Aspectos construtivos e operacionais" (26%) e "Capacidade de retenção de água" (18%) — os "Fatores socioambientais" (12%) permanecem visivelmente menos investigados (Wang et al., 2024). Essa distribuição indica que, embora os aspectos técnicos recebam ênfase (74% dos estudos combinados), a aceitação pública e os desafios sociais, críticos para Recife, representam uma lacuna global (Wang et al., 2024).

Embora a produção científica sobre o tema tenha crescido consistentemente, com um pico entre 2018 e 2022 (Fang et al., 2024; Wang et

*al.*, 2024), as lacunas identificadas são cruciais. A literatura aponta uma escassez de pesquisa sobre espécies vegetais adequadas para regiões tropicais e subtropicais, limitando a capacidade de design baseado em evidências no Nordeste brasileiro (Chen *et al.*, 2025). Além disso, a degradação funcional e estética em uso de longo prazo permanece pouco explorada em ambientes tropicais (Altoaimi *et al.*, 2025).

Esse panorama bibliométrico contextualiza a importância fundamental das experiências brasileiras e, especialmente, do estudo piloto realizado em Recife pela UFPE (Melo *et al.*, 2014), que representa uma das raras validações técnicas de *rain gardens* em clima tropical úmido, contribuindo para preencher a lacuna de conhecimento identificada globalmente.

## 4.2 PANORAMA DE APLICAÇÕES: EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS E NACIONAIS

Com base no panorama bibliométrico estabelecido, passamos agora à análise das experiências práticas de implementação. A técnica dos canteiros de chuva consolidou-se internacionalmente, com aplicações na América do Norte, Europa e Ásia (Sustainable Technologies Evaluation Program, 2014; Ahmed *et al.*, 2024; Iahr, 2024).

### 4.2.1 Experiências Norte-Americanas

Nos Estados Unidos, onde a técnica é madura, os resultados são robustos. Estudos de longo prazo em Minneapolis e St. Paul registraram que 98,2% dos jardins drenavam completamente em 48 horas e 87,5% dos moradores relataram redução real nos problemas de escoamento em suas propriedades (Frontiers, 2023). Avaliações em larga escala confirmam isso, com retenção média de 66% do volume de escoamento e redução de picos de vazão em até 81% (Sustainable Technologies Evaluation Program, 2014), além de remoção superior a 90% de sedimentos e metais pesados (Davis *et al.*, 2009).

Mais importante que o desempenho técnico, porém, é o modelo de gestão: o sucesso norte-americano está ligado a programas públicos de capacitação para moradores, incentivos financeiros e a integração dos jardins em redes maiores de infraestrutura verde (Frontiers, 2023), provando que a efetividade se potencializa quando inserida em estratégias municipais integradas (Andersson *et al.*, 2014).

Figura 11: Vista da rua Siskiyou em Portland, Oregon, com seus jardins de chuva.



Fonte: Adaptado de Pellegrino (2008)

Figura 12: Jardim de chuva da Biblioteca Maple Valley, Maple Valley, Washington.



Fonte: Adaptado de Pellegrino (2008)

#### 4.2.2 Experiências Europeias

Na Europa, o conceito evoluiu sob a sigla SuDS (*Sustainable Urban Drainage Systems*) (Fletcher *et al.*, 2015). As experiências lá demonstram alta capacidade de integração, como na Itália, com foco em espaços públicos (Bortolini; Semenzato, 2010), e na Grécia, onde provou-se viável incorporar *rain gardens* até em sistemas de esgoto antigos (*retrofitting*) (Basdeki *et al.*, 2016). A descoberta mais interessante dos estudos europeus foi que a combinação de canteiros com pavimentos permeáveis e *wetlands* multiplica os benefícios (SUSDRAIN, 2024).

Além da água, os benefícios térmicos são notáveis: estudos na Polônia registraram que os canteiros eram até 20°C mais frios que o asfalto vizinho (Kasprzyk *et al.*, 2022). Para uma cidade como Recife, onde ilhas de calor

elevam as temperaturas em 3-7°C (Santos *et al.*, 2022), essa capacidade de termorregulação é um benefício adicional significativo.

#### **4.2.3 Experiências Asiáticas**

Na Ásia, as pesquisas são particularmente relevantes por estarem focadas em condições tropicais similares às do Brasil. Estudos demonstraram redução de escoamento de 14% e de poluentes entre 14-20% em ambientes de alta pluviosidade (Ahmed *et al.*, 2024). Embora os valores sejam mais modestos que os de climas temperados, eles fornecem uma linha de base realista. Além disso, pesquisas em Taiwan e Singapura desenvolveram metodologias valiosas para a seleção de plantas nativas tropicais baseadas na tolerância ao estresse hídrico (Chen *et al.*, 2025), uma ferramenta diretamente aplicável ao Nordeste brasileiro.

#### **4.2.4 Experiências em Países da América Latina**

A análise das experiências internacionais torna-se ainda mais relevante quando direcionada para contextos latino-americanos, que compartilham com Recife características climáticas similares (chuvas intensas e concentradas), vulnerabilidades socioambientais comparáveis e desafios infraestruturais análogos. Enquanto a literatura sobre infraestrutura verde é significativamente menor na América Latina em comparação com América do Norte e Europa, as experiências emergentes fornecem lições valiosas sobre implementação em contextos de recursos limitados.

Um exemplo emblemático é o caso de Santiago, Chile, onde o corredor ribeirinho do rio Mapocho foi objeto de um estudo abrangente sobre infraestrutura verde urbana (Vásquez, 2016). O projeto investigou como a combinação de áreas verdes, sistemas de filtração e retenção de água poderia servir simultaneamente como ferramenta de drenagem urbana e de requalificação de espaços degradados. Os resultados indicaram que a infraestrutura verde urbana, quando bem planejada, contribui de forma

significativa para: (i) redução de velocidade de escoamento em eventos pluviais; (ii) requalificação de áreas ociosas; (iii) melhoria da conectividade ecológica; e (iv) aumento da coesão comunitária através da apropriação de espaços públicos (Vásquez, 2016).

Ainda que Santiago apresente características climáticas distintas de Recife (semiárido em comparação com tropical úmido), o estudo de caso é altamente relevante porque aborda soluções de multifuncionalidade em contexto de cidade consolidada, densamente urbanizada e com recursos financeiros limitados para reconstrução radical de infraestrutura. A lição fundamental é que os canteiros de chuva e sistemas similares de infraestrutura verde podem ser integrados gradualmente ao planejamento urbano existente, funcionando simultânea e sinergicamente como sistemas de drenagem e como catalisadores de transformação urbana que requalificam espaços públicos e fortalecem a relação comunitária com o ambiente.

A relevância do caso latino-americano para Recife reside no fato de que cidades tropicais e subtropicais do continente enfrentam desafios similares: precipitação intensa e concentrada, urbanização desordenada, fragmentação institucional e necessidade de soluções inovadoras com orçamento limitado. As experiências neste contexto demonstram que a implementação de infraestrutura verde é viável e pode gerar múltiplos benefícios quando apropriadamente desenhada e gerenciada.

#### **4.2.5 Experiências Brasileiras**

No Brasil, o cenário ainda é de experimentação, como reflete a baixa produção científica (2-3% do total global) (Gondim; Ohnuma Jr.; Obraczka, 2023). Experiências pontuais em Cascavel (PR) e São Paulo (SP) confirmaram que a técnica funciona em clima tropical úmido (Silva *et al.*, 2020; FAG, 2025; Fluxus, 2025).

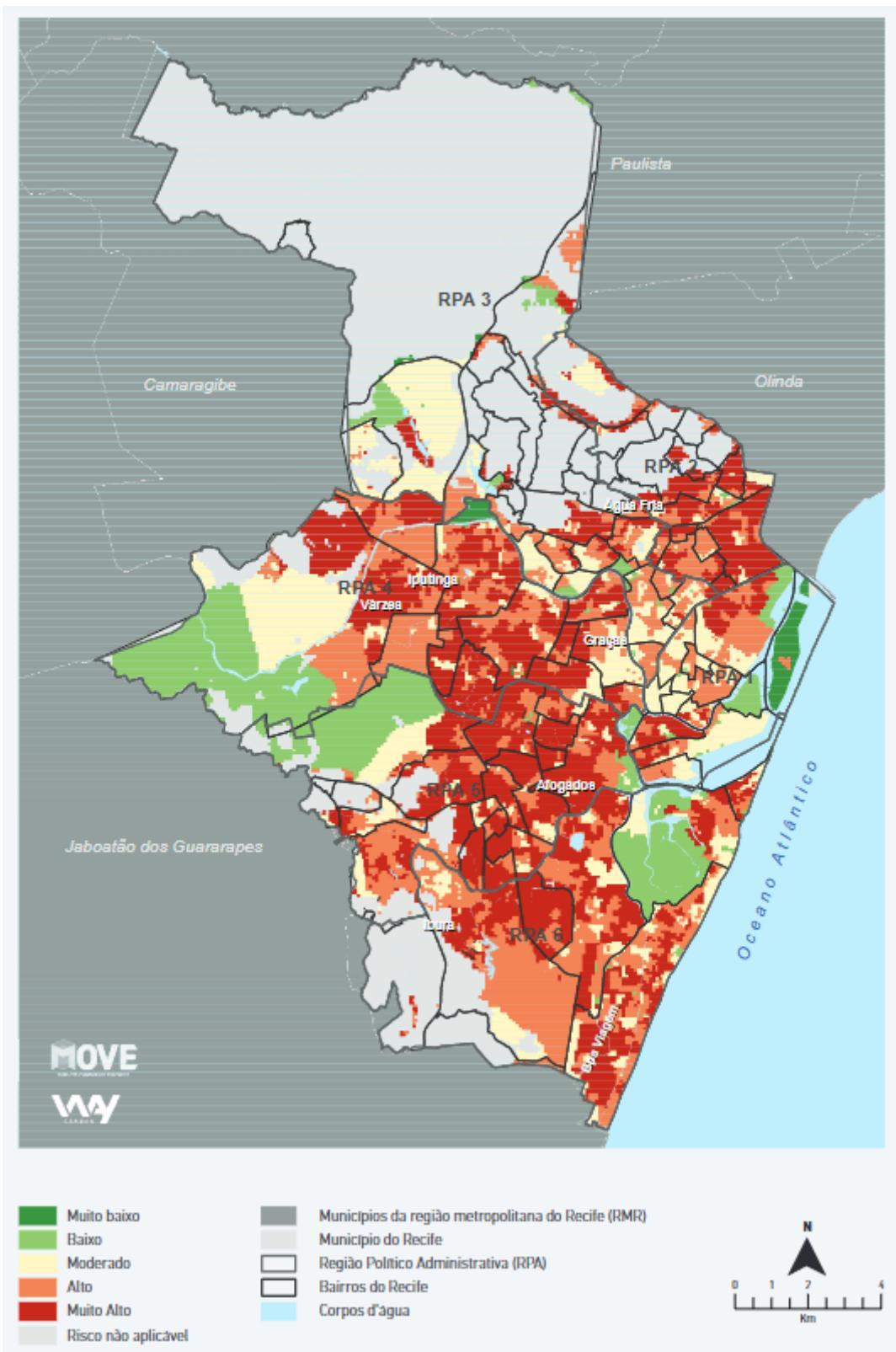
Contudo, os estudos nacionais são unâimes em um ponto: não basta importar a técnica. O sucesso no Brasil depende de superar entraves

institucionais crônicos, como a ausência de estratégias integradas, a notória falta de protocolos formais de manutenção de longo prazo e a descontinuidade de políticas públicas associada a ciclos políticos (Prefeitura Do Recife, 2017; Fluxus, 2025). Ainda assim, quando bem projetados, os canteiros de chuva brasileiros apresentam desempenho de redução de picos de vazão e retenção de poluentes comparáveis aos internacionais (Ferreira, 2017; Silva *et al.*, 2020).

#### 4.3 ANÁLISE DE PERTINÊNCIA: O CONTEXTO CRÍTICO DE RECIFE-PE

A discussão converge, então, para o contexto de Recife, uma das cidades mais vulneráveis a alagamentos no Brasil (CEMADEN, 2023; Barros Lima *et al.*, 2025). A geografia da cidade — uma planície costeira cortada por rios e mangues — é um desafio por si só, com 44% do território apresentando risco alto de inundação (G1 Globo, 2024) (Fig. 13). Essa vulnerabilidade é agravada por uma infraestrutura de drenagem cinza historicamente insuficiente: o Plano Diretor (2017) diagnosticou 99 canais e mais de 1.500 km de galerias, muitos subdimensionados, cuja modernização custaria cerca de R\$ 1 bilhão (Recife, 2017).

Figura 13: Mapa de Recife com áreas de risco de inundações. Fonte: Adaptado de Recife: Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade (2019).



Fonte: Disponível em:

[https://www2.recife.pe.gov.br/sites/default/files/sumario\\_clima\\_recife\\_portugues.pdf](https://www2.recife.pe.gov.br/sites/default/files/sumario_clima_recife_portugues.pdf). Acesso em: 15/12/2025.

A insuficiência da infraestrutura cinza não é apenas uma questão quantitativa de capacidade de condução; é também uma questão qualitativa do estado de deterioração e contaminação dos sistemas existentes. Os 99 canais e mais de 1.500 km de galerias mapeados pelo Plano Diretor de Drenagem (Recife, 2017) não funcionam apenas como sistemas subdimensionados; muitos deles, particularmente os canais a céu aberto que cortam bairros vulneráveis, convertiram-se em depósitos de resíduos de obra, esgoto doméstico não tratado e sedimentos altamente contaminados por metais pesados.

O rio Capibaribe, um dos principais eixos fluviais de Recife, exemplifica dramaticamente esse cenário de degradação ambiental. Uma revisão recente sobre a evolução da contaminação de sedimentos em sua área estuarina identificou a presença de múltiplos metais pesados em concentrações que excedem os limites de segurança estabelecidos por agências ambientais internacionais, incluindo prata (Ag), cobre (Cu), chumbo (Pb) e zinco (Zn) (Araújo Júnior; Pereira, 2021). Estes metais não provêm da dinâmica hidrológica natural; são resultado direto da descarga contínua de esgotos domésticos e comerciais não adequadamente tratados. Particularmente, estudos que avaliaram a carga orgânica em trechos do Capibaribe revelaram que a poluição por esgotos domésticos originários de municípios como Paudalho, São Lourenço da Mata e Camaragibe contribui significativamente para a contaminação do rio (Pereira et al., 2019). A lixiviação de resíduos de construção civil depositados irregularmente e as contribuições difusas de poluentes urbanos originários de áreas impermeabilizadas também representam fontes importantes de contaminação (Araújo Júnior; Pereira, 2021).

A contaminação de sedimentos é particularmente pronunciada nas áreas próximas ao centro urbano de Recife, onde a impermeabilização é mais intensa e os canais historicamente negligenciados (Araújo Júnior; Pereira, 2021). Isso significa que a população que vive no entorno desses canais não sofre apenas o risco imediato de alagamentos durante eventos pluviais; sofre a exposição contínua e crônica à contaminação ambiental. A água que escoa desses canais

durante eventos pluviais não é água "limpa" que simplesmente volta ao aquífero local: é um fluxo de poluentes que recarrega o ambiente, contaminando águas subterrâneas, solos, organismos aquáticos e, potencialmente, a cadeia alimentar humana.

Esse cenário transforma fundamentalmente a natureza do problema de drenagem em Recife. O desafio não é apenas "reter água", mas "remediação ambiental". Nesse contexto crítico, os canteiros de chuva ganham relevância exponencial. Não funcionam unicamente como ferramentas para reter volume de água em eventos extremos; funcionam simultaneamente como ferramentas para capturar, filtrar e remediar, pelo menos localmente, a poluição que permeia o sistema hídrico recifense. A capacidade comprovada de remoção de poluentes de um canteiro de chuva (como documentado em estudos nacionais e internacionais) significa que cada canteiro implementado não apenas reduz a pressão hidráulica sobre um canal sobrecarregado, mas também contribuiativamente para melhorar a qualidade da água que finalmente retorna aos aquíferos e aos ambientes aquáticos urbanos, ajudando a quebrar um ciclo perverso de contaminação que afeta desproporcionalmente as populações mais vulneráveis da cidade.

Os eventos de maio de 2022, que resultaram em 130 mortes e 130 mil pessoas afetadas após 551 mm de chuva, são um lembrete trágico dessa realidade (CEMADEN, 2023; Marengo *et al.*, 2023) (Fig. 14). Crucialmente, essa é uma vulnerabilidade marcada pela desigualdade socioambiental, onde os impactos são desproporcionais nas periferias (Brasil De Fato, 2024; Lima *et al.*, 2025). É nesse contexto de urgência, alto risco e recursos limitados que as Soluções Baseadas na Natureza surgem como uma alternativa estratégica (Melo *et al.*, 2014; WRI Brasil, 2024).

Figura 14: Chuvas na Grande Recife que deixaram 130 mortos.



Fonte: Disponível em:

<https://www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2022/05/chuvas-na-grande-recife-que-ja-deixaram-91-mortos.html>. Acesso em: 15/12/2025.

#### 4.3.1 Iniciativas Existentes e Reconhecimento Institucional

O reconhecimento institucional dessa pertinência já é uma realidade em Recife. Iniciativas como os Jardins Filtrantes do Parque do Caiara (Fig. 15) (Archdaily Brasil, 2023; Recife, 2023) e, de forma mais robusta, o recente convênio de R\$ 2,5 milhões para implementar SbN no bairro de Cajueiro (Brasil, 2025; Jamildo, 2025), sinalizam uma mudança. O projeto de Cajueiro é particularmente relevante por incluir a participação direta da comunidade e a formação de jovens e mulheres para a manutenção das estruturas (Brasil, 2025; Ministério Do Meio Ambiente, 2025), demonstrando um compromisso com a equidade socioambiental ao levar infraestrutura verde para uma área periférica e vulnerável.

Figura 15: Jardins Filtrantes do Parque do Caiara.



Fonte: Hélia Scheppa/PCR. Disponível em:  
<https://www2.recife.pe.gov.br/noticias/31/03/2023/prefeitura-do-recife-inaugura-jardins-filtrantes-no-parque-do-caiara>. Acesso em: 15/12/2025

#### 4.3.2 Validação Técnica Local: O Estudo Seminal da UFPE

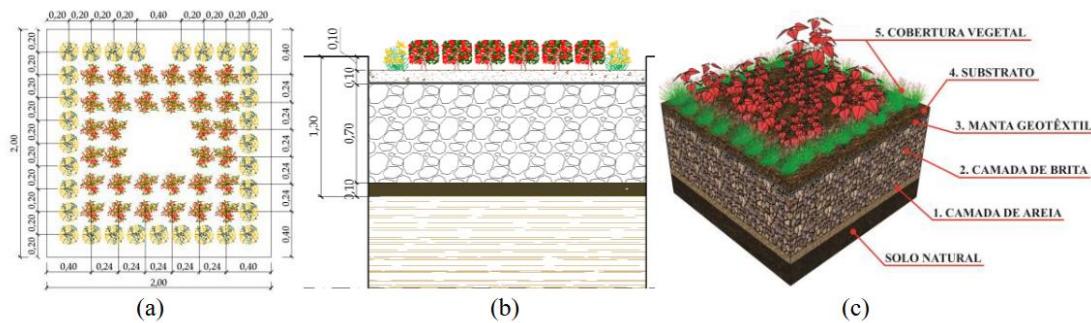
A base para essa confiança institucional vem, em grande parte, da validação técnica local provida por um estudo seminal da UFPE (Melo *et al.*, 2014), que preenche a lacuna bibliométrica tropical mencionada. O experimento, monitorando um canteiro piloto de 4 m<sup>2</sup> drenando um telhado de 74,80 m<sup>2</sup> (Fig. 16), produziu resultados espetaculares em três dimensões críticas (Fig. 17).

Figura 16: Conjunto para captação das águas superficiais do telhado para o jardim de chuva piloto da UFPE.



Fonte: Adaptado de Melo *et al.* (2014).

Figura 17: Dimensões adotadas no jardim de chuva piloto apresentadas em planta baixa (a) e em perfil (b), e uma vista tridimensional da estrutura (c).

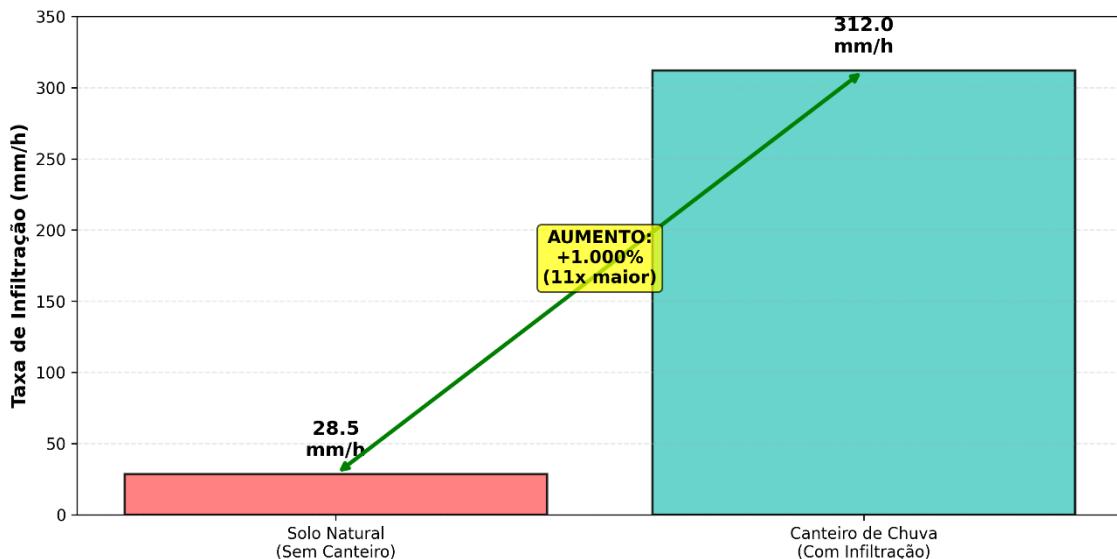


Fonte: Adaptado de Melo *et al.* (2014).

Hidrologicamente, a taxa de infiltração do canteiro atingiu 312,0 mm/h, um aumento de 1.000% comparado aos 28,49 mm/h do solo natural local (Melo *et al.*, 2014) (Fig. 18). Isso refuta a percepção de que os solos franco-arenosos de Recife são inadequados. O sistema também provou seu dimensionamento ao armazenar 603,12 litros em um evento de chuva real sem nenhum extravasamento (Melo *et al.*, 2014) (Fig. 19). Economicamente, o custo de R\$ 301,55/m<sup>3</sup> (valores de 2011) se mostrou inferior aos padrões americanos,

confirmando a viabilidade financeira (Melo *et al.*, 2014). Climaticamente, o estudo reforça que o regime de chuvas de Recife (2.254 mm anuais) é, na verdade, um cenário ideal para a operação desses sistemas (Melo *et al.*, 2014).

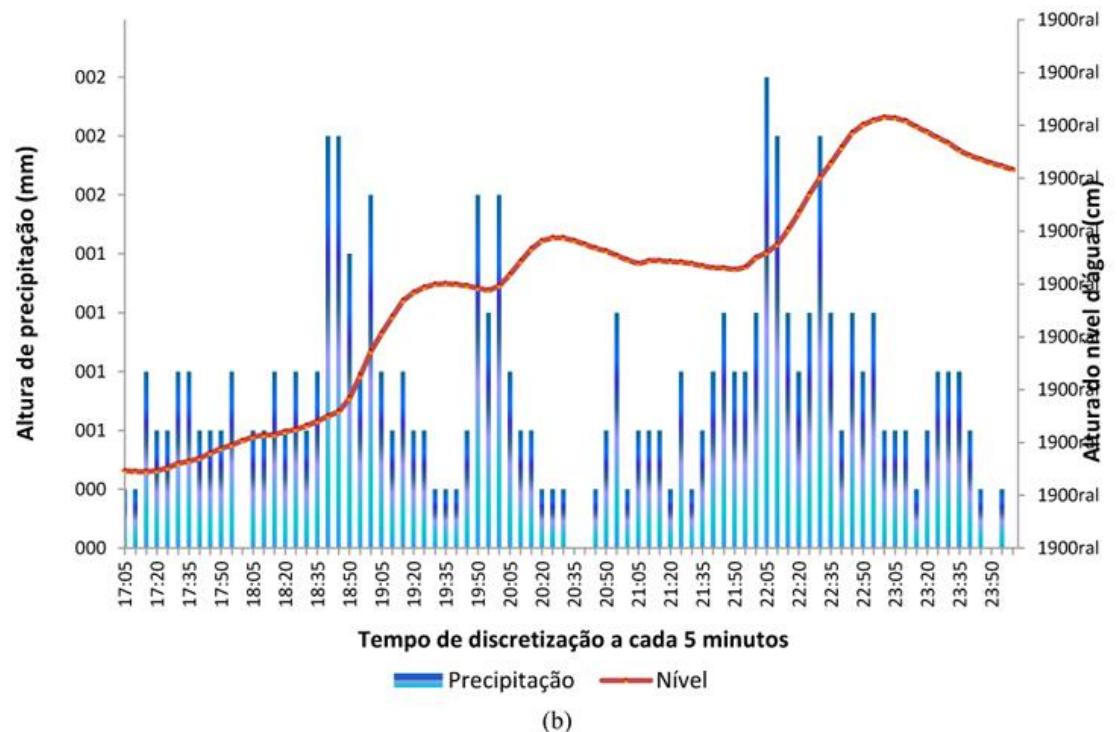
Figura 18: Taxa de infiltração da água no solo natural vs no canteiro de chuva.



Fonte: Melo *et al.* (2014) - Estudo de Infiltração em Recife, PE

Fonte: Próprio autor

Figura 19: Gráfico comparando a altura de precipitação com a altura da água dentro do sistema.



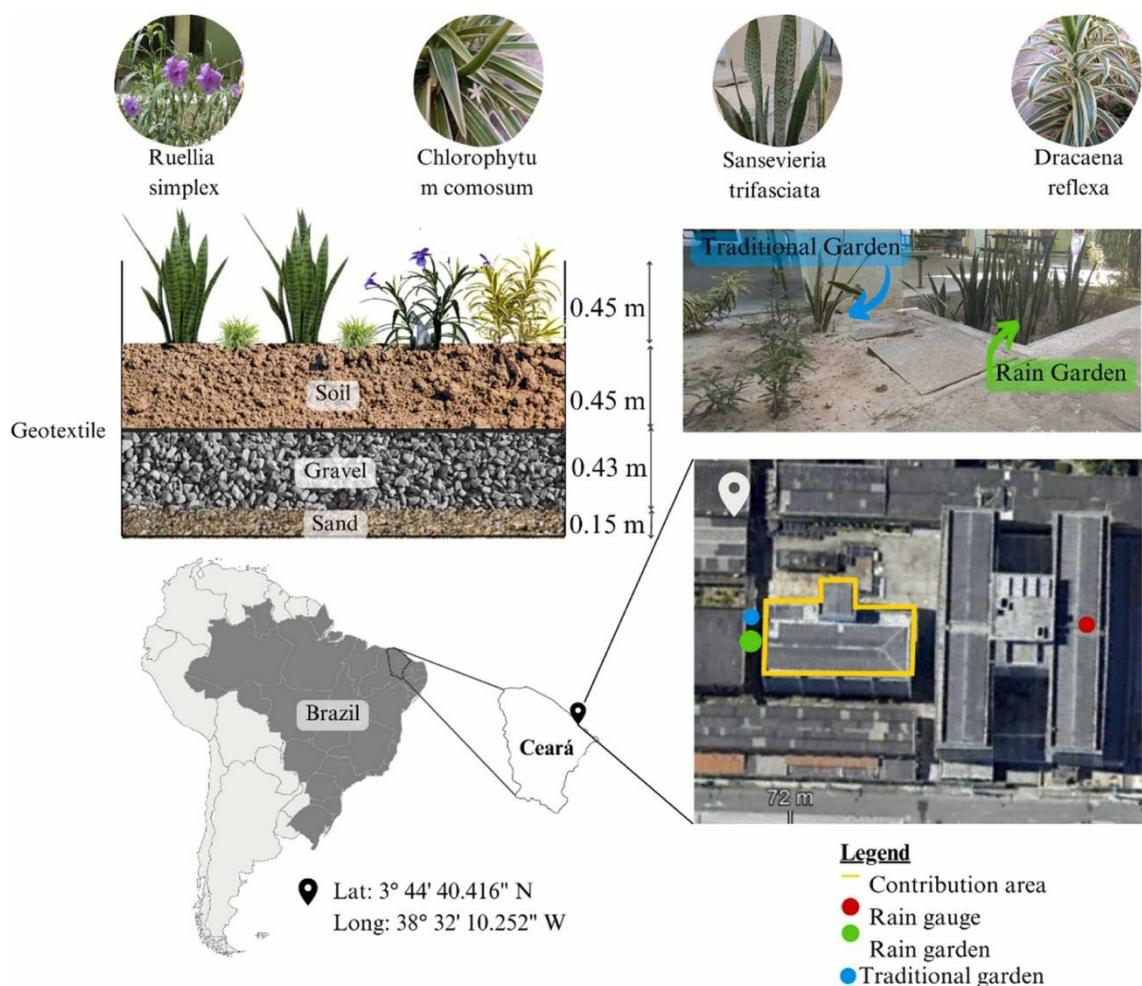
(b)

Fonte: Adaptado de Melo *et al.* (2014)

### 4.3.3 Transferibilidade de Conhecimento Regional

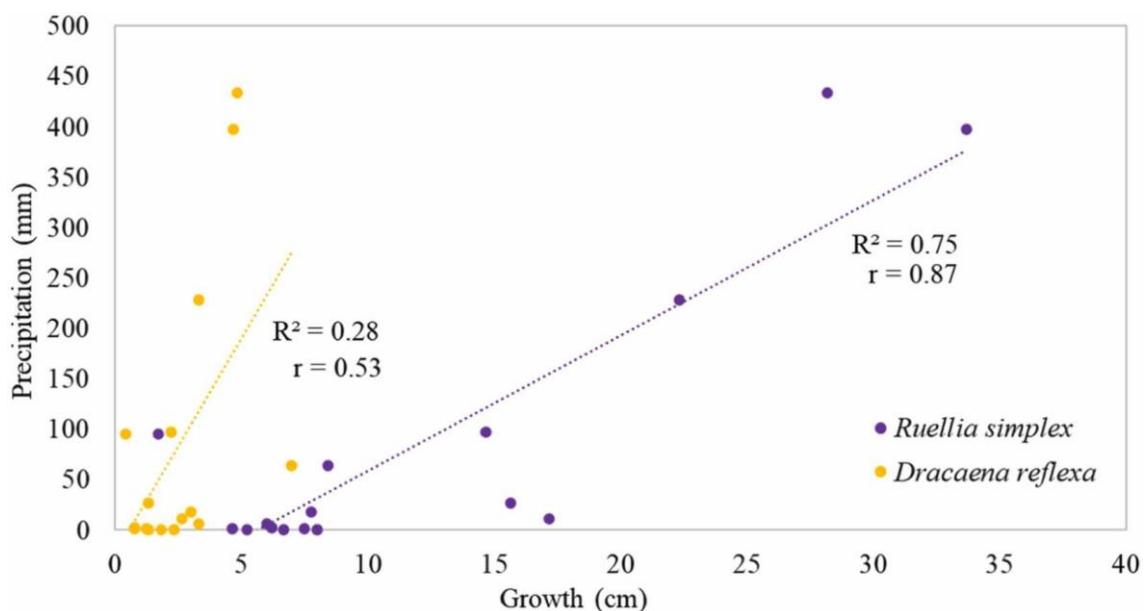
Para além da validação local, a incerteza técnica é ainda mais reduzida pela transferibilidade de conhecimento de contextos análogos. Um estudo em Fortaleza-CE (cidade de clima similar, Aw') (Fig. 20) demonstrou a alta adaptabilidade de espécies como a *Ruellia simplex*, que apresentou forte correlação entre precipitação e crescimento ( $r = 0,86$ ;  $R^2 = 0,75$ ) (Chaves *et al.*, 2025) (Fig. 21). Isso confirma que plantas nativas do Nordeste estão aptas a tolerar os ciclos de inundação e seca, permitindo que Recife se beneficie de validações já realizadas na região (Fig. 22).

Figura 20: Área de estudo e estrutura em camadas do jardim de chuva em Fortaleza, CE.



Fonte: Adaptado de Chaves *et al.* (2025)

Figura 21: Gráfico de correlação entre o crescimento das espécies *Ruellia simplex* e *Dracaena reflexa* e a precipitação.



Fonte: Adaptado de Chaves *et al.* (2025)

Figura 22: Jardim de chuva com plantas adaptadas ao clima tropical.



Fonte: Adaptado de Chaves *et al.* (2025)

#### 4.4 SÍNTSE DA DISCUSSÃO: POTENCIALIDADES E LIMITAÇÕES PARA RECIFE

A análise integrada da fundamentação teórica, do panorama global e das experiências práticas, aplicada ao diagnóstico de Recife, revela um quadro claro de potencialidades e desafios que determinarão o sucesso da implementação de canteiros de chuva na cidade.

##### 4.4.1 Potencialidades Estratégicas

As potencialidades estratégicas para Recife são robustas. A principal é a validação técnica local (Melo *et al.*, 2014), que comprova a eficácia hidrológica (aumento de 1.000% na infiltração) e o custo competitivo (R\$ 301,55/m<sup>3</sup>) no solo recifense. Soma-se a isso a adequação climática, já que o regime de chuvas intensas da cidade é um cenário ideal para a operação desses sistemas (Melo *et al.*, 2014). Os benefícios ecossistêmicos múltiplos são igualmente vitais, incluindo a mitigação de ilhas de calor (redução de 7-20°C) (Kasprzyk *et al.*, 2022) (Fig. 13), o fomento à biodiversidade urbana (Reis; Ilha, 2014; Rippy *et al.*, 2021) e a melhoria da qualidade da água (remoção de 29-91% de sólidos suspensos) (Melo *et al.*, 2014). O reconhecimento institucional, materializado nos investimentos em Cajueiro (R\$ 2,5 milhões) e nos Jardins Filtrantes (Recife, 2023; Brasil, 2025), cria um ambiente favorável para a expansão. Por fim, a flexibilidade de escala permite uma abordagem gradual, da microescala à macroescala (Fletcher *et al.*, 2015).

##### 4.4.2 Limitações e Desafios Críticos

No entanto, a implementação enfrenta limitações e desafios críticos que não são técnicos, mas predominantemente de gestão. O maior deles é a governança fragmentada e a manutenção. A divisão de responsabilidades entre secretarias (Recife, 2017) e a ausência de protocolos formais de manutenção de longo prazo são gargalos reais, pois, como alertam estudos internacionais, a

manutenção inadequada pode levar à rápida degradação funcional e colmatação do sistema (Altoaimi *et al.*, 2025).

O segundo desafio é a barreira social: o desconhecimento dos benefícios pela população pode gerar resistência ou vandalismo, exigindo investimento contínuo em engajamento comunitário (Bezerra, 2025), como o planejado para Cajueiro (Brasil, 2025). O desafio do engajamento social em infraestrutura verde em contextos urbanos vulneráveis vai além da educação ambiental tradicional ou da disseminação de informações técnicas. Pesquisas em geografia urbana e psicologia ambiental indicam que o sucesso de projetos de transformação urbana depende fundamentalmente de um fator frequentemente negligenciado em planejamento técnico: o desenvolvimento de um "senso de pertencimento" entre os residentes --- uma conexão que transcende o conhecimento factual sobre benefícios técnicos e alcança a dimensão emocional, identitária e de apropriação do espaço (LI, 2024).

O senso de pertencimento refere-se à conexão emocional e cognitiva que um indivíduo ou comunidade desenvolvem com um lugar específico (LI, 2024). Em contextos urbanos vulneráveis como Recife, historicamente marcados por desigualdade, exclusão espacial e falta de investimento público em infraestrutura e espaços públicos de qualidade, muitos moradores vivenciam uma desconexão profunda com seu próprio território. Essa desconexão pode ser descrita como "despertencimento": uma experiência onde os espaços físicos não são vistos como "nossos", mas como espaços de passagem ou de risco (LI, 2024). Os canais contaminados, os bairros alagadiços, a infraestrutura deteriorada e a falta de manutenção transmitem uma mensagem implícita e poderosa: "este lugar não é cuidado pelo poder público; portanto, não vale a pena que eu cuide dele".

Quando canteiros de chuva ou outras intervenções de infraestrutura verde são implementados de forma impositiva, isto é, quando decisões sobre localização, design, manutenção e uso são tomadas exclusivamente por técnicos e gestores públicos, sem participação comunitária autêntica, frequentemente replicam esse padrão histórico de exclusão. A comunidade não vê o projeto como "seu", mas como mais uma intervenção de cima para baixo

que não incorpora suas necessidades, conhecimentos locais, aspirações ou capacidades. O resultado é que o sistema, ainda que tecnicamente bem-sucedido do ponto de vista hidrológico, pode ser subutilizado, vandalizado, negligenciado ou simplesmente ignorado pela população, comprometendo sua sustentabilidade de longo prazo.

Em contraste, quando projetos de infraestrutura verde são co-concebidos com as comunidades, quando a população participa ativamente nas fases de definição de objetivos, localização, design estético, nomenclatura e gestão contínua, ocorre uma transformação profunda nos processos psicossociais. O espaço deixa de ser "instrumento administrativo" para ser "nossa espaço". Esse reconhecimento de propriedade coletiva e de agência comunitária ativa processos psicológicos fundamentais: cuidado, responsabilidade, vigilância comunitária e, crucialmente, construção de identidade coletiva em torno do lugar (LI, 2024). Nesse cenário, o espaço verde deixa de ser uma intervenção imposta e passa a ser um símbolo de recuperação, dignidade e respeito pela comunidade.

Pesquisas em contextos urbanos demonstram que espaços verdes com maior possibilidade de apropriação comunitária e acessibilidade genuína geram não apenas benefícios ecossistêmicos mensuráveis (infiltração, redução de poluentes), mas também benefícios psicossociais significativos: redução de estresse e ansiedade, melhoria da coesão e confiança comunitária, reforço de identidade local positiva e desenvolvimento de reciprocidade social e cuidado mútuo (LI, 2024). Em cidades como Recife, onde a qualidade de vida é frequentemente comprometida tanto pela vulnerabilidade ambiental quanto pela vulnerabilidade social (falta de acesso a serviços, insegurança, desigualdade), esses benefícios psicossociais não representam luxo, mas necessidade fundamental.

O projeto-piloto de Cajueiro, mencionado anteriormente, reconhece essa dimensão psicossocial crítica ao incluir desde suas fases iniciais capacitação de jovens e mulheres locais para participação na manutenção contínua das estruturas de infraestrutura verde. Esse não é um detalhe administrativo ou

componente secundário: é uma intervenção deliberada e sofisticada para transformar "espectadores passivos" em "guardiões ativos" do espaço, criando simultaneamente oportunidades econômicas (emprego), competências técnicas e, fundamentalmente, restauração do senso de pertencimento e agência comunitária.

Da mesma forma, iniciativas de nomeação participativa (permitir que a comunidade nomeie formalmente os canteiros), design colaborativo (comunidade participa do desenho estético e funcional), e gestão comunitária contínua (comunidade participa da manutenção e tomada de decisão) transformam a função técnica (drenagem hidráulica) em função social e psicológica (reconstrução de lugar, identidade e dignidade).

Essa dimensão psicossocial é tão crítica para o sucesso quanto a dimensão técnica de infiltração e filtragem. Para Recife, isso significa que a implementação de canteiros de chuva em larga escala exigirá um investimento de tempo, recursos e criatividade institucional em processos participativos, *co-design* e reconstrução de pertencimento comunitário. Sem essa dimensão, os sistemas funcionarão mecanicamente, como máquinas de drenagem; com ela, se transformarão em catalisadores de resiliência urbana verdadeira, resiliência que é simultaneamente hidrológica, ambiental, social e psicológica.

O terceiro é o desafio da escalabilidade. Passar de pilotos para uma política pública estruturante é complexo, exigindo planejamento integrado ao Plano Diretor (que prevê R\$ 1 bilhão para o sistema cinza) e um compromisso que transcenda os ciclos político-eleitorais (Recife, 2017; Dudrick *et al.*, 2024).

Por fim, existem limitações técnicas intrínsecas: a eficácia depende da escala de aplicação, das condições do solo (Melo *et al.*, 2014), da contaminação prévia da área (Altoaimi *et al.*, 2025) e da intensidade de eventos climáticos extremos que podem exceder a capacidade do projeto (Dudrick *et al.*, 2024).

#### 4.4.3 Síntese Analítica Final

A síntese analítica final, portanto, é clara: os canteiros de chuva representam uma estratégia promissora e tecnicamente viável para Recife (Melo *et al.*, 2014; Chaves *et al.*, 2025), mas sua efetividade em larga escala dependerá fundamentalmente de fatores que transcendem a engenharia.

O sucesso não será determinado apenas pela funcionalidade técnica — amplamente demonstrada (Davis *et al.*, 2009; Sustainable Technologies Evaluation Program, 2014) e válida localmente (Melo *et al.*, 2014) — mas pela capacidade institucional, social e política de sustentar esses sistemas ao longo do tempo. Isso exige um compromisso de longo prazo com a manutenção (Altoaimi *et al.*, 2025), investimento contínuo em engajamento comunitário (Bezerra, 2025), integração sistêmica ao planejamento urbano (Recife, 2017) e capacitação técnica local (Chaves *et al.*, 2025), transformando a experimentação pontual em uma real transformação urbana estrutural.

## 5 CONCLUSÃO

### 5.1 SÍNTESE E RESPOSTA À PERGUNTA DE PESQUISA

Este TCC investigou o papel dos canteiros de chuva na oferta de serviços ecossistêmicos e sua contribuição real para mitigar os alagamentos em Recife-PE. A conclusão central é que os canteiros de chuva são uma contribuição estratégica e multifuncional para o complexo contexto recifense.

Sua força manifesta-se em duas frentes principais. A primeira é a oferta de serviços ecossistêmicos vitais: eles atuam diretamente na regulação hídrica (reduzindo o escoamento, atenuando picos de cheia e ajudando a recarregar aquíferos), melhoram a qualidade da água (filtrando poluentes) e dão suporte à

biodiversidade urbana, gerando ainda benefícios de termorregulação e educação ambiental.

A segunda frente é sua relevância direta para Recife. Além da viabilidade técnica já comprovada por estudos locais, eles se mostram uma solução perfeitamente adequada para uma cidade com vulnerabilidade socio-hidrológica tão crítica. Esse reconhecimento já se traduz em investimentos públicos reais, demonstrando seu potencial para a construção da resiliência climática que a cidade tanto necessita.

Portanto, os canteiros de chuva não são apenas uma teoria: são uma solução tecnicamente validada e contextualmente apropriada para Recife, oferecendo uma abordagem de baixo custo e alta adaptabilidade para enfrentar os desafios dos alagamentos e das mudanças climáticas.

## 5.2 CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS DA PESQUISA

O trabalho partiu de uma revisão robusta da literatura (Capítulo 2), que fundamentou os conceitos de serviços ecossistêmicos, SbN e canteiros de chuva. Em seguida (Capítulo 4), avaliou experiências práticas em três continentes, trazendo-as para a realidade de Recife e confirmando sua pertinência através de validações técnicas locais (UFPE) e projetos-piloto. Por fim, a pesquisa analisou as potencialidades e limitações (seção 4.3), contrapondo os benefícios técnicos e climáticos às barreiras institucionais e sociais que precisam ser superadas.

## 5.3 CONTRIBUIÇÕES E LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A principal contribuição deste TCC é sintetizar um conhecimento ainda fragmentado sobre infraestrutura verde e aplicá-lo diretamente a um contexto urbano tropical e vulnerável. O trabalho ajuda a preencher uma lacuna relevante — onde o Brasil respondia por uma fração mínima da literatura global sobre o tema — fornecendo subsídios baseados em evidências para os gestores

públicos de Recife. Mais do que teoria, oferece recomendações para que a experimentação isolada se transforme em uma política urbana estruturante.

Como toda pesquisa, este estudo tem suas limitações. Sendo uma revisão bibliográfica, sua análise se baseia em dados secundários. O trabalho não realizou monitoramento empírico próprio ou modelagem hidrológica em Recife. As conclusões sobre o desempenho dos canteiros de chuva devem ser entendidas como um prognóstico informado por evidências, e não como um diagnóstico validado em campo.

#### 5.4 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Justamente a partir dessas limitações, emerge uma agenda de pesquisa clara e urgente para a academia e para o poder público em Recife:

- **Curto Prazo:** É fundamental iniciar o monitoramento contínuo dos projetos-piloto existentes (como os Jardins Filtrantes e a iniciativa em Cajueiro) para gerar dados locais sobre desempenho hídrico, qualidade da água e biodiversidade.
- **Médio Prazo:** Avançar para a modelagem hidrológica de bacias críticas, simular o impacto de redes de canteiros, estudar a fundo a adaptação de plantas nativas e analisar a percepção comunitária e os custos de ciclo de vida.
- **Longo Prazo:** Validar o desempenho dessas soluções sob cenários de mudanças climáticas e consolidar protocolos de manutenção e integração da infraestrutura verde nos códigos de obras e políticas de incentivo.

#### 5.5 REFLEXÃO FINAL

Esta análise converge para uma conclusão fundamental: os canteiros de chuva são mais do que uma solução técnica; são uma oportunidade de transformar o paradigma de como Recife se relaciona com a água.

Historicamente, a cidade se pautou por um modelo de "captura-transporte-despejo" (a infraestrutura cinza). O que se propõe é a complementação por um modelo de "infiltração-retenção-reutilização" (a infraestrutura verde), que reintegra a água ao ciclo natural.

Para Recife — uma cidade onde alagamentos matam, desabrigam e marginalizam populações vulneráveis — esta não é uma escolha meramente estética ou ambiental; é uma oportunidade real de construir resiliência urbana e justiça climática.

O sucesso dessa transformação, contudo, não será determinado apenas pela funcionalidade técnica, que já está amplamente validada. Ele dependerá da capacidade coletiva de Recife — gestores, técnicos, pesquisadores e, principalmente, as comunidades — de transformar experimentos isolados em política pública estruturante. Dependerá da coragem de reconhecer a água como um recurso a ser integrado, e não como uma ameaça a ser eliminada.

Este TCC oferece as ferramentas teóricas e as evidências práticas para iniciar essa transformação. O resto depende da vontade política, do compromisso institucional e da mobilização comunitária — fatores que esta pesquisa não pode executar, mas aos quais todo trabalho acadêmico responsável deve servir.

## 6 REFERÊNCIAS

AHMED, F. et al. A community-scale study on nature-based solutions (NBS) for stormwater management under tropical climate: The case of the Asian Institute of Technology (AIT), Thailand. *Journal of Hydroinformatics*, v. 26, n. 5, p. 1080-1099, abr. 2024.

ALIANÇA BIOCONEXÃO URBANA. Soluções Baseadas na Natureza para cidades do futuro. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://solucoesbaseadasnanatureza.com.br/>. Acesso em: 28 out. 2025.

ALMEIDA, I. C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2020.

ALTOAIMI, Lina; KARTHIKEYAN, Shruthakeerthi; VADLAKUNTA, Akshitha; WANG, Yuting; TERAWIS, Abdul Tha'qif bin Abdul. Degradation and biodiversity of rain gardens in the tropics. *Journal of Design for Resilience in Architecture & Planning*, v. 6, n. 2, p. 290-315, 2025.

ANDERSSON, E. *et al.* Reconnecting cities to the biosphere: stewardship of green infrastructure and urban ecosystem services. *Ambio*, v. 43, n. 4, p. 445-453, 2014.

ANDUS – Apoio a Ações de Adaptação para Redução da Vulnerabilidade. Nota Técnica: Soluções Baseadas na Natureza (SbN) para o Retroajuste Ambiental e a Ação Climática nas Cidades. 2023. Disponível em: <https://www.andusbrasil.org.br/>. Acesso em: 28 out. 2025.

ARAÚJO JÚNIOR, J. C. M. D.; PEREIRA, R. Evolução da contaminação por metais pesados em sedimentos em área estuarina do rio Capibaribe: uma revisão. *Revista de Geografia*, Recife, v. 38, n. 1, p. 236-253, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/248266>. Acesso em: 15 dez. 2025.

ARCHDAILY BRASIL. Recife construirá jardim filtrante de 7 mil m<sup>2</sup> para despoluir afluente do rio Capibaribe. 21 abr. 2023. Disponível em: <https://archdaily.com.br/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

ASLESON, B. C. *et al.* Performance assessment of rain gardens. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 45, n. 4, p. 1019-1031, 2009.

BARBI, F. *et al.* Soluções Baseadas na Natureza para adaptação às mudanças climáticas locais: estratégias políticas em cidades brasileiras. *Brazilian Political Science Review*, v. 18, 2024.

BARROS LIMA, L. D. *et al.* Mapeamento de áreas suscetíveis a inundações na cidade do Recife-PE/Brasil. *Espaço em Revista, Catalão*, v. 27, n. 1, p. 21-44, 2025.

BARROS, E. N. *et al.* Jardins de chuva para mitigação dos alagamentos urbanos: análise de um projeto piloto. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 17, n. 2, p. 1396-1411, mar. 2024.

BASDEKI, A. *et al.* Rain gardens as integral parts of urban sewage systems—a case study in Thessaloniki, Greece. *Urban Water Journal*, v. 13, n. 1, p. 1-12, 2016.

BENINI, S. M. Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar o planejamento da drenagem urbana. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2015.

BENINI, S. M.; ROSIN, J. A. R. G. Infraestrutura verde aplicada à drenagem urbana. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

BERAL, H.; DAGENAIS, D.; BRISSON, J.; KÖIV-VAINIK, M. Plant species contribution to bioretention performance under a temperate climate. *Science of the Total Environment*, v. 858, p. 160122, 2023.

BEZERRA, A. Engajamento comunitário em projetos de infraestrutura verde. 2025.

BEZERRA, A. Vulnerável à emergência climática, Recife sofre com chuvas por falta de ações de adaptação. Brasil de Fato, Recife, 6 fev. 2025. Disponível em:

<https://www.brasildefato.com.br/2025/02/06/vulneravel-a-emergencia-climatica-recife-sofre-com-chuvas-por-falta-de-acoes-de-adaptacao>. Acesso em: 15 nov. 2025.

BORTOLINI, L.; SEMENZATO, P. Low impact development techniques for urban sustainable design: a rain garden case study. *Acta Horticulturae*, v. 881, p. 327-330, 2010.

BRAGA, R. M. B. Estudo da remoção de poluentes de águas da drenagem urbana através de sistema de biorretenção. 2017. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

BRASIL. Ministério das Cidades; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. Edital Periferias Verdes Resilientes: Soluções Baseadas na Natureza nas Periferias Urbanas. Brasília, DF: MCID/MMA, 2025.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plantas para o Futuro - Região Nordeste. Brasília: MMA/Secretaria de Biodiversidade, 2018.

BRASIL DE FATO. Como enfrentar a emergência climática em uma cidade desigual como o Recife. 2024. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/>. Acesso em: 28 out. 2025.

BRUNER, S.G. *et al.* Planting design influences green infrastructure performance: plant species identity and complementarity in rain gardens. *Ecological Applications*, v. 33, n. 7, e2902, 2023.

BURSZTA-ADAMIAK, E.; BINIAK-PIERÓG, M.; DĄBEK, P.B.; STERNIK, A. Rain garden hydrological performance–Responses to real rainfall events. *Science of the Total Environment*, v. 887, p. 164153, 2023.

CALTRANS – California Department of Transportation. Bioretention treatment best management practice design guide. Sacramento, CA, June 2021.

CARVALHO, F. F. de *et al.* Análise quantitativa de sistema de drenagem urbana sustentável: jardim de chuva - RJ. In: EURO ELECS, 4., 2021. Anais... [S.I.]: [s.n.], 2021. p. 469-479.

CARVALHO, J. W. L. T. Nature-based solutions for urban drainage spatially distributed in hydrologic similarity areas. 2023. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

CARVALHO, M. A. T.; WALDE, D. H. G. Estimativa de impermeabilização do solo urbano correlacionada à densidade populacional na fronteira Brasil-Bolívia. *Brazilian Journal of Development*, v. 8, n. 5, p. 34792-34815, 2022.

CARVALHO, M. B. S. de. Análise de eventos extremos de precipitação para a cidade de Vitória da Conquista – BA. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, v. 23, n. 6, p. e10478, 2025.

CASQA – California Stormwater Quality Association. LID plant guidance for bioretention. 2017. Disponível em: <https://www.casqa.org/>. Acesso em: 14 nov. 2025.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (Brasil). Boletim de Impactos de Extremos de Origem Hidro-Geo-Climático em Atividades Estratégicas para o Brasil: 09/10/2025. Ano 08, n. 83. São José dos Campos: Cemaden, 2025.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS (Brasil). Pesquisadores brasileiros fazem recomendações, analisando as repentinas inundações e deslizamentos de terra em Recife (PE), após fortes chuvas ocorridas em maio de 2022. São José dos Campos: Cemaden, 31 jan. 2023.

CGEE – Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Jardim de chuva: condições e etapas para implementação. Catálogo de Soluções Baseadas na Natureza. Brasília, 2024.

CHAMPAGNE-CARON, J. *et al.* Plant survival and growth in bioretention cells under a cold climate. *Ecological Engineering*, v. 202, p. 107239, 2024.

CHAVES, M.T.R. *et al.* Vegetation adaptability in a tropical urban rain garden: A study in northeast Brazil. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 107, p. 128810, 2025.

CHEN, Pei-Chun; HUANG, Meng-Yuan; WANG, Shen-Yong. Selection and evaluation of native plants for rain gardens in tropical regions: a dual-method assessment framework. *Plant-Environment Interactions*, v. 6, e70088, 2025.

CHRISTOFIDIS, D.; CUNHA, C.; SOUSA, J. Evolução histórica da drenagem urbana sustentável: da coleta convencional à infraestrutura verde. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 25, n. 1, p. 45-58, 2020.

CICLOVIVO. Jardins de chuva: solução que reduz os impactos de alagamentos. 2025.

CLIMATE.SUSTAINABILITY-DIRECTORY. What are the costs of implementing green infrastructure? 2025.

CNLA – Canadian Nursery Landscape Association. Financial benefits of green infrastructure. 1999-2025.

COHEN-SHACHAM, E. *et al.* (Ed.). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN, 2016.

CONTECH ENGINEERED SOLUTIONS. Recommendations for bioretention media qualification. 2024.

COOK, E. M. *et al.* Nature-based solutions for urban sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 122, n. 29, e2315909122, 2025.

CORMIER, N.S.; PELLEGRINO, P.R.M. Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. *Paisagem e Ambiente: Ensaios*, São Paulo, n. 25, p. 127-143, 2008.

CORREIO24HORAS. Paisagismo funcional: infraestrutura verde para cidades resilientes. 2025.

COSTA, J. P.; MACRUZ, P. D. Paisagismo funcional: o uso de projetos que integram mais que ornamentação. *Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente*, v. 1, n. 1, p. 26-30, 2015.

COSTA, T. R. da; BRAGA, E. M. Análise comparativa da vazão de escoamento em sistemas de drenagem urbana na Rua Canarinho em Manaus: abordagem tradicional versus sustentável. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 18, n. 6, e18390, 2025.

DA SILVA, Lucas Guimarães *et al.* Vulnerabilidade a inundações urbanas: uma abordagem geoestatística para análise de riscos. *Aracê*, v. 7, n. 1, p. 758-775, 2025.

DAVIS, A. P. Field performance of bioretention: hydrology impacts. *Journal of Hydrologic Engineering*, v. 13, n. 2, p. 90-95, 2008.

DAVIS, A. P. *et al.* Bioretention technology: overview of current practice and future needs. *Journal of Environmental Engineering*, v. 135, n. 3, p. 109-117, 2009.

DÍAZ, S. *et al.* Assessing nature's contributions to people. *Science*, v. 359, n. 6373, p. 270-272, 2018.

DIERKES, C. et al. Pollution retention capability and maintenance of permeable pavements. Global Solutions for Urban Drainage. 2002. p. 1-13.

DIETZ, M. E.; CLAUSEN, J. C. Saturation to improve pollutant retention in a rain garden. Environmental Science & Technology, v. 40, n. 4, p. 1335-1340, 2006.

DIGITALBLUEFOAM. How to Design a Sustainable Urban Drainage System (SUDS). [S.I.]: DBF, 21 jul. 2025.

DINIZ, B. C. et al. Infraestrutura verde: mecanismos sustentáveis de drenagem urbana. In: ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO, 6., 2017, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ENSUS, 2017. p. 1603-1614.

DUDRICK, R. et al. Do plants matter?: determining what drives variation in urban rain garden performance. Ecological Engineering, v. 201, p. 107208, 2024.

DUNNETT, N.; CLAYDEN, A. Rain gardens: managing water sustainably in the garden and designed landscape. Portland: Timber Press, 2007.

ECOLANDSCAPING.ORG. Native plant selection for biofilters and rain gardens. 2019.

ELLIS, L. Stormwater management: rain gardens to bioretention areas. University of Minnesota Extension, 2022.

ELMQVIST, T. et al. Urban planet: knowledge towards sustainable cities. Cambridge: Cambridge University Press, 2019.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cultura de helicônias. Brasília, DF: Embrapa Agroindústria Tropical, 2001. (Circular Técnica, 2).

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Helicônia: descrição, colheita e pós-colheita. Brasília, DF: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. (Documentos, 17).

ENVIRONMENT.EC.EUROPA. Green infrastructure. European Commission Environment, 2025.

EPA – United States Environmental Protection Agency. Economic benefits of green infrastructure. 2025.

EPA – United States Environmental Protection Agency. Environmental benefits of green infrastructure. Washington, D.C., 2024.

EPA – United States Environmental Protection Agency. Social benefits of green infrastructure. 2025.

EPA – United States Environmental Protection Agency. Stormwater best management practice: bioretention (rain gardens). Washington, DC, 2021.

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. Nature-based Solutions. Copenhaga, [2022].

FAG – Faculdade de Agro-Engenharia de Cascavel. Jardins de chuva: um estudo de caso para Cascavel. Cascavel, 2025.

FALCÃO, L. C. Infraestrutura verde como estratégia de gestão de recursos hídricos em área urbana em Recife (PE). 2018. Dissertação (Mestrado em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

FANG, X. *et al.* A quantitative review of nature-based solutions for urban sustainability (2016–2022): From science to implementation. *Science of The Total Environment*, v. 927, e172219, 2024.

FERNANDES, R. S.; HIGUCHI, M. I. G. Práticas pedagógicas de educação ambiental em escolas de Manaus. *Educação em Revista*, Belo Horizonte, v. 33, e155030, 2017.

FERREIRA, L. T. M. Avaliação do funcionamento de um dispositivo de biorretenção: monitoramento e modelagem. 2017. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2017.

FLETCHER, T. D. *et al.* SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, v. 12, n. 7, p. 525-542, dez. 2014.

FLUXUS. Jardins de chuva em São Paulo: aprendizados, desafios e oportunidades. 2025.

FRANTZESKAKI, N. *et al.* Nature-Based Solutions for Urban Climate Change Adaptation: Linking Science, Policy, and Practice Communities for Evidence-Based Decision-Making. *BioScience*, v. 69, n. 6, p. 455-466, jun. 2019.

FRONTIERS. Longevity of rain gardens in Minnesota (US) as a stormwater management tool. *Frontiers in Water*, 2023.

FRUEHAUF, A. L. *et al.* A relevância da Infraestrutura Verde na paisagem urbana: uma contribuição aos serviços ecossistêmicos. *Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes*, v. 10, n. 28, 2022.

G1 GLOBO. 44% do território do Recife tem risco alto para inundações e alagamentos. 29 maio 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/pe/pernambuco/noticia/2024/05/29/recife-tem-44percent-do-territorio-com-risco-alto-para-inundacoes-e-alagamentos.ghtml>. Acesso em: 15 nov. 2025.

G1 SOROCABA. Com 'jardins de chuva', ambientalistas transformam ponto de alagamento em área de paisagismo em Itu. 2025.

GARCÍA SÁNCHEZ, F.; GOVINDARAJULU, D. Integrating blue-green infrastructure in urban planning for climate adaptation: lessons from Chennai and Kochi, India. *Land Use Policy*, v. 124, p. 106455, 2023.

GHOFRANI, Z.; SPOSITO, V.; FAGGIAN, R. A comprehensive review of blue-green infrastructure concepts. *International Journal of Environmental Sustainability*, v. 6, n. 1, 2017.

GÓMEZ-BAGGETHUN, E.; BARTON, D. N. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. *Ecological Economics*, v. 86, p. 235-245, 2013.

GONDIM, Fabio Ribeiro; OHNUMA JÚNIOR, Alfredo Akira; OBRACZKA, Marcelo. Jardins de chuva: atualizações sobre a técnica a partir de uma revisão sistemática. *Mix Sustentável*, Florianópolis, v. 9, n. 5, p. 201-215, out. 2023.

GREENBLUE URBAN. Sustainable Urban Drainage (SuDs). [S.I.], [2025].

HAINES-YOUNG, R.; POTSCHEIN, M. Common international classification of ecosystem services (CICES) V5.1. Copenhagen: European Environment Agency, 2018.

HATT, B. E. *et al.* Hydrologic and pollutant removal performance of stormwater biofiltration systems at the field-scale. *Journal of Hydrology*, v. 365, n. 3-4, p. 310-321, 2009.

IAHR – International Association for Hydro-Environment Engineering and Research. Performance modeling of bioretention cell. 2024.

IANNETTA, P. P. M. *et al.* Growth management of vetiver (*Vetiveria zizanioides*) under Mediterranean conditions. *Journal of Agricultural Research*, v. 44, n. 10, p. 1175-1189, 2006.

ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade. Lançada na CBMC Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas do Município do Recife aponta caminhos no enfrentamento da crise climática. 2021. Disponível em: <https://americadosul.iclei.org/>. Acesso em: 28 out. 2025.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Guia metodológico para implantação de infraestrutura verde. São Paulo, 2024.

IRELAND DEPARTMENT OF HOUSING, LOCAL GOVERNMENT AND HERITAGE. Nature based management of urban rainwater and urban surface water discharges: a national strategy. Dublin, 2024.

ISHIZAWA, Y. B.; BARBOSA, A. de G.; MENDES, L. A. Impactos decorrentes da impermeabilização do solo urbano e do fechamento de um canal de drenagem em Aracaju, Sergipe. Revista DAE, São Paulo, v. 68, n. 227, p. 67-87, ed. esp., nov. 2020.

INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. Nature-based Solutions. Gland, [2025].

JAMILDO. João Campos anuncia convênio com o Governo Federal de R\$ 2,5 milhões para Cajueiro. Recife, 5 nov. 2025. Disponível em: <https://www.jamildo.com/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

JIA, R.; LI, J.; WANG, Y.; TANG, D. Study on the reduction effect of bioretention facility on heavy metal pollutants in rainfall runoff. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CIVIL ENGINEERING, 2021. Proceedings... 2021. p. 1-6.

JIANG, C. *et al.* An improved approach to design bioretention system media. Ecological Engineering, v. 136, p. 125-133, 2019.

KABISCH, N. *et al.* Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas. Ecology and Society, v. 21, n. 2, art. 39, 2016.

KABISCH, N.; FRANTZESKAKI, N.; HANSEN, R. Principles for urban nature-based solutions. *Ambio*, v. 51, n. 6, p. 1388-1401, jun. 2022.

KASPRZYK, M. *et al.* Technical solutions and benefits of introducing rain gardens–Gdańsk case study. *Science of the Total Environment*, v. 835, p. 155487, 2022.

KUMAR, S.; SINGH, K.K. Hydrological performance of rain gardens having *Calendula officinalis* plant with varied planting mixtures. *Water Science and Technology*, v. 87, n. 5, p. 1316-1326, 2023.

LABARRE, W. J. *et al.* Bioretention storm water control measures decrease the toxicity of copper roof runoff. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 36, n. 6, p. 1680-1688, jun. 2017.

LI, H.; DAVIS, A. P. Heavy metal capture and accumulation in bioretention media. *Environmental Science & Technology*, v. 42, n. 14, p. 5247-5253, 2008.

LI, J. The suburban village residents from the perspective of village organism theory construction and evaluation of place attachment model. *Open Access Library Journal*, [S. l.], v. 11, n. 11, p. 1-20, nov. 2024. DOI: 10.4236/oalib.1112389. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=137420>. Acesso em: 15 dez. 2025.

LIMA, L. D. B. *et al.* Mapeamento de áreas suscetíveis a inundações na Região Metropolitana do Recife-PE. *Espaço em Revista*, v. 27, 2025.

LORENZI, H. Plantas ornamentais no Brasil: arbustivas, herbáceas e trepadeiras. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2019.

MADUREIRA, H. Promover os serviços ecossistémicos urbanos com infraestruturas verdes. In: LOURENÇO, L.; NUNES, A. (Coord.). *Riscos*

Hidrometeorológicos. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2018. p. 141-170.

MAIA, A.B. *et al.* Assessing the potential of rain gardens in flood mitigation: an EPA/SWMM-5 hydrological simulation study in the Córrego do Nado Basin, Belo Horizonte, Brazil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2025, São Paulo. Proceedings... São Paulo: INPE, 2025.

MARENGO, J. A. *et al.* Flash floods and landslides in the city of Recife, Northeast Brazil after heavy rain on May 25–28, 2022: Causes, impacts, and disaster preparedness. *Weather and Climate Extremes*, v. 39, 100545, 2023.

MAURÍCIO, C.; NETO, M. V. B.; SILVA, C. E. M. da. A função das áreas verdes urbanas na redução do escoamento superficial: estudo de caso na cidade de Recife, PE-Brasil. *Revista Contexto Geográfico*, v. 9, n. 18, p. 78-93, 2024.

MAURÍCIO, J. A.; VIEIRA BARBOSA NETO, L.; MENEZES DA SILVA, A. A função das áreas verdes urbanas na redução do escoamento superficial: estudo de caso na cidade de Recife-PE. *Contexto Geográfico*, v. 9, n. 18, p. 123-140, 2024.

MCPHILLIPS, L. E. *et al.* Defining extreme events: a cross-disciplinary review. *Earth's Future*, v. 6, n. 3, p. 441-455, 2018.

MEIOAMBIENTEPOCOS. Jardins de chuva: uma revisão de literatura. 2023.

MELO, T. A. T. Jardim da chuva: sistema de biorretenção como técnica compensatória no manejo de águas pluviais urbanas. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

MELO, T. A. T. *et al.* Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais urbanas. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 147-165, out./dez. 2014.

MENDES, M. E. R.; PINA, S. A. M. G. Soluções baseadas na natureza para gestão de águas urbanas: aplicação de jardins filtrantes, jardins de chuva e biovaletas. *Revista Foco*, [S.I.], v. 16, n. 3, e1382, 2023.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. *Ecosystems and human well-being: synthesis*. Washington: Island Press, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (Brasil). MMA formaliza investimento em projetos do edital Periferias Verdes Resilientes. Brasília, DF: MMA, 29 fev. 2024.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (Brasil). Projeto Cajueiro: participação comunitária em SbN. 2025.

MOREIRA, Ayobami Badiru *et al.* Eventos extremos e a cidade: estudo de caso dos impactos causados por um evento climático em área urbana. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 6, p. 1730–1745, 2017.

MOTA, P. R. D. *et al.* Avaliação do pH e da condutividade elétrica do substrato sob níveis de fertirrigação e métodos de extração da solução. *Revista Brasileira de Horticultura Ornamental*, v. 17, n. 2, p. 121-126, 2011.

MUÑOZ-PACHECO, Catalina B.; VILLASEÑOR, Nélida R. Urban ecosystem services in South America: a systematic review. *Sustainability*, v. 14, n. 17, art. 10751, 2022.

MURRIETA. Bioretention/biofiltration soil media and drainage aggregates. *Standard Urban Stormwater Mitigation Plan*, 2018.

NGUYEN, M. K. *et al.* Application of vetiver grass (*Vetiveria zizanioides* L.) for phytoremediation of organic matter from contaminated surface water. *Materials Circular Economy*, v. 5, n. 2, 2023.

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration. Community rain gardens are a great environmental solution. 2014.

NORDIC COUNCIL OF MINISTERS. A guide for Nature-based solutions in the Nordics. Copenhaga, 20 dez. 2024. 2024:558.

OKIMOTO, F. S.; SANTOS, K. C. dos. Jardins de chuva: conceitos, práticas e desempenhos. Estrabão, v. 4, p. 125-136, 2023.

OLIVEIRA, F. M. *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 Sanitária e Ambiental, v. 28, e20210391, 2023.

OLIVEIRA, T. H. de *et al.* Análise da Variação Espaço-Temporal das Áreas Verdes e da Qualidade Ambiental em Áreas Urbanas, Recife-PE. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 7, n. 6, p. 1196-1214, 2014.

OMAHAPLANTS.ORG. Bioretention and rain gardens. 2017.

PANCRAZI, L. *et al.* The economic value of green stormwater infrastructure. Urban Land Institute, 2019.

PASCUAL, U. *et al.* Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. Current Opinion in Environmental Sustainability, v. 26-27, p. 7-16, 2017.

PENN STATE EXTENSION. Rain gardens (bioretention cells) – a stormwater BMP. Pennsylvania, 2022.

PEREIRA, R. A.; PAZ, D. H. F. D.; BARBOSA, I. M. B. R. Redução da carga orgânica lançada em um trecho do rio Capibaribe para atendimento à legislação ambiental. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife, v. 12, n. 3, p. 837-847, 2019.

Disponível

em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234686>. Acesso em: 15 dez. 2025.

PFAF – Plants for a Future. *Vetiveria zizanioides* – vetiver grass. 2024.

PINHEIRO, M. B. Plantas para infraestrutura verde e o papel da vegetação no tratamento das águas urbanas de São Paulo: identificação de critérios para seleção de espécies. 2017. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

PREFEITURA DO RECIFE. Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas do Município do Recife. Recife, 2019. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/>. Acesso em: 28 out. 2025.

RECIFE. Prefeitura da Cidade do Recife. Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Recife. Recife: EMLURB, mar. 2017.

RECIFE. Prefeitura do Recife inaugura Jardins Filtrantes no Parque do Caiara. 30 mar. 2023. Disponível em: <https://www2.recife.pe.gov.br/>. Acesso em: 15 nov. 2025.

REIS, R. P. A.; ILHA, M. S. de O. Comparação de desempenho hidrológico de sistemas de infiltração de água de chuva: poço de infiltração e jardim de chuva. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 79-90, abr./jun. 2014.

RIPPY, M.A. *et al.* Plant functional traits and viewer characteristics co-regulate cultural services provisioning by stormwater bioretention. *Ecological Engineering*, v. 168, p. 106284, 2021.

RUSSELL, R. *et al.* Humans and nature: how knowing and experiencing nature affect well-being. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 38, p. 473-502, 2013.

SANTOS, L. D. J.; CABRAL, C. J.; GONÇALVES, R. B.; SILVA, O. G. Vulnerabilidades a eventos pluviais de alta magnitude da cidade do Recife – Pernambuco/Brasil. *Revista de Geografia*, v. 39, n. 3, 2022.

SANTOS, M. A. Identificação de áreas potenciais de acúmulo de água em zonas urbanas e seus impactos socioeconômicos. 2023. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

SELEGUIM, F. B. *et al.* Nature-based Solutions to Adapt to Local Climate Change: Political Strategies in Brazilian Cities. *Brazilian Political Science Review*, v. 18, n. 1, p. e004, mar. 2024.

SHUSTER, W.D.; DARNER, R.A.; SCHIFMAN, L.A.; HERRMANN, D.L. Factors contributing to the hydrologic effectiveness of a rain garden network (Cincinnati OH USA). *Infrastructures*, v. 2, n. 3, art. 11, 2017.

SILVA, G. B. *et al.* A infraestrutura verde aplicada à drenagem urbana: estudo de caso do Município de São Paulo. *Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes*, v. 12, n. 37, 2024.

SILVA, L. F. *et al.* Ecosystem services research in Brazil: a systematic review. *Environmental Science & Policy*, v. 97, p. 90-103, 2019.

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, e69591110335, 2020.

SILVA, R. C. Elaboração de projeto de jardins de chuvas para minimização das enchentes. *Revista Construindo, Belo Horizonte*, v. 12, n. 1, p. 56-66, jan./jun. 2020.

SILVEIRA, G. B.; RODRIGUES, L. H. R.; DORNELLES, F. Uso de Soluções baseadas na Natureza pela Gestão Pública Brasileira no Manejo de Águas

Pluviais Urbanas. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 17, e20240012, 2025.

SOLUÇÕES PARA CIDADES. Jardins de chuva. São Paulo, 2013.

STANFORD, H.R. *et al.* Exploring the secret gardens of the city: an assessment of human-nature interactions on informal green space using citizen science data. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 2024, p. 128414, 2024.

SUSDRAIN. Case studies. 2024.

SUSTAINABLE TECHNOLOGIES EVALUATION PROGRAM. Performance evaluation of a bioretention system. Technical Brief. Toronto: STEP, 2014.

TANSAR, H.; DUAN, H.F.; MARK, O. Global sensitivity analysis of bioretention cell design for stormwater system: a comparison of VARS framework and Sobol method. *Journal of Hydrology*, v. 617, p. 128895, 2023.

TEIXEIRA, B. K.; SILVA, A. S. Tipos de vegetação para medidas compensatórias de controle pluvial na fonte em zonas subtropicais. *Revista LABVERDE*, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 103-127, maio 2019.

TENNESSEE DEPARTMENT OF ENVIRONMENT AND CONSERVATION. Bioretention. Tennessee Permanent Stormwater Management and Design Guidance Manual, 2015.

THE NATURE CONSERVANCY; AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT. NbS Factsheet: Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS). [S.I.], [2022]. 7 p.

TROWSDALE, S. A.; SIMCOCK, R. Urban stormwater treatment using bioretention. *Journal of Hydrology*, v. 397, n. 3-4, p. 167-174, 2011.

TRUONG, P.; BAKER, D. Vetiver grass system for environmental protection. Technical Bulletin No. 1998/1. Pacific Rim Vetiver Network, Royal Development Projects Board, Bangkok, Thailand, 1998.

UCANR – University of California Agriculture and Natural Resources. Rain gardens: a sustainable solution for stormwater management. California, 2025.

VÁSQUEZ, Alexis E. Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, Santiago, n. 63, p. 63-86, maio 2016. Disponível em: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rgeong/n63/art05.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2025.

VIJAYARAGHAVAN, K.; JOSHI, U. M.; BALASUBRAMANIAN, R. A review of bioretention systems for stormwater management: recent advances and future prospects. *Journal of Environmental Management*, v. 292, 112766, 2021.

WANG, D. *et al.* Urban green infrastructure: bridging biodiversity conservation and sustainable urban development. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 12, 2024.

WANG, M. *et al.* The application of rain gardens in urban environments: a bibliometric review. *Land*, v. 13, n. 10, art. 1702, 2024.

WATERSENSITIVE CITIES. Guideline specifications for soil media in bioretention systems. Facility for Advancing Water Biofiltration, Melbourne, 2006.

WORLD BANK. A Catalogue of Nature-Based Solutions for Urban Resilience. Washington, D.C., 2021.

WRI BRASIL. Acelerador de Soluções Baseadas na Natureza em Cidades. 2024. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/>. Acesso em: 28 out. 2025.

WRI BRASIL. Soluções baseadas na natureza em três escalas: do urbano à paisagem. 2025. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/>. Acesso em: 28 out. 2025.

WU, J. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*, v. 28, n. 6, p. 999-1023, 2013.

YONEGURA, V. B. *et al.* Nature-based Solutions for increasing urban greening and reducing runoff flows in narrow streets. *Caderno Pedagógico*, v. 21, n. 3, e3373, 2024.