



Revista Brasileira de Gestão Urbana

scielo.br/urbe



Uso de Soluções baseadas na Natureza (SbN) pela Gestão Pública Brasileira no Manejo de Águas Pluviais Urbanas

Use of Nature-based Solutions (NbS) by Brazilian Public Administration on Urban Stormwater Management

Gabriela Borba Silveira ^[a] 

Porto Alegre, RS, Brasil

^[a] Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH)

Lucia Helena Ribeiro Rodrigues ^[a] 

Porto Alegre, RS, Brasil

^[a] Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH)

Fernando Dornelles ^[a] 

Porto Alegre, RS, Brasil

^[a] Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Como citar: Silveira, G. B., Rodrigues, L. H. R., & Dornelles, F. (2025). Uso de Soluções baseadas na Natureza (SbN) pela Gestão Pública Brasileira no Manejo de Águas Pluviais Urbanas. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 17, e20240012. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.017.e20240012>

Resumo

Este artigo evidencia a utilização das Soluções baseadas na Natureza como alternativa complementar adotada pela gestão pública brasileira para o manejo de águas pluviais urbanas. O aumento da impermeabilização do solo decorrente da urbanização, a mudança climática, a degradação ambiental e poluição hídrica, além dos desafios hidrológicos deste século, têm alavancado a busca por opções

GBS é engenheira civil, mestranda no Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, e-mail: gabriela.borba.ec@gmail.com

LHRR é Doutora em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, e-mail: luciarrodrigues@gmail.com

FD é Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, e-mail: fernando.dornelles@ufrgs.br

sustentáveis a fim de reduzir a sobrecarga dos sistemas tradicionais de drenagem que causa alagamentos e inundações, melhorar a qualidade da água, aumentar a resiliência urbana e a valorização do ambiente natural e seus benefícios. Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo elucidar a utilização dessas técnicas nos Planos Diretores de Drenagem Urbana e respectivos Manuais de Drenagem Urbana, ferramentas indispensáveis de regulamentação, em um contexto nacional. Esta investigação define-se metodologicamente como uma pesquisa exploratória e documental, na qual foi salientado que, apesar da gestão pública, através de suas normas e regulamentações de manejo de águas pluviais, propor a utilização de várias dessas técnicas como parte da drenagem urbana, e das Soluções baseadas na Natureza serem uma opção valiosa, ainda é preciso uma abordagem integrada que contemple a diversidade das áreas urbanas, a participação de diversos agentes da sociedade e as particularidades de cada dispositivo.

Palavras-chave: Soluções baseadas na Natureza. Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Gestão Pública.

Abstract

This article highlights the use of Nature-based Solutions as a complementary alternative adopted by Brazilian public administration for the management of urban rainwater. The increase in soil sealing resulting from urbanization, climate change, environmental degradation and water pollution, in addition to the hydrological challenges of this century, have driven the search for sustainable options to reduce the overload on traditional drainage systems that cause flooding and inundation, improve water quality, increase urban resilience and the appreciation of the natural environment and its benefits. In this context, this work aims to elucidate the use of these techniques in Urban Drainage Master Plans and respective Urban Drainage Manuals, indispensable regulatory tools, in a national context. This investigation is methodologically defined as exploratory and documentary research, in which it was highlighted that, despite public administration, through its stormwater management standards and regulations, proposing the use of several of these techniques as part of urban drainage, and although Nature-based Solutions are a valuable option, there is still a need for an integrated approach that takes into account the diversity of urban areas, the participation of various agents of society and the particularities of each device.

Keywords: Nature-based Solutions. Urban Stormwater Management. Public Administration.

Introdução

Devido à urbanização acelerada ocorrida nas últimas décadas, as cidades brasileiras enfrentam um desafio crescente em relação à gestão das águas pluviais e à mitigação de alagamentos. O aumento da impermeabilização do solo, o crescimento populacional e as mudanças climáticas contribuem para a sobrecarga dos sistemas de drenagem urbana tradicionais. Nesse contexto de busca por novas abordagens emergem as Soluções baseadas na Natureza (SbN).

Esta pesquisa explora a interseção entre SbN, drenagem urbana e a implementação destas soluções em Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDrU) e Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB). Ao analisar a importância dessas soluções em um contexto global de urbanização intensa, examinamos como as SbN, inspiradas em processos naturais, podem ser integradas aos métodos tradicionais de gerenciamento de águas pluviais urbanas. Além disso, investigar a forma como os PDDrU e PMSB, como parte do planejamento urbano, podem ser moldados para incorporar princípios de SbN, é uma visão para a criação de cidades mais resilientes e ambientalmente conscientes ao apoiar o progresso da interação benéfica entre espaço urbano e verde, e consequentemente contribuindo para qualidade de vida urbana e mitigação de alguns problemas relacionados aos sistemas hídricos.

O principal objetivo desta pesquisa é analisar o uso das SbN como uma alternativa complementar aos sistemas tradicionais de drenagem urbana e abordar aspectos relacionados à presença delas nos PDDrU e respectivos Manual de Drenagem Urbana (MDU), e quando não existirem, nos PMSB, para Brasília e das capitais das regiões sul e sudeste. Além disso, visa examinar a frequência da menção ao termo SbN e a ocorrência de diferentes tipos de SbN nestes documentos, abrangendo aspectos de gerenciamento, planejamento, implementação, execução, normatização e dimensionamento.

Por meio dessa investigação, espera-se que este trabalho evidencie a interação entre SbN, drenagem urbana e gestão pública no Brasil, incentivando o pensamento crítico acerca da abordagem brasileira de práticas ambientalmente responsáveis e resilientes para enfrentar alguns desafios hídricos do século XXI, como os alagamentos e a escassez de água, provocados pelas mudanças climáticas, acarretando poluição hídrica e degradação ambiental, além dos desafios relacionados à gestão dos recursos hídricos.

SbN e manejo de águas pluviais: uma revisão de conceitos

O termo SbN surgiu no final dos anos 2000 como *Nature-based Solutions* e tem ganhado destaque como uma alternativa complementar para lidar com os desafios hidrológicos nas cidades brasileiras e em todo o mundo (Fraga & Sayago, 2020). As SbN referem-se a intervenções que buscam emular ou aproveitar os processos naturais, visando gerenciar processos urbanos de forma mais eficiente e gerar benefícios sociais, ambientais e econômicos para a sociedade (European Commission, 2021). Essas soluções englobam medidas não estruturais, como a conservação de ecossistemas naturais, e medidas estruturais, que podem estar integradas às soluções convencionais (Cohen-Shacham *et al.*, 2016).

Um dos aspectos centrais das SbN reside nas técnicas adotadas para "proteger, gerir de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais ou modificados" (Cohen-Shacham *et al.*, 2016, p. 2, tradução nossa), o que implica que técnicas compensatórias utilizadas para "neutralizar os efeitos da urbanização sobre os processos hidrológicos, com benefícios para a qualidade de vida e a preservação ambiental" (Baptista *et al.*, 2005, p. 23) estão abrangidas por esse conceito principal.

O princípio das medidas compensatórias (do inglês *Compensatory Techniques* - CT) frequentemente emerge da interseção entre sistemas de drenagem urbana e sustentabilidade, e de termos como LID (*Low Impact Development* - Desenvolvimento de Baixo Impacto), SUDS (*Sustainable Urban Drainage Systems* - Sistemas de Drenagem Urbana Sustentáveis), WSUD (*Water Sensitive Urban Design* - Design Urbano Sensível à Água) e BMP (*Best Management Practices* - Melhores Práticas de Gerenciamento). Todas estas definições possuem a finalidade de contrabalançar os efeitos negativos das ações humanas no meio ambiente (particularmente a impermeabilização do solo e o aporte de poluentes urbanos nos corpos hídricos), assegurando benefícios no presente e planejando as necessidades futuras (Fletcher *et al.*, 2014).

Algumas medidas estruturais que essa definição abrange e que, segundo Baptista *et al.* (2005), são adotadas na área urbana para controle dos excessos pluviais decorrentes da impermeabilização com o intuito de promover a infiltração e o aumento do armazenamento, sendo elas: estruturas para armazenamento temporário, pavimentos porosos e trincheiras, poços, valas e valetas de infiltração.

As estruturas cinza que compõem a drenagem urbana convencional, por sua vez, constituídas de “construções e projetos realizados com concreto e/ou materiais resistentes” (Oliveira & Gallardo, 2022), e divididas em microdrenagem [segundo Tucci (2007), sarjetas, bocas de lobo, e galerias] e macrodrenagem [“implantação de galerias e canais de concreto, ao tamponamento dos córregos, à retificação de traçados, ao aumento de declividades de fundo” (Canholi, 2014, p. 32)], têm como principal objetivo o escoamento das águas pluviais, com o propósito de reduzir alagamentos e inundações na área urbana e seus advindos prejuízos. Essa função primordial da infraestrutura urbana, no entanto, pode não ser suficiente com relação ao volume a ser escoado, tendo em vista os desafios da crescente urbanização e das mudanças climáticas, e não prevê outros benefícios socioambientais, que podem ser obtidos com a adoção complementar das SbN, pois elas promovem: a infiltração mais eficiente das águas pluviais reduzindo o volume de escoamento superficial; a recarga dos aquíferos; e a redução da carga de poluentes destinadas aos corpos hídricos superficiais e subterrâneos (Baptista *et al.*, 2005).

Ainda, ao se observar o crescimento típico de uma cidade, nota-se que os impactos prejudiciais na população e nas estruturas são um resultado da dificuldade em se ter um planejamento urbano adequado, aumentando problemas relacionados à poluição, degradação ambiental, saneamento e gerenciamento de águas pluviais (Cabral & Cândido, 2019). No contexto brasileiro, onde muitas cidades enfrentam desafios significativos relacionados à drenagem urbana e à poluição das águas (Da Silva *et al.*, 2018), os PDDrU e os PMSB são ferramentas de relevante importância para diagnóstico, planejamento e mitigação dos impactos da urbanização sobre os sistemas hídricos, pois as ações governamentais se tornam realidade por meio de regulamentos vigentes. Enquanto os PMSB têm uma abrangência mais ampla, incluindo não apenas a drenagem, mas também o abastecimento de água, o esgotamento sanitário e resíduos sólidos, os PDDrU são instrumentos de planejamento que buscam orientar o crescimento urbano concomitante, em especial, às diretrizes do manejo das águas pluviais.

Ademais, estima-se que futuramente os eventos extremos tendam a tornarem-se mais intensos e nocivos, e a sociedade sofrerá os impactos, seja com perda de bens materiais, serviços ambientais ou econômicos (Marelle *et al.*, 2020; Canholi, 2014). Com o intuito de reduzi-los, frequentemente é adotada a abordagem tradicional: Canholi (2014) menciona que tais medidas são comuns quando se trata de sistemas de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, pois têm como resultado o rápido escoamento das águas.

Nessa realidade, as SbN surgem como uma alternativa complementar para mitigação dos efeitos da impermeabilização do solo e consequente aumento do escoamento superficial, resultado da urbanização (Emilsson & Sang, 2017), que contribui para a sobrecarga do sistema de drenagem tradicional, e um dos caminhos para conservação dos serviços ecossistêmicos que subsidiam a qualidade do ambiente urbano e social. A agregação das SbN como medidas estruturais complementares às convencionais nos PDDrU e nos PMSB para garantir a gestão sustentável dos recursos hídricos com relação à drenagem urbana torna-se então oportuna para o desenvolvimento resiliente das cidades brasileiras.

Aspectos metodológicos

Este estudo adota uma abordagem de pesquisa exploratória e documental para elucidar a integração das SbN nos contextos de PDDrU e PMSB, a fim de tornar evidente a utilização dessas soluções pelas gestões públicas municipais e distritais para o manejo de águas pluviais urbanas. Para atingir esse objetivo, a coleta de dados se baseou na análise dos planos diretores e municipais relacionados à drenagem urbana e manuais técnicos. Essa abordagem permitiu um estudo detalhado das estratégias adotadas em algumas capitais, bem como das políticas e diretrizes governamentais que moldam as ações no âmbito da drenagem urbana e da implementação de SbN.

O escopo desta pesquisa abrange Brasília e o conjunto das capitais das regiões sul e sudeste, para que o enfoque seja áreas urbanas de diferentes escalas e de abrangência significativa no país. As outras regiões não foram incluídas pela ausência de documentos com dados apurados na maioria das capitais. A fim de elucidar o contexto, os municípios pesquisados foram descritos por meio de algumas características específicas, como área total, área urbanizada e investimento em sistemas de manejo de águas pluviais retiradas do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), que, apesar de possuir certa limitação com relação a exatidão dos dados dos serviços de drenagem que quase sempre são negligenciados, é uma importante ferramenta para acompanhar a situação do saneamento no Brasil.

A análise foi conduzida em etapas, iniciando pela coleta e seleção dos documentos pertinentes por meio de pesquisa nas páginas eletrônicas de prefeituras e empresas parceiras a estas. Em seguida, foi feita uma análise quantitativa, com relação às menções ao termo SbN, e uma análise qualitativa, para diferenciar os tipos de abordagem, sendo estes divididos em gerenciamento e planejamento (definição de dispositivos de drenagem urbana que são SbN, menção às SbN de manejo de águas pluviais, assim como legislação pertinente a esses dispositivos e projetos idealizados a serem implementados com SbN), implantação e execução (projetos de SbN já executados e em funcionamento mencionados nos planos e manuais) ou normatização e dimensionamento (geralmente ligado aos MDU).

Ainda, foram escolhidos para esta pesquisa oito tipos principais de medidas estruturais englobadas no conceito do termo SbN e que são comumente vinculados aos sistemas de drenagem urbana (Baptista et al., 2005; Lourenço, 2014), sendo eles: pavimentos permeáveis, poços, trincheiras e valas de infiltração, parques lineares, jardins de chuva, coberturas/telhados verdes e banhados construídos (*wetlands* construídos).

Resultados e discussões

Características das capitais

Os dados de contextualização estão dispostos na tabela 1, na qual é possível observar as capitais, seus respectivos estados e regiões, e algumas outras características gerais para elucidação de contexto, como área territorial total, área urbana total e investimento total com os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, retiradas do SNIS 2022 referente ao ano de 2021 (Brasil, 2023), sendo estes dados os mais recentes até a data de publicação deste artigo.

Tabela 1 – Dados das capitais estudadas para elucidação do contexto em que se encontram quanto às suas áreas territoriais totais e urbanas e ao investimento em serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas

Região	Cidade/Estado	Área territorial total (km ²)	Área urbana total, incluindo áreas urbanas isoladas (km ²)	Parcela de área urbana em relação à área total (%)	Investimento total com os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (R\$/ano)
Sul	Curitiba/PR	435,04	435,04	100,00%	R\$ 38.065.912,37
	Florianópolis/SC	675,41	352,77	52,23%	R\$ 35.000.000,00
	Porto Alegre/RS	496,68	455,55	91,72%	R\$ 12.428.001,46
Sudeste	Belo Horizonte/MG	331,40	331,40	100,00%	R\$ 197.968.818,00
	Rio de Janeiro/RJ	1.199,83	600,00	50,01%	R\$ 49.964,78
	São Paulo/SP	1.521,11	1.100,54	72,35%	R\$ 430.620.679,68
	Vitória/ES	97,40	70,12	71,99%	R\$ 122.862,09
Brasil	Brasília/DF	5.780,00	1.169,70	20,24%	R\$ 59.702.084,51

Fonte: Brasil (2023).

PDDrU, MDU e PMSB existentes

Na tabela 2, estão listadas as capitais e informações sobre a existência de seus PDDrU e/ou MDU e respectivos anos de publicação resultado da busca *online*.

Tabela 2 – Existência de PDDrU e/ou MDU

Região	Cidade/Estado	Possui Plano e/ou Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas?	Ano (plano/manual)
Sul	Curitiba/PR	Sim	2017/2017
	Florianópolis/SC	Não	2011/2011
	Porto Alegre/RS	Sim	2013/2005
Sudeste	Belo Horizonte/MG	Sim	2022/-
	Rio de Janeiro/RJ	Sim	2015/-
	São Paulo/SP	Sim	2012/2012
	Vitória/ES	Sim	2008/2015
Brasil	Brasília/DF	Sim	2009/2018

Fonte: Autores (2023).

Observa-se que somente a capital Florianópolis/SC não possui PDDrU ou MDU, ficando o planejamento e demais atributos referentes às águas pluviais urbanas a cargo do PMSB, datado de 2011.

Curitiba/PR, por sua vez, apresenta PDDrU e MDU datados de 2017, assim como São Paulo/SP, com MDU de 2012 dividido em 3 volumes (Gerenciamento, Fundamentos e Diretrizes para projetos) incluído no PDDrU dividido em dois módulos: o primeiro se refere ao gerenciamento do plano e medidas não estruturais (aqui analisado), e o segundo trata dos programas de drenagem (cadernos das bacias hidrográficas e programa de obras de controle de cheia).

O município de Vitória/ES apresenta PDDrU datado de 2008 e MDU contemplado pelo PMSB de 2015, tal como o Distrito Federal que possui PDDrU de 2009 e MDU de 2018. Já Belo Horizonte/MG possui um documento intitulado “Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem” de 2022, com seções como “Drenagem Urbana em Belo Horizonte”, “Controle na Fonte e Lançamento no Sistema Público de Drenagem” e “Sistema de Drenagem Pluvial: Microdrenagem e Controles Regionais”.

No Rio de Janeiro/RJ há o “Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro” de 2015, e em Porto Alegre/RS, o PDDrU finalizado em 2013 (Prefeitura Municipal de Porto Alegre - PMPA, 2015) é composto por três partes, sendo elas, respectivamente, os fundamentos do plano, o MDU de 2005, objeto deste estudo, e os diagnósticos das bacias do município (PMPA, n.d.).

SbN mencionadas

Todos os planos e manuais citados abordam as técnicas mencionadas consideradas SbN, e somente no PDDrU de Belo Horizonte é citado o termo “Soluções baseadas na Natureza” como medidas que vêm sendo adotadas e “iniciativas para o uso de técnicas de drenagem mais sustentáveis, objetivando alcançar hidrogramas de cheia mais próximos ao natural” (Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - PMBH, 2022a, p. 23).

Na tabela 3 é apresentado um resumo da presença ou ausência de citações às SbN adotadas pelas capitais e as finalidades para as quais foram mencionadas.

Tabela 3 – Menções às diferentes SbN estudadas e respectivas abordagens

SbN	Abordagem	Sul			Sudeste			Brasil	
		Curitiba PR	Florianópolis SC	Porto Alegre RS	Belo Horizonte MG	Rio de Janeiro RJ	São Paulo SP	Vitória ES	Brasília DF
Pavimentos permeáveis	Gerenc./Planej. ¹	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
	Imp./Exec. ²	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Não	Sim
	Norm./Dim. ³	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	Não	Sim
Poços de infiltração	Gerenc./Planej.	Sim	- ⁴	Não	Sim	-	Sim	-	Sim
	Imp./Exec.	Não	-	Não	Sim	-	Não	-	Não
	Norm./Dim.	Sim	-	Sim	Sim	-	Sim	-	Sim
Trincheira de infiltração	Gerenc./Planej.	Sim	-	Não	Sim	Sim	Sim	-	Sim
	Imp./Exec.	Não	-	Não	Sim	Não	Não	-	Não
	Norm./Dim.	Sim	-	Sim	Sim	Não	Sim	-	Sim
Valas de infiltração	Gerenc./Planej.	Sim	Sim	Não	Sim	Sim	Sim	-	Sim
	Imp./Exec.	Não	Não	Não	Não	Não	Não	-	Sim
	Norm./Dim.	Sim	Não	Sim	Sim	Não	Sim	-	Sim
Parques lineares	Gerenc./Planej.	Sim	Sim	-	Sim	Sim	Sim	-	Sim
	Imp./Exec.	Sim	Não	-	Sim	Não	Não	-	Não
	Norm./Dim.	Sim	Não	-	Não	Não	Não	-	Sim
	Gerenc./Planej.	Sim	-	-	Sim	Sim	Não	-	Não

SbN	Abordagem	Sul			Sudeste			Brasil	
		Curitiba PR	Florianópolis SC	Porto Alegre RS	Belo Horizonte MG	Rio de Janeiro RJ	São Paulo SP	Vitória ES	Brasília DF
Jardins de chuva	Imp./Exec.	Não	-	-	Sim	Não	Não	-	Não
	Norm./Dim.	Sim	-	-	Sim	Não	Sim	-	Sim
Cobertura/ telhado verde	Gerenc./Planej.	Sim	-	-	Sim	Sim	Sim	-	Não
	Imp./Exec.	Não	-	-	Sim	Não	Não	-	Não
Banhados construídos (wetlands construídos)	Norm./Dim.	Não	-	-	Sim	Não	Sim	-	Sim
	Gerenc./Planej.	Sim	-	-	Não	Sim	Sim	-	-
	Imp./Exec.	Não	-	-	Sim	Não	Não	-	-
	Norm./Dim.	Sim	-	-	Não	Não	Sim	-	-

¹Gerenciamento/Planejamento; ²Implantação/Execução; ³Normatização/Dimensionamento; ⁴Não há menção ao termo. Fonte: Autores (2023).

Pavimentos permeáveis

O pavimento permeável é o dispositivo mais citado por todos os municípios com nomenclaturas, partes e objetivos distintos: todas as cidades os mencionam com relação a gerenciamento ou planejamento; 37,5% em implantação ou execução; e 62,5% em referência a normatização ou dimensionamento.

O MDU de Curitiba trata de pavimento poroso (figura 1) como sendo pavimento de base porosa de infiltração ou retenção e com revestimento permeável ou impermeável, além de especificações de função, restrições de aplicação e pré-dimensionamento (Prefeitura Municipal de Curitiba - PMC, 2017b). Já no PDDrU, Curitiba menciona pisos permeáveis a serem instalados no parque linear ao longo do rio Pilarzinho e também o Decreto 1.066/2006 que determina áreas de passeios permeáveis (PMC, 2017a).

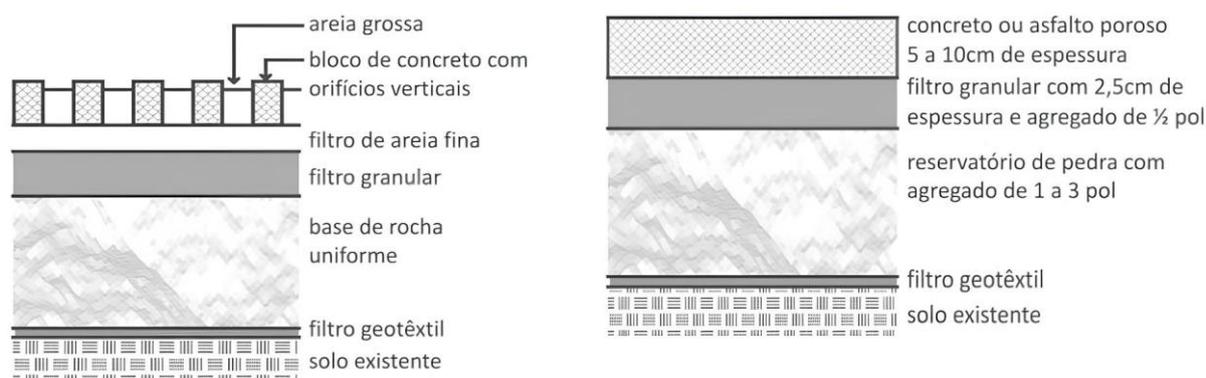


Figura 1 – Representação de pavimento poroso. Fonte: PMC, 2017b.

Florianópolis, por sua vez, nas seções relacionadas à drenagem urbana do município em seu PMSB, só menciona pavimentação permeável em uma de suas metas do Programa de Proteção e Revitalização dos Corpos d’Água que diz respeito a implantação de sistema de infiltração e detenção de águas pluviais através dessa tecnologia (Prefeitura Municipal de Florianópolis - PMF, 2011).

Ademais, Porto Alegre menciona pavimentos permeáveis, pavimento de asfalto poroso, pavimento de concreto poroso e pavimento poroso em seu manual ao referenciar um decreto

regulamentado pelo Plano de Desenvolvimento Urbano e Ambiental que tem por elemento básico “incentivar os empreendedores a utilizarem pavimentos permeáveis e outras medidas de controle na fonte da drenagem urbana” (PMPA, 2005, p. 14), além de tratar como uma alternativa de controle para rede de drenagem pluvial por meio do aumento da infiltração e descrever os critérios de projeto e dimensionamento (PMPA, 2005).

Na Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem de Belo Horizonte são utilizados os termos pavimentos permeáveis, pavimentos porosos e pavimentos infiltrantes em diferentes contextos: é exigido pelo Plano Diretor Municipal medidas de controle na fonte para que as áreas a serem impermeabilizadas não excedam as vazões naturais (pré-urbanização) de saída e citado que os pavimentos porosos são um exemplo de técnica alternativa ou compensatória; é apresentado coeficiente de escoamento superficial a ser utilizado para os pavimentos permeáveis em concreto ou asfalto; pavimentos infiltrantes são tratados como técnica de infiltração que podem ser localizadas próximas à fonte de escoamento; e são citadas recomendações gerais para os dispositivos de infiltração (Prefeitura Municipal de Belo Horizonte - PMBH, 2022b, 2022c).

Ainda, o Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro descreve brevemente o que são, as vantagens e desvantagens dos pavimentos permeáveis e menciona três tipos: pavimento de asfalto poroso, de concreto poroso e de blocos de concreto vazados (Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro - PMRJ, 2015).

O município de São Paulo menciona termos como pavimentos porosos, pisos drenantes e pavimento permeável em todos os aspectos: descrição do conceito como medida de controle na fonte e dispositivo de infiltração; uso de pavimentos permeáveis como medida estrutural de controle na fonte para a redução do escoamento de cheias e diminuição do impacto do desenvolvimento urbano no sistema de drenagem, podendo ser aplicado tanto em área privada quanto pública; ações estratégicas para o sistema de drenagem urbana que inclui a adoção de pisos drenantes nos programas de pavimentação de vias e passeios; o uso de pavimento permeável para estacionamentos do setor privado com obrigatoriedade de 30% dessa área ser piso drenante ou área naturalmente permeável; exemplo de aplicação de pavimentos permeáveis em área de estacionamento no município; fatores condicionantes para aplicabilidade e implantação; e considerações para pré-dimensionamento (Prefeitura de São Paulo - PSP, 2012a, 2012b, 2012c).

Vitória só menciona pavimentos permeáveis em seu MDU do PMSB ao citar que deve ser descontada 50% da área coberta por este dispositivo quando somada para o cálculo das áreas impermeáveis (Prefeitura Municipal de Vitória - PMV, 2015).

Por fim, o Distrito Federal em seus relatórios do PDDrU cita pavimentos permeáveis diversas vezes, sendo elas: como medida de controle do tipo compensatória para alcançar a meta de recarga do aquífero, pouco encontrada na cidade inclusive; e incentivo ao uso de pavimentos permeáveis através de regulamentações para infiltração com redução de 60% da área que utiliza estes pavimentos no cálculo da área impermeável do terreno (Governo do Distrito Federal - GDF, 2008a, 2009). Já em seu MDU, há a adição do termo pisos permeáveis no planejamento da redução da área impermeável no projeto de paisagismo e de drenagem do Estádio Mané Garrincha, além de menções e seções como: um dos dispositivos de controle na fonte mais comuns; suas principais características, variantes, função e efeito; dimensionamento com exemplo; recomendações construtivas e de manutenção, diretrizes e normas a serem consideradas; e campos de aplicação, fatores condicionantes e aplicabilidade (Superintendência de Drenagem Urbana - SDU, 2018).

Poços de infiltração

Os poços de infiltração são pouco citados nos planos e manuais: Florianópolis, Rio de Janeiro e Vitória não o mencionam, resultando que 50% das capitais se referem a eles em relação a gerenciamento ou planejamento, 12,5% a respeito desses dispositivos estarem implantados ou executados e 62,5% disponibilizaram alguma normatização ou dimensionamento.

Ademais, enquanto Porto Alegre traz o detalhamento do dimensionamento dos poços de infiltração (PMPA, 2005), Curitiba os trata como intervenções de microdrenagem complementares às demais, menciona sua função, o conceito como sendo “reservatório vertical e pontual, escavado no solo, que permite a evacuação do escoamento superficial para dentro do solo” (PMC, 2017b, p. 114), e o pré-dimensionamento a ser adotado, com exemplos e representações (PMC, 2017a, 2017b).

Além disso, Belo Horizonte exemplifica dispositivos de controle na fonte baseados na infiltração mencionando-o e ilustra alguns modelos adotados no município. Além disso, provê fórmula de área de infiltração e o volume armazenado a serem calculados para infiltração pelas laterais, a configuração típica (camadas e dispositivos), metodologia para o dimensionamento e *checklist* de conformidade (PMBH, 2022c, 2022d, 2022e).

O município de São Paulo, por sua vez, em seu MDU, descreve os poços de infiltração, suas vantagens e desvantagens, fatores condicionantes para implantação e operação, dimensionamento e o considera como uma das medidas mais adequadas para aplicação em loteamentos (PSP, 2012b, 2012c).

Por último, Brasília trata os poços de infiltração como um dispositivos mais comuns de abatimento de vazão pontual por infiltração ou armazenamento que também tem impactos sobre a qualidade da água superficial, além de prover um mapa com áreas propícias para implantação dos mesmos no município, características, variantes, função, efeito, diretrizes gerais para dimensionamento e manutenção, campos de aplicação com relação a declividade do terreno e fatores condicionantes para implantação (SDU, 2018). A figura 2 apresenta o preenchimento típico de poços de infiltração.

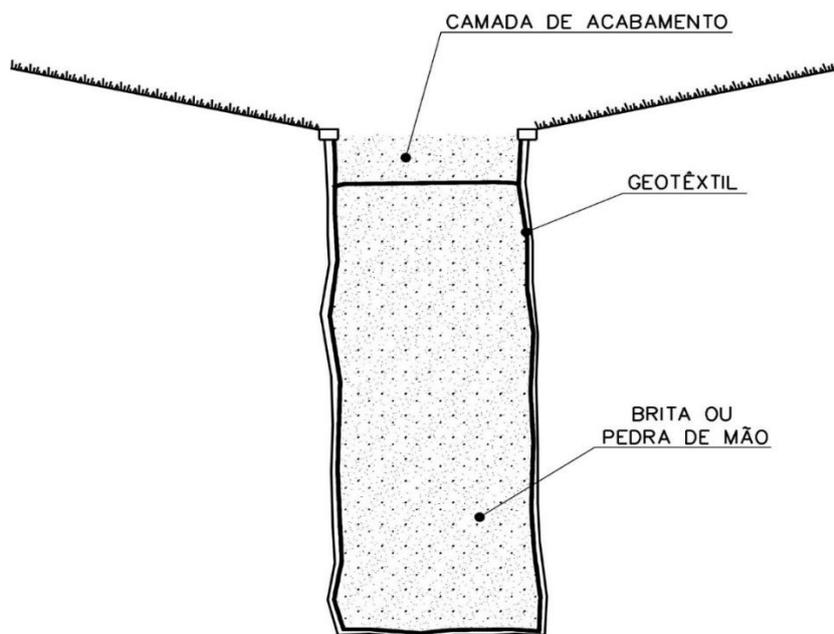


Figura 2– Preenchimento típico de poço de infiltração. Fonte: SDU, 2018.

Trincheiras de infiltração

As trincheiras de infiltração são mencionadas por quase todos os municípios, exceto Florianópolis e Vitória. 62,5% das cidades têm citações ao dispositivo que se enquadram nos quesitos gerenciamento ou planejamento e normatização ou dimensionamento, e 12,5% em relação à implantação ou execução.

As trincheiras de infiltração são mencionadas no PDDrU de Curitiba como também trincheiras absorventes, tratando-as como intervenções lineares de microdrenagem para coleta das águas de escoamento que não ultrapassam 1,5 m de profundidade, ficando o MDU de mencionar a função, as restrições de aplicação e o pré-dimensionamento (PMC, 2017a, 2017b).

Porto Alegre, por sua vez, denomina as trincheiras de infiltração como também bacias de percolação, descrevendo sua principal função e o dimensionamento detalhado das mesmas (PMPA, 2005).

Ainda, o PDDrU de Belo Horizonte menciona que o município pôde avaliar entre os anos de 2006 e 2010, através do projeto SWITCH (*Sustainable Water Management Improves Tomorrow's Cities' Health*), o desempenho de técnicas não convencionais como as trincheiras de infiltração, ilustrando também o uso dessa técnica em uma foto do dispositivo no Parque Nossa Senhora da Piedade. Também é especificado que deve ser considerada a declividade do local e dá outras providências como configuração típica, dimensionamento e um checklist de conformidade do dispositivo (PMBH, 2022a, 2022b, 2022c, 2022e).

Ademais, enquanto que o município do Rio de Janeiro menciona brevemente o que são trincheiras de infiltração sem detalhamentos adicionais e provê uma representação, conforme figura 3 (PMRJ, 2015), São Paulo, em contrapartida, cita que as trincheiras de infiltração são um exemplo típico de dispositivo de infiltração utilizado como medida compensatória aos impactos do desenvolvimento urbano, podendo ser implantado paralelo às vias de transporte e estacionamentos, além de ressaltar seus benefícios e algumas dificuldades de utilização, fatores condicionantes, aplicabilidade, cálculo da vazão contribuinte e uma estimativa da longevidade da estrutura para cálculo de custos de acordo com sua vida útil prevista (PSP, 2012a, 2012b, 2012c).

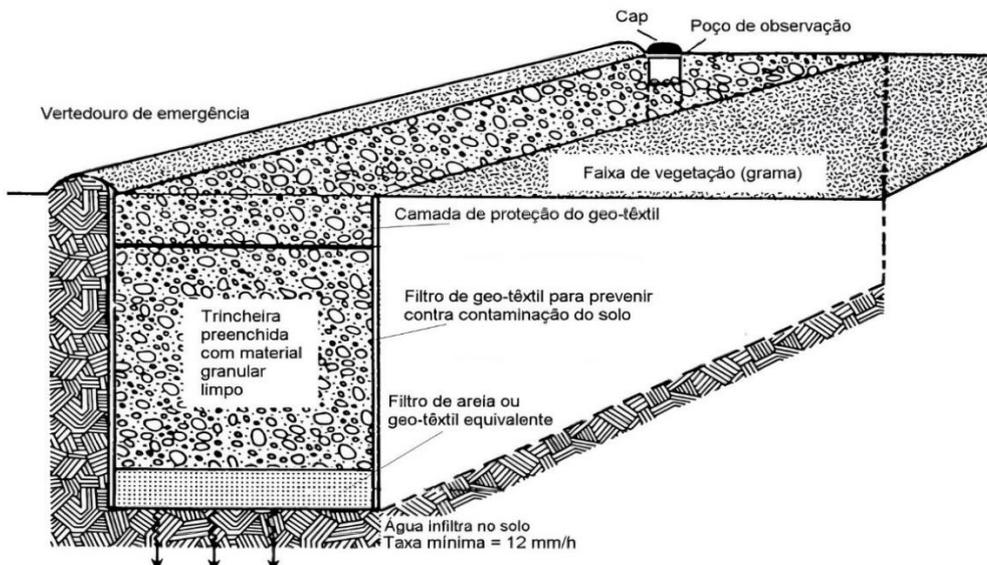


Figura 3 – Trincheira de infiltração. Fonte: PMRJ, 2015.

Por fim, a cidade de Brasília menciona que as trincheiras de infiltração são medidas de controle do escoamento na fonte utilizadas para aumentar a recarga de águas subterrâneas, e as regulamentações existentes incentivam seu uso ao reduzir em 80% as áreas drenadas, pois o dispositivo contribui para a redução da poluição hídrica. No MDU, há uma descrição completa da técnica, além do dimensionamento exemplificado, fatores condicionantes e aplicabilidade, recomendações de manutenção preventiva e outras características particulares (GDF, 2008a, 2009; SDU, 2018).

Valas de infiltração

A cidade de Vitória é a única a não citar valas de infiltração ou similares, sendo que 75% das capitais estudadas as mencionam com relação a gerenciamento ou planejamento, 62,5% no que diz respeito a normatização ou dimensionamento e 12,5% no tocante à implantação ou execução.

No PDDrU de Curitiba, as valas de infiltração também são intervenções de microdrenagem complementares exigidas pela PMC por conta de sua eficácia (PMC, 2017a). No MDU, esse dispositivo é conceituado como “depressões lineares, de drenagem lateral, utilizada paralela às ruas, estradas, estacionamentos e conjuntos habitacionais, entre outros” (PMC, 2017b, p. 110), e são explicadas suas restrições e também o pré-dimensionamento, com exemplos e representações (PMC, 2017b).

Ademais, enquanto Florianópolis trata as valas de infiltração como uma ação no sistema de infiltração e detenção de águas pluviais do Programa de Proteção e Revitalização dos Corpos d’Água, assim como fez com pavimento permeável e calhas vegetadas (PMF, 2011), Porto Alegre exemplifica a estrutura e cita dois autores de métodos de dimensionamento tridimensional a ser seguido dependendo o tipo de vala (PMPA, 2005).

Em Belo Horizonte, as valas de infiltração também são técnicas alternativas propostas para atuar com as técnicas de drenagem convencionais, reduzindo o volume de escoamento drenado, possibilitando a recarga do aquífero e um processo hidrológico mais natural, considerando, contudo, uma declividade máxima do local de implantação (PMBH, 2022b, 2022c).

O PDDrU do Rio de Janeiro, por sua vez, cita somente que valas de infiltração são “canais abertos onde é plantada vegetação específica [que] destina-se a capturar e tratar águas pluviais, geralmente em locais com poucas construções e pequena impermeabilização” (PMRJ, 2015, p. 186).

Ainda, São Paulo também trata as valas de infiltração e valas gramadas (figura 4) como um exemplo de dispositivo de controle na fonte, elencando os benefícios, restrições e fatores condicionantes, além de um breve dimensionamento da vazão de saída (PSP, 2012a, 2012b, 2012c).

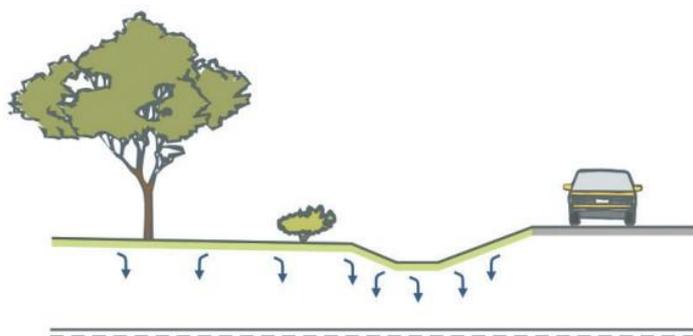


Figura 4– Esquema de vala. Fonte: PSP, 2012b.

Por fim, no PDDrU de Brasília, são utilizados os termos valos gramados e valos permeáveis para se referir a técnicas de controle que também têm seu uso de infiltração incentivado por regulamentações do município (GDF, 2009). No MDU da capital, também é mencionada a implantação de valas de infiltração no projeto de paisagismo e drenagem do Estádio Mané Garrincha, assim como a existência de uma vala de infiltração gramada no canteiro central da via DF003/EPIA, além de serem tratados aspectos como: características, função, efeito, dimensionamento hidráulico com exemplo, fatores condicionantes e aplicabilidade, e recomendações de manutenção (SDU, 2018).

Parques lineares

Para os parques lineares, somente dois municípios não os mencionam, sendo eles Porto Alegre (pois trata-se somente do MDU com majoritariamente dimensionamentos) e Vitória. Com relação aos tipos de abordagem, 75% das cidades analisadas possuem menções que se enquadram em gerenciamento ou planejamento e 25% em implantação ou execução e normatização ou dimensionamento.

O município de Curitiba menciona em seu PDDrU alguns exemplos de parques lineares já instalados (Guairacá e Cajuru), o projeto de instalação de um parque linear no rio Pilarzinho e vários outros, tratando-os como intervenções multifuncionais, pois são a interligação entre áreas verdes e o sistema de drenagem, podendo ser associados a detenções concentradas, como lagoas de detenção e retenção, e também como solução e melhoria dos sistemas de drenagem a serem implantados em áreas de inundações ribeirinhas, por exemplo (PMC, 2017a). Já no MDU do município, é citado parque linear ribeirinho com diversas funções, sua característica principal como sendo a linearidade ao longo de um rio, córrego ou canal, e suas restrições de aplicação (PMC, 2017b).

Florianópolis expõe uma ação do Programa de Proteção e Revitalização dos Corpos D'água para que em seu Plano Diretor Municipal haja a delimitação de áreas destinadas a parques lineares com o objetivo de prevenir e controlar inundações (PMF, 2011).

Ademais, Belo Horizonte menciona também, além de parques lineares, corredores verdes, explicando que uma das diretrizes da gestão de águas urbanas na cidade é a priorização de alternativas que promovam a conexão entre os cursos d'água e a paisagem natural, considerando, quando possível, a implantação de parques lineares em áreas chamadas Conexões de Fundo de Vale definidas no Plano Diretor Municipal de 2019, e de corredores verdes integrados às vias de transporte, objetivando associar a relevância ambiental e ressaltar o uso de SbN no ambiente urbano. Sendo assim, a prefeitura, através do Programa DRENURBS, implantou 20,7 km de parques lineares e, sempre que possível, adota técnicas menos intervencionistas como essa, buscando revitalizar os corpos d'água e mitigar o risco de inundações (PMBH, 2022a, 2022b).

Também, duas premissas adotadas pelo PDDrU do Rio de Janeiro são “reverter os efeitos nocivos da urbanização nas áreas já consolidadas e minimizar os impactos futuros desse processo nas áreas em processo de urbanização” e “priorizar sistemas ‘on-line’ e por gravidade no planejamento das estruturas de reservação e o uso de áreas públicas” (PMRJ, 2015, p. 28 e 29) adotando, quando houver disponibilidade de terreno, parques lineares. Além disso, também é explicado qual o objetivo principal dos parques lineares e menciona o Projeto de Controle de Inundações e Recuperação Ambiental das Bacias dos rios Iguaçu, Botas e Sarapuí, que inclui a implantação de parques lineares e reflorestamento de margens (PMRJ, 2015).

Ainda, no MDU de São Paulo, os parques lineares são tratados como áreas marginais dos canais que podem ser utilizadas para recreação e lazer e servem como medidas estruturais de controle na fonte, pois, além de retardar o escoamento, melhoram a qualidade da água e impedem a ocupação irregular. É destacado ainda que um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente de 1981 é a criação de áreas protegidas pelo Poder Público federal, estadual e municipal, tal como parques lineares ao longo dos rios, estabelecidas pelo Plano Diretor Estratégico (PDE) como Áreas de Intervenção Urbana, compreendendo diferentes faixas a depender da margem do curso d'água e de sua planície aluvial. Menciona-se ainda recomendações para naturalização da morfologia dos corpos hídricos, com limpeza da calha e margens e prevenção de erosão para alcançar o desenho natural do rio canalizado (PSP, 2012a, 2012b, 2012c).

Por último, Brasília cita que o Plano Diretor de Ordenamento Territorial tem como uma de suas diretrizes a adoção de corredores ecológicos quando conveniente em zonas de amortecimento no que diz respeito aos planos de manejo, para contribuir com a valorização da paisagem, redução das vazões e melhoria da qualidade da água (GDF, 2008b; SDU, 2018).

Jardins de chuva

Os jardins de chuva são pouco retratados pelos PDDrU e MDU das capitais, como é possível notar na tabela 3. Foram consideradas, portanto menções indiretas como faixa, canaleta e valeta gramadas ou ajardinadas e sistema de biorretenção, analisadas caso a caso. 37,5% das capitais englobadas neste estudo citaram o dispositivo com abordagem para gerenciamento ou planejamento, 12,5% para implantação ou execução e 50% para normatização ou dimensionamento.

Assim como no PDDrU do Rio de Janeiro é mencionada a biorretenção como “uma estrutura em forma de trincheira, com vegetação e camadas de solos na qual o escoamento superficial é armazenado e filtrado” (PMRJ, 2015, p. 186), São Paulo cita a biorretenção como uma técnica de filtração e fornece sua matriz de aplicabilidade com relação ao uso do solo, às características locais e à quantidade e qualidade (PSP, 2012c).

Curitiba menciona as canaletas gramadas ou ajardinadas como uma intervenção de microdrenagem e descreve a função, conceito, restrições e pré-dimensionamento das faixas e valetas gramadas, as quais são dimensionadas para um escoamento laminar (PMC, 2017a; 2017b).

Ademais, Belo Horizonte tem pelo menos três jardins de chuva implantados, um demonstrativo no Parque Fazenda Lagoa do Nado, resultado do programa INTERACT-Bio, outro no Parque Nossa Senhora da Piedade, e mais um no bairro Itapoã ao lado de uma via, e ainda pretende instalar jardins de chuva na Bacia do Córrego do Nado, com o objetivo de exemplificar o uso de técnicas de controle em áreas públicas. O PDDrU do município explica que os jardins de chuva são técnicas para infiltração com perfil de solo modificado para aumentar a porosidade e dá outras providências, como a metodologia para o dimensionamento, com fórmulas de área de infiltração e volume armazenado, a configuração típica do dispositivo (figura 5), detalhes que deverão constar no projeto, recomendações de manutenção e *checklist* de conformidade (PMBH, 2022a, 2022b, 2022c, 2022d, 2022e).

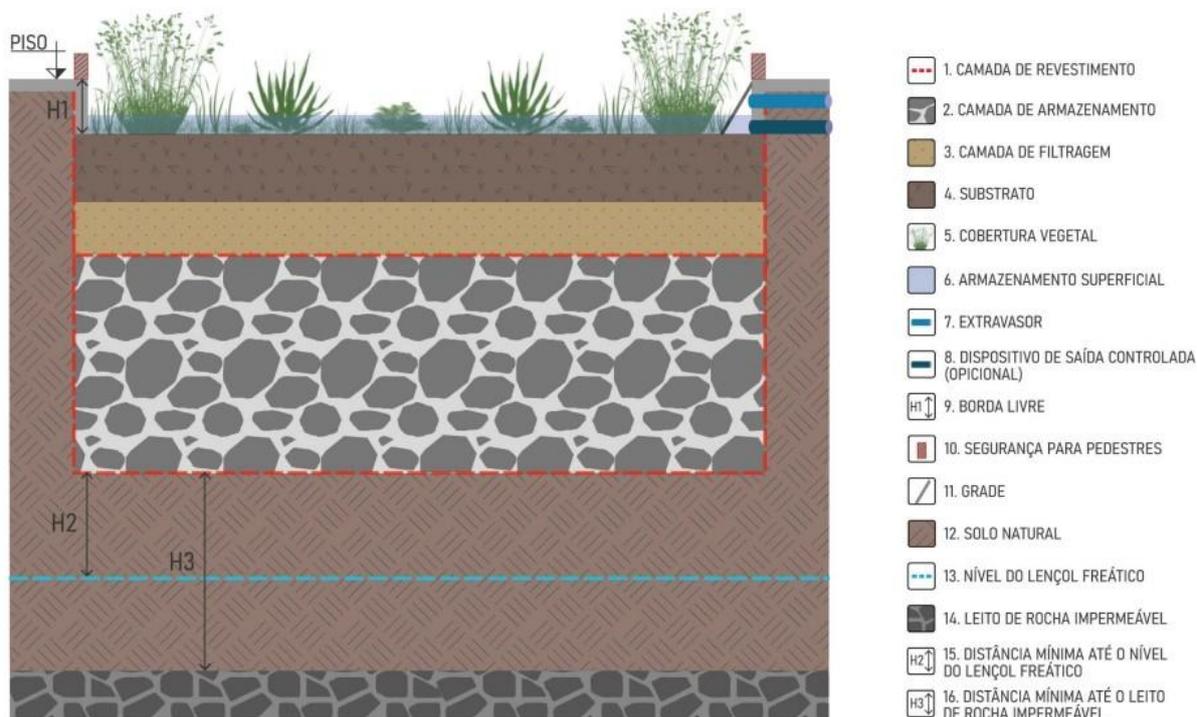


Figura 5- Configuração típica de um jardim de chuva. Fonte: PMBH, 2022c.

Por fim, Brasília trata das faixas gramadas e jardins de chuva só em seu MDU, onde menciona que é uma das técnicas de tratamento por filtração da água da chuva e explica seus principais objetivos como dispositivo de infiltração, suas características e aplicações, qual processo de dimensionamento deve ser seguido, fatores condicionantes e recomendações gerais de manutenção (SDU, 2018).

Coberturas/telhados verdes

As coberturas e telhados verdes são mencionados por 62,5% dos municípios estudados, sendo excluído nos PDDrU e MDU de Florianópolis, Porto Alegre e Vitória, resultando que 50% das capitais pesquisadas abordam esse dispositivo no tocante a gerenciamento ou planejamento, 12,5% quanto à implantação ou execução e 37,5% em referência a normatização ou dimensionamento.

No PDDrU do Rio de Janeiro, os telhados verdes são definidos como uma técnica aplicada nas coberturas das casas e prédios com camada de solo e vegetação, tendo alguns benefícios como: facilitar a drenagem, isolamento acústico e térmico e melhoria estética e ambiental (PMRJ, 2015).

Belo Horizonte, por sua vez, traz os telhados verdes como “jardins executados sobre coberturas impermeáveis” (PMBH, 2022c, p. 81), explica alguns benefícios apontados pela literatura científica, e determina alguns tipos e estrutura, o dimensionamento a ser feito, critérios e detalhes de projeto, operação e manutenção a serem executadas, além de considerações gerais para o ajardinamento. No PDDrU do município também consta dois telhados verdes implantados: um em um polo da Unimed e outro na Faculdade de Ciências Médicas (PMBH, 2022c, 2022f).

Curitiba menciona somente uma vez a cobertura verde, referenciada no PDDrU como medida de controle constituída por depósito de terra e plantação no topo das edificações, que reduz o custo da obra e se torna um excelente isolamento acústico, além de ajudar na eliminação das águas pluviais e renovação do ar (PMC, 2017a).

Ainda, o MDU do município de São Paulo trata os telhados verdes como um tipo dentro da classificação de telhado reservatório ou armazenador, tratando-o como controle na fonte e determinando quais podem ser suas aplicações (PSP, 2012b, 2012c), assim como Brasília que os chama de variante do telhado reservatório (SDU, 2018).

Banhados construídos (wetlands construídos)

Os banhados construídos ou *wetlands* construídos são a SbN menos citada dentre todas as outras pelos municípios estudados. Na tabela 3 é possível observar que mesmo quando são citadas, não o são em todos os aspectos: 37,5% das capitais abordam essa SbN no quesito gerenciamento ou planejamento, 12,5% em implantação ou execução e 25% com normatização ou dimensionamento.

O PDDrU do Rio de Janeiro especifica que as *wetlands* “são estruturas receptoras de águas de chuvas e lançamentos de esgoto” (PMRJ, 2015, p. 186) e que possuem plantas aquáticas em substratos de areia, cascalho ou outro material inerte para que através dos processos físico-químico-biológicos, haja remoção de poluentes (PMRJ, 2015). A figura 6 apresenta uma estrutura simplificada deste dispositivo.



Figura 6- Estrutura básica de wetland, onde o afluente a ser filtrado e limpo é despejado pela tubulação de alimentação (à esquerda), passa pelas raízes da fileira de plantas, nas quais poluentes são retidos, convertendo-se em efluente tratado, o qual é direcionado à tubulação de coleta (à direita). Fonte: PMRJ, 2015.

Curitiba utiliza o termo banhados construídos como uma medida estrutural de grande porte aplicada para atenuar os picos de cheia e empregada para melhoria dos sistemas de drenagem, além de mencionar seu conceito de área verde com espécies nativas comuns em solos inundados, suas diversas funções como recarga do aquífero, melhoria da qualidade da água e restauração de ecossistemas, e restrições de aplicação (PMC, 2017a, 2017b).

Belo Horizonte, por sua vez, menciona as *wetlands* desenvolvidas e avaliadas como técnicas não convencionais de manejo de águas urbanas pelo projeto SWITCH promovido pelo instituto IHE-UNESCO com apoio da UFMG (PMBH, 2022a).

Por último, São Paulo também cita os termos alagados construídos e alagadiços como sinônimos, e explica que são medidas estruturais a serem estudadas como alternativa compensatória de controle na fonte com o objetivo de reduzir o volume de escoamento e/ou remover os poluentes da água. Também delimita as porcentagens de remoção de sólidos suspensos, fósforo, nitrogênio, zinco e bactérias com o intuito de observar a eficiência do dispositivo, e algumas características básicas de projeto, como a lâmina d'água, e sua aplicabilidade. Além disso, há uma seção denominada Sistema de *Wetlands* Construídas com Prioridades em Áreas de Proteção de Mananciais, que engloba a utilização desse sistema para tratamento de águas, principais componentes, mecanismos de tratamento e desempenho na remoção de poluentes (PSP, 2012a, 2012b, 2012c). A figura 7 ilustra um pequeno alagadiço que, de acordo

com a PSP (2012b, p. 156), pode ser construído “como forma de reter sedimentos e poluentes do escoamento superficial”.

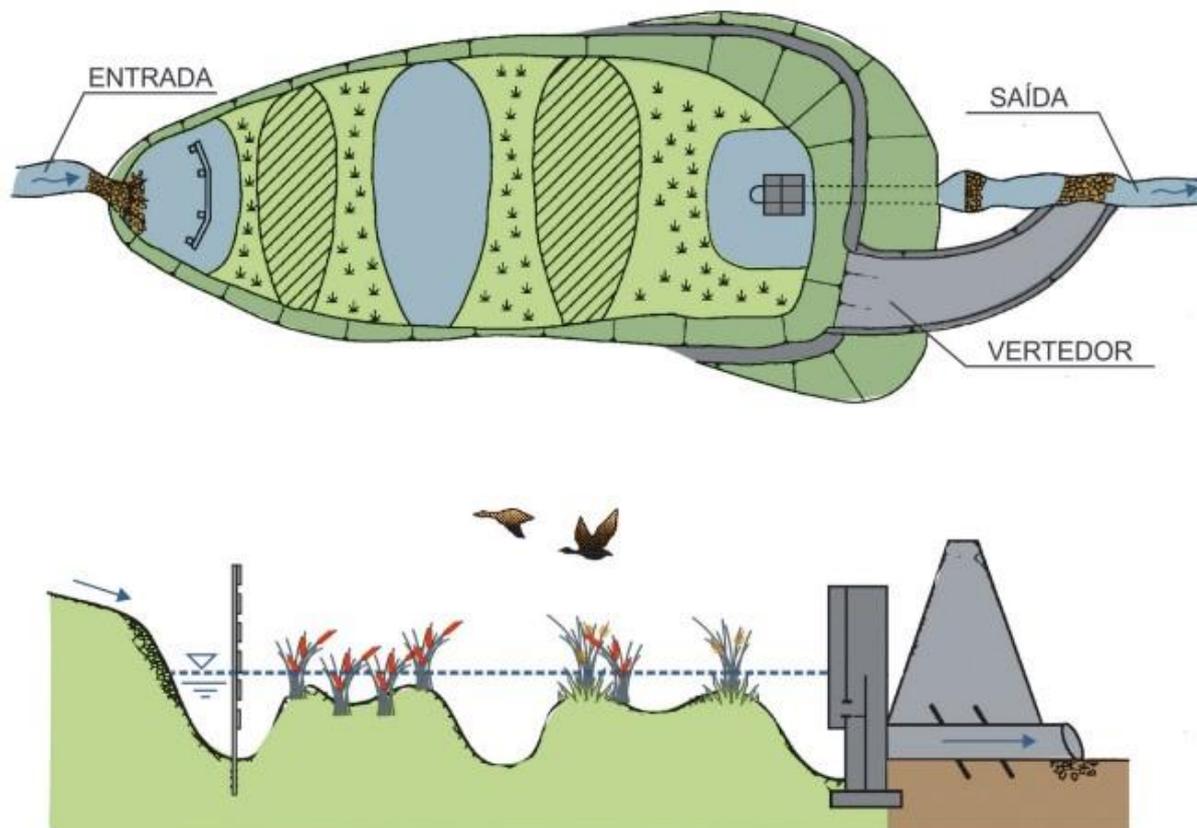


Figura 7 - Alagadiço. Fonte: PSP, 2012b.

Conclusões

A busca por soluções eficazes na gestão da drenagem urbana é essencial para lidar com os impactos dos eventos climáticos extremos e da urbanização acelerada. Neste artigo, as SbN são destacadas como alternativas promissoras para enfrentar os desafios da drenagem urbana no Brasil. Os casos nacionais demonstram que, embora ainda em estágio preliminar, as SbN podem complementar o sistema tradicional, reduzindo o risco de alagamentos, melhorando a qualidade da água, aumentando a resiliência urbana, valorizando o ambiente natural, e promovendo a biodiversidade urbana.

A análise dos PDDrU, MDU e PMSB revelou que, apesar do avanço na utilização das SbN como opção complementar, ainda há desafios na implementação efetiva em áreas urbanas. A falta de menção à uma abordagem integrada nesses documentos, considerando a complexidade urbana e as especificidades de cada solução, é um obstáculo para a eficácia dessas soluções. Portanto, é necessário maior cooperação e comprometimento com o desenvolvimento de metodologias e tecnologias que melhorem a eficiência dessas soluções em contextos urbanos variados.

Este estudo destaca a importância das SbN na gestão das águas pluviais urbanas no Brasil, promovendo a proteção do ambiente e o bem-estar das comunidades. Com abordagens inovadoras e

sustentáveis, e o comprometimento de diversos interessados, podemos criar cidades mais resilientes e saudáveis para todos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Soluções baseadas na Natureza (INCT SbN), projeto financiado pelo MCTI, CNPq, CAPES e FAPERGS, pelo financiamento concedido a esta pesquisa.

Declaração de disponibilidade de dados

O conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste artigo está disponível no SciELO DATA e pode ser acessado em <https://doi.org/10.48331/scielodata.XGYLX6>

Referências

- Baptista, M. B., Nascimento, N. O. & Barraud, S. (2005). *Técnicas compensatórias em drenagem urbana* (1ª ed.). Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- Brasil (2023). *Diagnósticos. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional*. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/diagnosticos_snis.
- Cabral, L. N., & Cândido, G. A. (2019). Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, e20180063. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.AO08>
- Canholi, A. P. (2014). *Drenagem urbana e controle de enchentes* (2ª ed.). São Paulo: Oficina de Textos.
- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (Orgs.). (2016). *Nature-based solutions to address global societal challenges*. Gland: International Union for Conservation of Nature. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>.
- Da Silva, C., Schardong, A., Garcia, J., & Oliveira, C. (2018). Climate Change Impacts and Flood Control Measures for Highly Developed Urban Watersheds. *Water*, 10(7), 829. <https://doi.org/10.3390/w10070829>.
- Emilsson, T., & Sang, O. Å. (2017). Impacts of climate change on urban areas and nature-based solutions for adaptation. In N. Kabisch, H. Korn, J. Stadler, & A. Bonn (Orgs.), *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas* (p. 15–27). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_2.
- European Commission. (2021). *Brief me on nature-based solutions*. https://knowledge4policy.ec.europa.eu/biodiversity/brief-me-nature-based-solutions_en.
- Fletcher, T. D., Shuster, W., Hunt, W. F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.-L., Mikkelsen, P. S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D., & Viklander, M. (2015). SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. *Urban Water Journal*, 12(7), 525–542. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>.

Fraga, R. G. & Sayago, D. A. V. (2020). Soluções Baseadas na Natureza: uma revisão sobre o conceito. In *Parcerias Estratégicas, Edição especial* (50, 25, p. 67-82). Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. Recuperado em 02 de agosto de 2023, de https://seer.cgee.org.br/parcerias_estrategicas/.

Governo do Distrito Federal (2008a). *Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal: Volume 4 - Caracterização*. Brasília. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://portalhomolog.adasa.df.gov.br/drenagem-urbana/plano-diretor-de-drenagem-urbana-pddu-df>.

Governo do Distrito Federal (2008b). *Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal: Volume 6 - Análise e articulação entre planejamento urbano e o sistema de drenagem, caracterização das condições sanitárias e ambientais dos meios receptores e caracterização do problema de interconexão entre as redes de drenagem pluvial e de esgotos doméstico e industrial*. Brasília. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://portalhomolog.adasa.df.gov.br/drenagem-urbana/plano-diretor-de-drenagem-urbana-pddu-df>.

Governo do Distrito Federal (2009). *Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal: Volume 10 - Plano de modernização*. Brasília. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://portalhomolog.adasa.df.gov.br/drenagem-urbana/plano-diretor-de-drenagem-urbana-pddu-df>.

Lourenço, R. R. de A. (2014). *Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis* (Dissertação de Mestrado). Instituto Politécnico de Coimbra, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra. Recuperado em 12 de agosto de 2023, de <https://comum.rcaap.pt/>.

Marelle, L., Myhre, G., Steensen, B. M., Hodnebrog, Ø., Alterskjær, K., & Sillmann, J. (2020). Urbanization in megacities increases the frequency of extreme precipitation events far more than their intensity. *Environmental Research Letters*, 15(12), 1-9. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abcc8f>.

Oliveira, M. & Gallardo, A. L. C. F. (2022). Soluções baseadas na Natureza nos Projetos de Drenagem Urbana em São Paulo. In *XXIV Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente* (p. 1-17). São Paulo: Faculdade de Engenharia e Agronomia da Universidade de São Paulo. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de https://engemausp.submissao.com.br/24/anais/resumo.php?cod_trabalho=36.

Prefeitura de São Paulo (2012a). *Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Volume 1 - Gerenciamento do Sistema de Drenagem Urbana*. São Paulo. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/biblioteca_digital/.

Prefeitura de São Paulo (2012b). *Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Volume 2 - Aspectos Tecnológicos: Fundamentos*. São Paulo. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/biblioteca_digital/.

Prefeitura de São Paulo (2012c). *Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Volume 3 - Aspectos Tecnológicos: Diretrizes para Projetos*. São Paulo. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/biblioteca_digital/.

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2022a). *Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem: Capítulo 1 - Drenagem Urbana em Belo Horizonte*. Belo Horizonte. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/publicacoes/instrucao-estudos-e-projetos-de-drenagem>.

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2022b). *Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem: Capítulo 2 - Parcelamento do Solo com Vistas à Drenagem Urbana*. Belo Horizonte. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/publicacoes/instrucao-estudos-e-projetos-de-drenagem>.

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2022c). *Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem: Capítulo 3 - Controle na Fonte e Lançamento no Sistema Público de Drenagem*. Belo Horizonte. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/publicacoes/instrucao-estudos-e-projetos-de-drenagem>.

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2022d). *Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem: Capítulo 4 - Sistema de Drenagem Pluvial: Microdrenagem e Controles Regionais*. Belo Horizonte. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/publicacoes/instrucao-estudos-e-projetos-de-drenagem>.

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2022e). *Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem: Apêndice 5 - Checklist Controle na Fonte*. Belo Horizonte. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/publicacoes/instrucao-estudos-e-projetos-de-drenagem>.

Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (2022f). *Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem: Apêndice 8 - Considerações Gerais para o Ajardinamento de Telhados Verdes*. Belo Horizonte. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/informacoes/publicacoes/instrucao-estudos-e-projetos-de-drenagem>.

Prefeitura Municipal de Curitiba (2017a). *Plano Municipal de Saneamento Básico: Volume V - Plano Diretor de Drenagem*. Curitiba. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2017/00211748.pdf>.

Prefeitura Municipal de Curitiba (2017b). *Plano Diretor de Drenagem Urbana de Curitiba: Volume IV - Manual de Drenagem*. Curitiba. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://mid.curitiba.pr.gov.br/2018/00238310.pdf>.

Prefeitura Municipal de Florianópolis (2011). *Plano Municipal Integrado de Saneamento de Saneamento Básico: Produto 11 - Versão Consolidada Final*. Florianópolis. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/infraestrutura/index.php?cms=plano+integrado+de+saneamento+b+asico>.

Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2005). *Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana*. Porto Alegre. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=66.

Prefeitura Municipal de Porto Alegre (2015). *Plano Municipal de Saneamento Básico: Programas, Participação Social e Indicadores*. Porto Alegre. Recuperado em 28 de dezembro de 2023, de <https://prefeitura.poa.br/dmlu/plano-municipal-de-saneamento-basico>.

Prefeitura Municipal de Porto Alegre (n.d.). *Plano Diretor de Drenagem Urbana*. Porto Alegre. https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=66.

Prefeitura Municipal de Vitória (2015). *Plano Municipal de Saneamento Básico de Vitória - ES: Manual de Drenagem Urbana do Município de Vitória*. Vitória. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de <https://sites.vitoria.es.gov.br/pmsb/storage/2017/06/adendo-manual-de-drenagem1.pdf>.

Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro (2015). *Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da Cidade do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/8940582/4249724/RA0027.RA.3775_RELATORIOSINTESEPDMAP.pdf

Superintendência de Drenagem Urbana (2018). *Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal*. Brasília. Recuperado em 08 de agosto de 2023, de https://portalhomolog.adasa.df.gov.br/drenagem-urbana/manual-drenagem?show_menu=1&menu_name=drenagem-urbana.

Tucci, C. E. M. (Orgs.). (2007). *Hidrologia: ciência e aplicação* (4ª ed, v. 4). Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Editor responsável: Luciene Pimentel da Silva

Recebido: Jan. 17, 2024

Aprovado: Nov. 12, 2024