

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS - *CAMPUS* SANTA LUZIA  
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

Rodrigo Quirino dos Santos

**DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES QUANTO A BOAS PRÁTICAS  
CONSTRUTIVAS E DE MANUTENÇÃO PARA JARDINS DE CHUVA: Estudo de  
caso do município de Belo Horizonte – MG**

Santa Luzia

2025

RODRIGO QUIRINO DOS SANTOS

**DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES QUANTO A BOAS PRÁTICAS  
CONSTRUTIVAS E DE MANUTENÇÃO PARA JARDINS DE CHUVA: Estudo de  
caso do município de Belo Horizonte – MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Santa Luzia para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Augusto de Miranda

Santa Luzia

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S146d Santos, Rodrigo Quirino dos

Diagnóstico e proposição de diretrizes quanto a boas práticas construtivas e de manutenção para jardins de chuva: Estudo de caso do município de Belo Horizonte – MG / Rodrigo Quirino dos Santos. - 2025.  
128 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - Campus Santa Luzia, 2025.

Orientador: Doutor Daniel Augusto de Miranda

1. Drenagem urbana. 2. Manejo das águas pluviais. 3. Jardins de chuva. I. Miranda, Daniel Augusto de, orient. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Santa Luzia, MG. III. Título.

CDU: 628.3

Elaborada pela Biblioteca do IFMG campus Santa Luzia



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**  
Campus Santa Luzia  
Diretoria de Ensino, Pesquisa e Extensão  
Docência Eixo Tecnologias- TEC 2 (Tecnologias, Estruturas)  
Rua Érico Veríssimo, 317 - Bairro Londrina - CEP 33115-390 - Santa Luzia - MG  
3136343910 - www.ifmg.edu.br

## **ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Aos onze dias do mês de março de dois mil e vinte e cinco, às 15h, reuniram-se, em sessão pública, os membros da banca composta pelo Prof. Daniel Augusto de Miranda (orientador), Instituto Federal de Minas Gerais – Campus Santa Luzia, Verônica Bernardes de Souza Léo (avaliadora interna) e Neimar de Freitas Duarte (avaliador interno), para avaliar o Trabalho de Conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil intitulado **DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES QUANTO A BOAS PRÁTICAS CONSTRUTIVAS E DE MANUTENÇÃO PARA JARDINS DE CHUVA: Estudo de caso do município de Belo Horizonte – MG**, apresentado pelo discente **Rodrigo Quirino dos Santos**. A banca examinadora, tendo terminado a apresentação do conteúdo do Trabalho de Conclusão de Curso, passou à arguição do candidato. Em seguida, os examinadores reuniram-se para avaliação e deram o parecer final sobre o trabalho apresentado pelo discente, tendo sido **aprovado** com nota **95,1**. O estudante terá o prazo de 30 dias para realizar as correções sugeridas pela banca e enviar a versão final ao orientador, sendo a verificação das modificações sugeridas de responsabilidade do orientador. O não envio da versão final corrigida implicará na impossibilidade de solicitação do diploma por parte do discente. Nada mais havendo a tratar a defesa foi encerrada e eu, Daniel Augusto de Miranda, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada, foi assinada por todos os membros da banca.

Santa Luzia, 11 de março de 2025.

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** DANIEL AUGUSTO DE MIRANDA  
Data: 11/03/2025 17:59:42-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Daniel Augusto de Miranda (orientador)

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** RODRIGO QUIRINO DOS SANTOS  
Data: 11/03/2025 18:25:01-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rodrigo Quirino dos Santos (estudante)



Documento assinado digitalmente  
**VERONICA BERNARDES DE SOUZA LEO**  
Data: 11/03/2025 16:52:18-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Verônica Bernardes de Souza Léo**  
(avaliadora interna)



Documento assinado digitalmente  
**NEIMAR DE FREITAS DUARTE**  
Data: 11/03/2025 17:22:53-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

**Neimar de Freitas Duarte (avaliador interno)**

## RESUMO

O crescimento da população urbana sem o devido planejamento e gestão do espaço resultou no acréscimo de superfícies impermeáveis que, com a construção de edifícios, residências, vias públicas e passeios, provocou a diminuição do volume de infiltração das águas pluviais e no aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial. Buscaram-se então técnicas compensatórias de drenagem urbana, como exemplo, os jardins de chuva, para auxiliar o sistema de drenagem urbana convencional no manejo do escoamento superficial e mitigação das inundações e alagamentos. Assim, é importante realizar estudos nesta temática, haja vista que não foram identificadas pesquisas abordando os jardins de chuva de Belo Horizonte, município adotado como referência para este estudo. Nesse sentido, foram propostas diretrizes quanto a boas práticas para a construção e a manutenção dos jardins de chuva implantados pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH). Para isso, realizou-se o diagnóstico por meio das visitas *in loco* aos sete jardins de chuva selecionados para esta pesquisa, em dias com e sem evento chuvoso, além da aplicação de um questionário a alguns moradores que participam do programa Adote um Jardim de Chuva da PBH, para avaliar a percepção e opinião destes quanto à conservação, manutenção e suporte por parte da prefeitura. Nas visitas a campo, foi identificada uma variação no tipo de entrada do dispositivo, a falta de sarjeta em algumas vias públicas onde se localiza o jardim de chuva, a ausência de vegetação em algumas partes da superfície do dispositivo, inclusive com caso de erosão. Observou-se também um baixo volume do escoamento superficial captado pela entrada dos sete jardins de chuva, resultando no acúmulo de água pluvial antes de sua entrada e no desvio do escoamento superficial pela parte externa da estrutura do dispositivo. Assim, com a identificação dos pontos que precisam de melhorias nos dispositivos, foram formuladas diretrizes quanto à disposição da estrutura na via pública, à captação do escoamento superficial, à altura da região da lâmina d'água, à declividade superficial do jardim de chuva, à manutenção, sinalização e monitoramento dos dispositivos e suporte por parte da PBH aos adotantes.

**Palavras-chaves:** Drenagem urbana. Escoamento superficial. Jardim de chuva. Técnica compensatória.

## ABSTRACT

The growth of the urban population without proper planning and spatial management has resulted in an increase in impermeable surfaces, which, along with the construction of buildings, residences, public roads, and sidewalks, has caused a reduction in the volume of rainwater infiltration and an increase in the volume and velocity of surface runoff. Compensatory urban drainage techniques were then sought, such as rain gardens, to assist the conventional urban drainage system in managing surface runoff and mitigating floods and inundations. Thus, it is important to conduct studies on this subject, as no research has been identified addressing the rain gardens of Belo Horizonte, the municipality chosen as a reference for this study. In this context, guidelines were proposed for good practices in the construction and maintenance of rain gardens implemented by the Municipality of Belo Horizonte (PBH). For this purpose, a diagnosis was carried out through on-site visits to the seven rain gardens selected for this research, on days with and without rainy events, in addition to applying a questionnaire to some residents participating in the PBH's Adopt a Rain Garden program, to evaluate their perception and opinions on conservation, maintenance, and support from the municipality. During field visits, variations in the type of device entry were identified, the lack of gutters in some public roads where the rain garden is located, and the absence of vegetation in some parts of the device's surface, including cases of erosion. A low volume of surface runoff captured by the entry points of the seven rain gardens was also observed, resulting in the accumulation of rainwater before its entry and the diversion of surface runoff through the external part of the device structure. Thus, with the identification of areas requiring improvement in the devices, guidelines were formulated regarding the arrangement of the structure on public roads, the capture of surface runoff, the height of the water surface area, the surface slope of the rain garden, maintenance, signage, and monitoring of the devices, and the support provided by PBH to adopters.

**Keywords:** Urban drainage. Surface runoff. Rain garden. Compensatory technique.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e à espiritualidade amiga por sempre guiar e iluminar o caminho percorrido desde o início da graduação até o presente momento da conclusão do curso, acalmando a tempestade, concedendo força e sabedoria no ao longo dos últimos anos.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais, Carlos e Cláudia, e ao meu irmão, Eduardo, pela paciência e por sempre acreditarem, incentivarem e apoiarem nessa caminhada acadêmica e profissional. E também aos demais familiares por todo apoio e incentivo.

Agradeço também ao meu orientador, o professor Daniel Augusto de Miranda, por todo o suporte científico e teórico, pelo apoio, pelas sugestões e *feedbacks* realizados ao longo da elaboração dessa pesquisa. Faço também o meu agradecimento à Maria Thereza Rocha Chaves, pelo acompanhamento, compartilhamento da experiência no tema e suporte teórico na fase inicial da pesquisa.

Aos professores(as), por todo conhecimento e experiência compartilhada ao longo do curso, extensivo aos colegas e demais profissionais do IFMG – *Campus* Santa Luzia, fica o meu agradecimento.

Por fim, agradeço também a todos que contribuíram, de certa forma, para o desenvolvimento do presente estudo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 – Balanço hídrico com o crescimento da urbanização .....	25
Figura 4.2 – Mudança nos hidrogramas de vazão devido à urbanização sem controle e redução da permeabilidade do solo .....	26
Figura 4.3 – Microdrenagem em via urbana.....	27
Figura 4.4 – Estrutura de galeria de grande porte.....	28
Figura 4.5 – Classificação das técnicas compensatórias de drenagem urbana .....	30
Figura 4.6 – Bacia de detenção.....	31
Figura 4.7 – Ilustração de uma vala de retenção .....	32
Figura 4.8 – Exemplo de telhado verde em uma edificação.....	32
Figura 4.9 – Trincheira de infiltração entre a via pública e o passeio.....	33
Figura 4.10 – Poço de infiltração.....	34
Figura 4.11 – Ilustração de um jardim de chuva.....	35
Figura 4.12 – Exemplos de jardins de chuva da PBH .....	36
Figura 4.13 – Esquema das camadas e elementos dos jardins de chuva da PBH....	37
Figura 4.14 – Configuração possível da distribuição das espécies no jardim de chuva da PBH.....	38
Figura 4.15 – Configuração possível da distribuição das espécies no jardim de chuva da PBH em locais com área sombreada no decorrer do dia.....	39
Figura 4.16 – Exemplo de um projeto original do jardim de chuva elaborado pela PBH.....	40
Figura 5.1 – Fluxograma do processo metodológico utilizado .....	41
Figura 5.2 – Modelo de jardim de chuva de módulo simples .....	42
Figura 5.3 – Modelo de jardim de chuva de módulo duplo .....	42
Figura 5.4 – Exemplificação das camadas do jardim de chuva.....	43
Figura 5.5 – Camadas dos jardins de chuva da opção A .....	44
Figura 5.6 – Camadas dos jardins de chuva da opção B .....	44
Figura 5.7 – Ilustração do modo de coletar as medidas do jardim de chuva de tipologia módulo simples .....	46
Figura 5.8 – Critério para identificar o nível da lâmina d'água no jardim de chuva durante as visitas com evento chuvoso.....	46
Figura 5.9 – Localização dos Bairros Santa Amélia e Itapoã, na regional Pampulha e do Bairro Planalto, na regional Norte .....	47

Figura 5.10 – Bairro Santa Amélia .....	48
Figura 5.11 – Bairro Itapoã.....	49
Figura 5.12 – Bairro Planalto.....	51
Figura 5.13 – Bacia Hidrográfica do Córrego do Nado.....	52
Figura 5.14 – Destaque das 3 sub-bacias hidrográfica da bacia do Córrego do Nado .....	52
Figura 5.15 – Mapa ilustrativo de eventos de chuva por regional emitido pela Defesa Civil de Belo Horizonte .....	54
Figura 6.1 – Desvio do escoamento superficial no jardim de chuva nº 2 (27/07/24) .	65
Figura 6.2 – Detalhe da faixa de brita da entrada do jardim de chuva nº 14 (15/12/24) .....	66
Figura 6.3 – Irregularidades a montante da entrada do dispositivo nº 14 (15/12/24)	67
Figura 6.4 – Sistema de drenagem convencional no lado oposto ao jardim de chuva e declividade lateral desfavorável ao dispositivo nº 14 (15/12/24) .....	70
Figura 6.5 – Perfil de elevação lateralmente da via pública próximo ao jardim de chuva nº 14 .....	71
Figura 6.6 – Detalhe da entrada do jardim de chuva nº 8 com captação do escoamento superficial pela pequena fenda (27/10/24) .....	80
Figura 6.7 – Detalhe no acúmulo de água na entrada do jardim de chuva nº 1 (28/12/24).....	81
Figura 6.8 – Lâmina d’água variável em função da declividade do dispositivo nº 9 (22/01/25).....	82
Figura 6.9 – Jardim de chuva nº 2 interditado (09/11/24).....	84
Figura 6.10 – Ocorrência de erosão na porção central do jardim de chuva nº 2 (09/11/24).....	84
Figura 6.11 – Detalhe da erosão sob o passeio ao lado do jardim de chuva nº 2 (09/11/24).....	85
Figura 6.12 – Jardim de chuva nº 2 após recuperação da erosão (20/02/25).....	85
Figura 6.13 – Destaque da pequena erosão na porção central do jardim de chuva nº 14 (28/12/24).....	86
Figura 6.14 – Detalhe da lateral do jardim de chuva nº 13 (29/01/25) .....	87
Figura 6.15 – Detalhe da saída do jardim de chuva nº 1 com escoamento superficial (28/12/24).....	88

Figura 6.16 – Detalhe da entrada com uma largura maior do jardim de chuva nº 22 (15/12/24).....	95
Figura 6.17 – Exemplo de entrada indicada para jardins de chuva.....	96
Figura 6.18 – Exemplo de jardins de chuva em Nova Iorque (EUA) com entradas laterais.....	97
Figura 6.19 – Detalhe do extravasor com uma altura menor que à altura das guias da estrutura do jardim de chuva (29/01/25).....	98
Figura 6.20 – Ilustração em corte de um jardim de chuva com à altura máxima definida para formação de lâmina d'água .....	99
Figura 6.21 – Exemplo de jardim de chuva na Pensilvânia (EUA) com capacidade maior para formação de lâmina d'água .....	99
Figura 6.22 – Esquema para jardim de chuva em vias públicas com declives.....	100
Figura 6.23 – Exemplo de placa adicional a ser instalada nos dispositivos .....	101
Figura 6.24 – Marcadores de perigo indicados para instalar nos jardins de chuva .	103
Figura 6.25 – Exemplos de pinturas a serem aplicadas na estrutura do jardim de chuva .....	103

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Municípios brasileiros atingidos no período 2017 a 2020.....	20
Tabela 2.2 – Pontos sujeitos a alagamento em Belo Horizonte em janeiro/2021.....	20
Tabela 5.1 – Lista dos jardins de chuva avaliados neste trabalho, localizados no Bairro Santa Amélia, na regional Pampulha, em Belo Horizonte.....	48
Tabela 5.2 – Lista dos jardins de chuva avaliados neste trabalho localizados no Bairro Itapoã, na regional Pampulha, em Belo Horizonte .....	50
Tabela 5.3 – Jardim de chuva avaliado neste trabalho localizados no Bairro Planalto .....	51
Tabela 5.4 – Grau de intensidade da precipitação.....	55

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Vantagens da implantação de jardim de chuva em relação a drenagem urbana convencional .....	21
Quadro 4.1 – Grupos das espécies de vegetação .....	38
Quadro 6.1 – Dados coletados nas visitas a campo sem evento chuvoso.....	60
Quadro 6.2 – Registros fotográficos das visitas <i>in loco</i> sem evento chuvoso e croqui da estrutura dos jardins de chuva .....	61
Quadro 6.3 – Dados da declividade dos jardins de chuva de estudo.....	68
Quadro 6.4 – Dados coletados nas visitas a campo durante ou após evento chuvoso .....	73
Quadro 6.5 – Registros fotográficos das visitas <i>in loco</i> com evento chuvoso .....	74
Quadro 6.6 – Resultados do questionário aplicado aos três moradores (adotantes) de jardim de chuva no programa da PBH .....	90

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>2 JUSTIFICATIVA.....</b>	<b>19</b>
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Objetivo Geral.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>23</b>
<b>4 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>24</b>
<b>4.1 Drenagem urbana.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2 Microdrenagem.....</b>	<b>26</b>
<b>4.3 Macrodrenagem.....</b>	<b>28</b>
<b>4.4 Técnicas compensatórias de drenagem urbana .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4.1 Jardins de chuva .....</b>	<b>34</b>
<b>4.5 Jardins de chuva da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte .....</b>	<b>36</b>
<b>5 METODOLOGIA .....</b>	<b>41</b>
<b>5.1 Caracterização geral dos jardins de chuva implantados pela PBH .....</b>	<b>42</b>
<b>5.2 Caracterização dos jardins de chuva selecionados no presente estudo.....</b>	<b>44</b>
<b>5.2.1 Caracterização do Bairro Santa Amélia.....</b>	<b>47</b>
<b>5.2.2 Caracterização do Bairro Itapoã .....</b>	<b>49</b>
<b>5.2.3 Caracterização do Bairro Planalto .....</b>	<b>50</b>
<b>5.2.4 Bacia do Córrego do Nado .....</b>	<b>51</b>
<b>5.2.5 Visitas in loco aos jardins de chuva de estudo .....</b>	<b>53</b>
<b>5.3 – Análise em campo do funcionamento dos jardins de chuva em dias de eventos chuvosos .....</b>	<b>53</b>
<b>5.3.1 – Visitas in loco aos jardins de chuva de estudo em dias chuvosos .....</b>	<b>54</b>
<b>5.4 – Consulta da intensidade da chuva próximo aos horários das visitas.....</b>	<b>55</b>
<b>5.5 – Percepção dos moradores que adotaram um jardim de chuva de estudo</b>	<b>56</b>
<b>5.5.1 Questionário aplicado.....</b>	<b>56</b>

5.6 – Diretrizes construtivas e de manutenção para os jardins de chuva do município de Belo Horizonte .....	58
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>59</b>
6.1 Diagnóstico inicial dos jardins de chuva de estudo .....	59
6.1.1 – <i>Vegetação observada nos jardins de chuva</i> .....	63
6.1.2 – <i>Escoamento superficial notado durante visita a campo</i> .....	64
6.1.3 – <i>Entrada dos jardins de chuva</i> .....	65
6.1.4 – <i>Declividade aproximada dos dispositivos visitados</i> .....	67
6.2 – Visitas a campo para diagnóstico dos jardins de chuva de estudo durante ou após eventos chuvosos .....	72
6.2.1 – <i>Análise da entrada do jardim de chuva</i> .....	80
6.2.2 – <i>Formação de lâmina d’água</i> .....	82
6.2.3 – <i>Ocorrência de erosão</i> .....	83
6.2.4 – <i>Análise da saída (extravasor) do jardim de chuva</i> .....	87
6.2.5 - <i>Vegetação</i> .....	88
6.2.6 – <i>Sinalização nos dispositivos</i> .....	89
6.3 – Resultado da pesquisa sobre a percepção dos moradores que adotaram um jardim de chuva de estudo.....	89
6.4 – Diretrizes construtivas e de manutenção dos jardins de chuva .....	94
6.4.1 – <i>Diretrizes quanto à disposição da estrutura na via pública</i> .....	94
6.4.2 – <i>Diretrizes para a melhoria da captação do escoamento superficial</i> .....	95
6.4.3 – <i>Diretriz em relação à altura da região da lâmina d’água</i> .....	97
6.4.4 – <i>Diretriz quanto à declividade da superfície do jardim de chuva</i> .....	100
6.4.5 – <i>Diretrizes quanto à manutenção dos jardins de chuva</i> .....	101
6.4.6 – <i>Diretrizes quanto as espécies a serem utilizadas no jardim de chuva de Belo Horizonte</i> .....	102
6.4.7 – <i>Diretrizes referentes à sinalização dos jardins de chuva</i> .....	102

<b>6.4.8 – Diretrizes quanto ao suporte da PBH aos adotantes dos jardins de chuva .....</b>	<b>104</b>
<b>6.4.9 – Diretriz para o monitoramento por parte da PBH sobre a manutenção e funcionamento dos jardins de chuva .....</b>	<b>104</b>
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>106</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>117</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento acelerado da população urbana ocupando sem controle espaços menores nas cidades, iniciado após a segunda metade do século 20, conforme Tucci (2005), os solos urbanos tornaram-se cada vez mais impermeáveis. Isto ocorreu, sobretudo, devido às construções de edifícios residenciais e comerciais, passeios de concreto e pavimentação das ruas, o que resultou no aumento do volume e aceleração do escoamento superficial.

Ainda com relação ao escoamento superficial, este possui um quantitativo de água pluvial que, antes da urbanização e aumento da impermeabilização, segundo Souza (2002), era infiltrado no solo. À medida que algumas áreas vão sendo urbanizadas, há uma conseqüente redução da capacidade de infiltração e aumento do volume da água escoada superficialmente, além de resultar em maiores vazões de pico em conjunto com a redução do tempo de concentração. Assim, como conseqüências, têm-se hidrogramas de cheias com vazões de pico maiores, bem como a ocorrência de inundações e alagamentos nas cidades com maior frequência e intensidade, o que gera transtornos à população, como as perdas materiais e, em casos mais extremos, de vidas.

Conforme Caputo (2012), os sistemas de drenagem no Brasil foram implantados nas últimas décadas seguindo o conceito higienista, com o escoamento superficial das águas pluviais devendo ser escoado o mais rapidamente possível para jusante por meio dos dispositivos de micro e macrodrenagem. Sendo assim, o risco de inundação e alagamento tende a ser transferido de um local para outro. Além disso, esses dispositivos de drenagem podem ser insuficientes para receber o aumento do volume de água da chuva pelo crescimento populacional descontrolado, o que prejudica o planejamento urbano e o dimensionamento da rede pluvial jusante.

Salienta-se também os altos custos para execução da ampliação da rede pluvial jusante existente e que, em alguns casos pode envolver desapropriação de áreas. Outrossim, o transtorno que é gerado no trânsito, aos moradores da região e ao comércio local, torna-se impraticável o investimento na realização de grandes obras hidráulicas (Canholi, 2015).

Outro fator a ser considerado é em relação às mudanças climáticas. Segundo Boehm *et al.* (2023), o Sexto Relatório de Avaliação (AR6) divulgado no Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) de 2023 apontou que, devido

ao aumento das emissões de gases do efeito estufa no planeta, tem-se a elevação da temperatura global. A cada 0,5°C de acréscimo na temperatura terrestre, acarretará o aumento na frequência e severidade das tempestades, gerando inundações e transtornos a um maior número de pessoas.

Logo, como essas medidas convencionais são onerosas e não são definitivas, além do crescimento populacional e das mudanças climáticas, é necessário o estudo e adoção de outras opções, como as técnicas compensatórias de drenagem urbana para auxiliar no manejo das águas pluviais.

Segundo Baptista *et al.* (2019), as técnicas compensatórias, ao contrário do conceito higienista, não buscam transferir de forma rápida o escoamento superficial de uma área para outra, mas sim aumentar o tempo de concentração da água da chuva na bacia hidrográfica por meio de dispositivos alternativos. Citam-se como exemplos as trincheiras de infiltração, os microrreservatórios, a bacia de retenção, os jardins de chuva, dentre outros tipos, que buscam interceptar, infiltrar, armazenar e amortecer as águas pluviais, auxiliando no controle das cheias na área urbana.

O uso de Melhores Práticas de Gerenciamento de Águas Pluviais, conhecidas também como *Storm Water Best Management Practices* (BMPs), para o controle do manejo das águas da chuva em eventos de pequeno e médio intensidade que correspondem boa parte do volume anual, possibilita benefícios econômicos, técnicos, ecológico e paisagístico ao local de implantação dessas práticas (Aravena; Dussaillant, 2009).

Os jardins de chuvas e instalações de biorretenção, de acordo com Asleson *et al.* (2009), são exemplos de dispositivos que se enquadram nas Melhores Práticas de Gerenciamento de Águas Pluviais ou BMPs. Estes dispositivos possuem a função de interceptar, infiltrar e armazenar as águas pluviais, reduzindo o volume do escoamento superficial, além de melhorar a qualidade da água da chuva.

A Prefeitura Municipal de Belo Horizonte criou em 2024 o programa “Adote um Jardim de Chuva”, que é uma parceria do poder público com os moradores que residem próximos aos jardins de chuva. Então, o proprietário do imóvel pode adotar um dispositivo de biorretenção para realizar a manutenção e os cuidados necessários para manter o funcionamento do jardim de chuva ao longo dos anos. Além disso, o morador adotante recebe até 10% de desconto no Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), limitado a R\$2.000,00, sendo que cada jardim de chuva poderá ser adotado

por apenas um cidadão, que também não pode adotar mais de um dispositivo (PBH, 2024).

Nesse contexto, o presente trabalho propõe diagnosticar, por meio de visitas *in loco*, o funcionamento e manutenção de jardins de chuva implantados pela prefeitura no município de Belo Horizonte – MG, como medida de redução do escoamento superficial e de melhoria paisagística, ambiental e econômica na região. Esta pesquisa almejou contribuir com a proposição de diretrizes construtivas e de manutenção fundamentadas pelos dados coletados e observados nos diagnósticos que poderão ser utilizadas pela PBH e outros interessados pelo tema.

## 2 JUSTIFICATIVA

Com a expansão das áreas urbanas, o solo tornou-se nessas localidades cada vez menos permeável, resultando no aumento do volume e da velocidade do escoamento superficial em um curto tempo de concentração na bacia hidrográfica, bem como no aumento da frequência e intensidade de inundações e alagamentos com danos à população e ao meio ambiente. A ausência de um adequado planejamento, aliado ao crescimento populacional acelerado nas últimas décadas, resulta na sobrecarga do sistema de drenagem convencional dos municípios em dias de chuva de moderada a forte intensidade, que não consegue sozinho atender essa demanda de água pluvial (Melo, 2011; Caputo, 2012).

As grandes obras de drenagem urbana convencional utilizando o conceito de esconder e transferir as águas da chuva para fora da cidade de Belo Horizonte, assim como em outros municípios brasileiros, em conjunto com as mudanças climáticas e eventos ocorrendo com maior frequência, demonstrou ao longo dos últimos anos que esse sistema clássico não é totalmente eficiente. Isso leva à busca de alternativas e técnicas funcionais e sustentáveis em curto, médio e longo prazo para o controle das águas precipitadas, como a técnica compensatória de jardins de chuva (Rosa *et al.*, 2024).

Conforme dados do IBGE (2021), foi levantada a porcentagem de municípios que registraram ocorrências, no período de 2017-2020, de alagamentos – pela deficiência do sistema de drenagem em escoar as águas pluviais e reduzida permeabilidade do solo; enchente ou inundação gradual – pela elevação lenta do leito do rio e permanência da cheia por algum tempo; enxurrada ou inundação brusca – evento chuvoso intenso e concentrado com rápido transbordamento dos rios e riachos. Os dados apresentados na Tabela 2.1 correspondem ao total de municípios brasileiros que tiveram ocorrências relacionadas ao escoamento superficial entre os anos de 2017 e 2020.

Tabela 2.1 – Municípios brasileiros atingidos no período 2017 a 2020

	<b>Municípios 2017</b>	<b>Municípios 2020</b>	<b>2020 (%)</b>	<b>Aumento de 2017 a 2020 (%)</b>
<b>Alagamento</b>	1729	1958	35,8	13,2
<b>Enchentes ou inundações graduais</b>	1515	1792	32,8	18,3
<b>Enxurradas ou inundações bruscas</b>	1590	1712	31,3	7,7

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais, Pesquisa de Informações Básicas Municipais, 2021.

Outros problemas que a população sofre em áreas sujeitas à ocorrência de inundações e alagamentos são os prejuízos em perdas de bens materiais e humanas, as contaminações por doenças como a leptospirose e cólera presente na água ou lama, além haver a interrupção das atividades econômicas na região afetada e arcarem também com os ônus (Funasa, 2016).

No início de janeiro de 2021, como noticiado por Emiliana *et al.* (2021) no Jornal Estado de Minas, a Superintendência de Desenvolvimento da Capital (SUDECAP) registrou em Belo Horizonte – MG em torno de 98 áreas sujeitas a alagamento e que deveriam ser evitadas durante as chuvas. Os pontos de alagamento mapeados estão transcritos na Tabela 2.2, com o destaque para as regiões da Pampulha e Norte, que são as localidades dos jardins de chuva adotados como referência deste estudo.

Tabela 2.2 – Pontos sujeitos a alagamento em Belo Horizonte em janeiro/2021

<b>Região</b>	<b>Quantidade de pontos</b>
Venda Nova	20
<b>Pampulha</b>	<b>14</b>
<b>Norte</b>	<b>13</b>
Barreiro	13
Oeste	11
Nordeste	10
Noroeste	7
Leste	7
Centro-Sul	3
<b>Total</b>	<b>98</b>

Fonte: Emiliana *et al.*, 2021.

O uso de técnicas compensatórias em conjunto ao poder público e à população podem auxiliar na redução dos números de ocorrências e pontos de alagamentos e inundações, segundo Rodrigues *et al.* (2021). Em adição, Agostinho (2012) cita a vantagem do aspecto paisagístico na cidade, além do incentivo social e de conscientização da população quanto à importância de se ter um bom convívio com o meio ambiente ao implantar esses dispositivos de drenagem sustentáveis no meio urbano. Tem-se também como ponto positivo o auxílio em melhorar o equilíbrio ambiental das bacias hidrográficas, reduzindo os problemas ambientais como o rebaixamento do lençol freático, os processos erosivos em canais e ambientes urbanos.

A utilização das técnicas compensatórias para drenagem urbana, sendo o jardim de chuva um exemplo e o foco deste trabalho, oferece algumas vantagens em relação à drenagem urbana convencional. Os pontos positivos, conforme descrito no Quadro 2.1, correspondem à redução do volume de escoamento superficial e da taxa de pico dos hidrogramas, recarga dos lençóis freáticos, intensificação da infiltração no solo e também da evapotranspiração. Cita-se também a melhoria da qualidade das águas pluviais e na redução do custo de implantação e manutenção do sistema de drenagem com o uso de dispositivos de biorretenção (Tucci, 2003 & Muthanna *et al.*, 2008 *apud* Oliveira *et al.* 2020).

Quadro 2.1 – Vantagens da implantação de jardim de chuva em relação à drenagem urbana convencional

<b>Técnica compensatória (Jardim de chuva)</b>	<b>Drenagem urbana convencional</b>
Redução do volume de escoamento e do pico dos hidrogramas de maneira sustentável, devido à retenção e armazenamento do volume escoado para o dispositivo.	Não atua na redução da água superficial e do pico dos hidrogramas, o que leva estes projetos a custos, muitas vezes, insustentáveis.
Recarga das águas subterrâneas e no restabelecimento do escoamento de base, devido ao processo de infiltração e redistribuição.	Reduz o escoamento subterrâneo devido à ausência de infiltração.
Intensificam os processos do ciclo hidrológico, principalmente a infiltração e a evapotranspiração.	A canalização do escoamento diminui a evapotranspiração, a infiltração, além de causar fortes alterações no ciclo hidrológico.

Fonte: Adaptado de Tucci, 2003 & Muthanna, 2008 *apud* Oliveira et al. 2020.

(continua)

Quadro 2.1 – Vantagens da implantação de jardim de chuva em relação à drenagem urbana convencional (continuação)

<b>Técnica compensatória (Jardim de chuva)</b>	<b>Drenagem urbana convencional</b>
Melhora a qualidade das águas, pela retenção e remoção de poluentes e redução no transporte de contaminantes carregados pelas águas pluviais.	Apenas escoar a carga pluvial sem qualquer tratamento.
Menor custo de implantação e manutenção, por não utilizar tubulações tradicionais, mas sim, adotar materiais alternativos e menos onerosos para a composição do sistema, como brita e areia.	Custos muito maiores de implantação e manutenção, bem como aumento dos prejuízos em eventuais sobrecargas do sistema.

Fonte: Adaptado de Tucci<sup>1</sup>, 2003 & Muthanna *et al.*<sup>2</sup>, 2008 *apud* Oliveira *et al.* 2020.

Nesse sentido, é importante que sejam realizados estudos, como este trabalho, que possam contribuir com a correta execução e manutenção dos jardins de chuva para melhor efetividade do manejo das águas da chuva. Ademais, é importante se conhecer o ponto de vista dos moradores no que se refere à implantação desses dispositivos de biorretenção no controle do escoamento superficial e, conseqüentemente, na mitigação dos alagamentos e inundações.

Referente aos atuais jardins de chuvas instalados pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, não foi identificada a existência de estudos e experimentos nesses dispositivos, além de observar na prática que os mesmos apresentaram falhas, seja construtiva ou de preservação na parte de captação do escoamento pluvial. Logo, acredita-se que os dados obtidos e diretrizes sugeridas no presente trabalho possam auxiliar e contribuir para o tema quanto à construção e manutenção de futuros jardins de chuva nas áreas urbanas.

<sup>1</sup> TUCCI, C. E. M.. **Drenagem urbana**. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 55, n. 4, p. 36-37, Dez. 2003. Disponível em <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252003000400020](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400020)>. Acesso em 30 ago. 2020.

<sup>2</sup> MUTHANNA, T. M.; VIKLANDER, M.; THOROLFSSON, S. T.. **Seasonal Climatic Effects on the Hydrology of a Rain Garden**. Hydrological Process, 2008.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral propor diretrizes quanto a boas práticas construtivas e de manutenção para os jardins de chuva do município de Belo Horizonte – MG, escolhidos como referência para este estudo de caso. Essas boas práticas também poderão servir como diretrizes para projetos desta natureza em qualquer local, não apenas em Belo Horizonte.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar, por meio de visitas *in loco*, o estado atual dos jardins de chuva selecionados para este estudo;
- Diagnosticar, como base nas idas a campo, o funcionamento desses dispositivos durante ou após a ocorrência de eventos chuvosos;
- Avaliar a percepção dos moradores que adotaram um jardim de chuva sobre os aspectos de conservação e manutenção desses dispositivos, bem como a pertinência do programa Adote um Jardim de Chuva no que se refere ao controle das águas superficiais e sua condução pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH);
- Sugerir melhorias referentes aos pontos negativos identificados nas visitas aos dispositivos e a partir do questionário aplicado aos adotantes no âmbito da conservação, construção e atuação da PBH no programa dos jardins de chuva.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Drenagem urbana

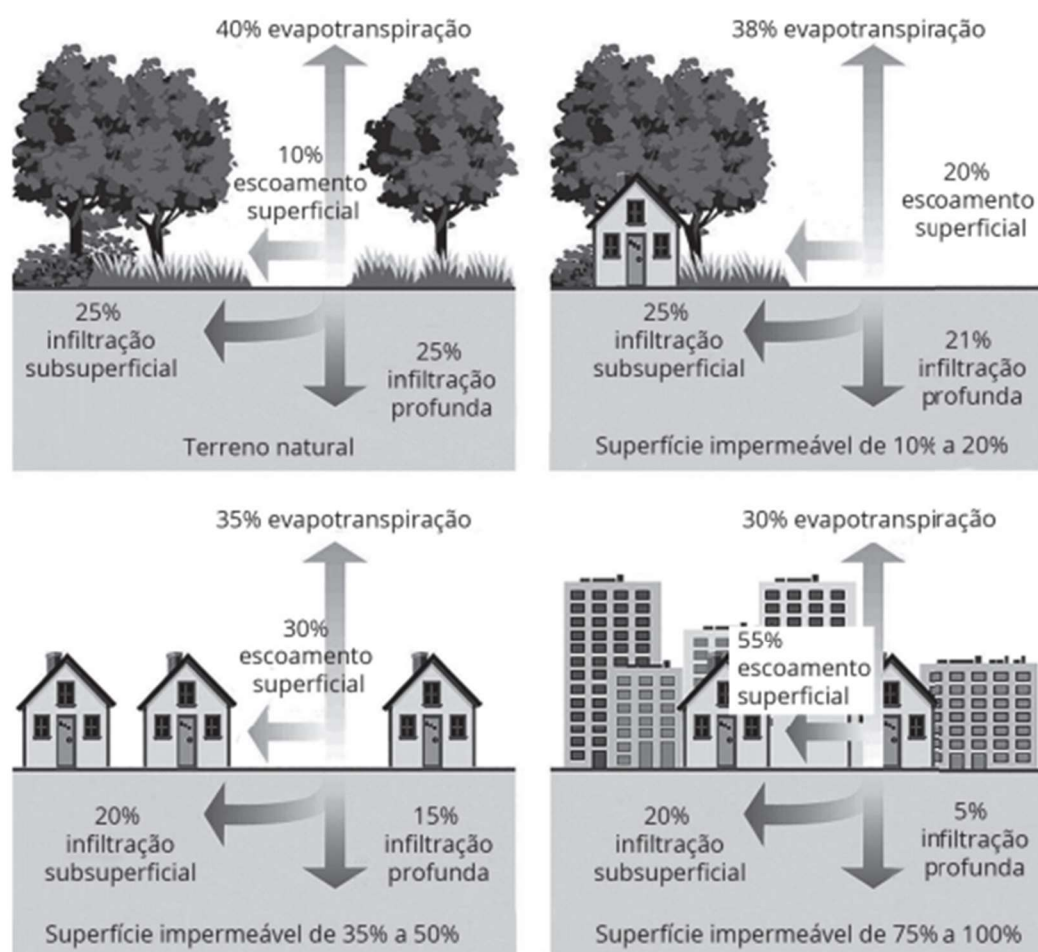
A drenagem urbana pode ser entendida, segundo Neto (1998), como as instalações empregadas para realizar o escoamento das águas pluviais com o objetivo de atenuar os riscos e prejuízos provocados pelas inundações e alagamentos as pessoas nas áreas urbanas. Ademais, os sistemas de drenagem podem ser divididos em microdrenagem, que recebe as águas da chuva proveniente das edificações e passeios até as sarjetas e entra nas bocas de lobo, e em macrodrenagem, que é a condução final do escoamento captado da microdrenagem, exemplificado pelos rios, córregos e canais artificiais ou naturais.

Um problema gerado com a drenagem urbana convencional sem levar em conta o crescimento populacional descontrolado, é a transferência do escoamento superficial de modo acelerado em menor tempo de concentração, logo, tendo um maior pico de vazão nas áreas a jusante. Assim, locais antes não afetados por inundações, passaram a ser, principalmente pela expansão da população de jusante para montante dos sistemas de drenagem (Canholi, 2015).

Tucci (2005) aponta que, antes da urbanização, o escoamento superficial é tipicamente mais lento e, inclusive desacelerado quando em contato com a vegetação. Contudo, o aumento da impermeabilização com o uso de vias asfaltadas, telhados, passeios, superfícies de estacionamentos e pátios em concreto faz com que haja um aumento na velocidade desse escoamento, para além de ser mais volumoso em razão da menor infiltração da chuva no solo. Logo, para atender o aumento da demanda que escoar para o sistema de drenagem convencional, empregam-se usualmente maiores diâmetros dos condutores e seções dos canais.

Na Figura 4.1, é comparado o balanço hídrico em uma bacia hidrográfica em áreas urbana para o cenário antes urbanização (terreno natural) e três cenários em relação à porcentagem de impermeabilização do solo em decorrência da crescente urbanização ao longo dos anos. É observado que, com o aumento da superfície impermeável, ocorre o aumento da porcentagem de escoamento superficial e redução da infiltração subsuperficial e profunda no solo, além da diminuição do volume das águas pluviais pela evapotranspiração.

Figura 4.1 – Balanço hídrico com o crescimento da urbanização



Fonte: Costa, 2021.

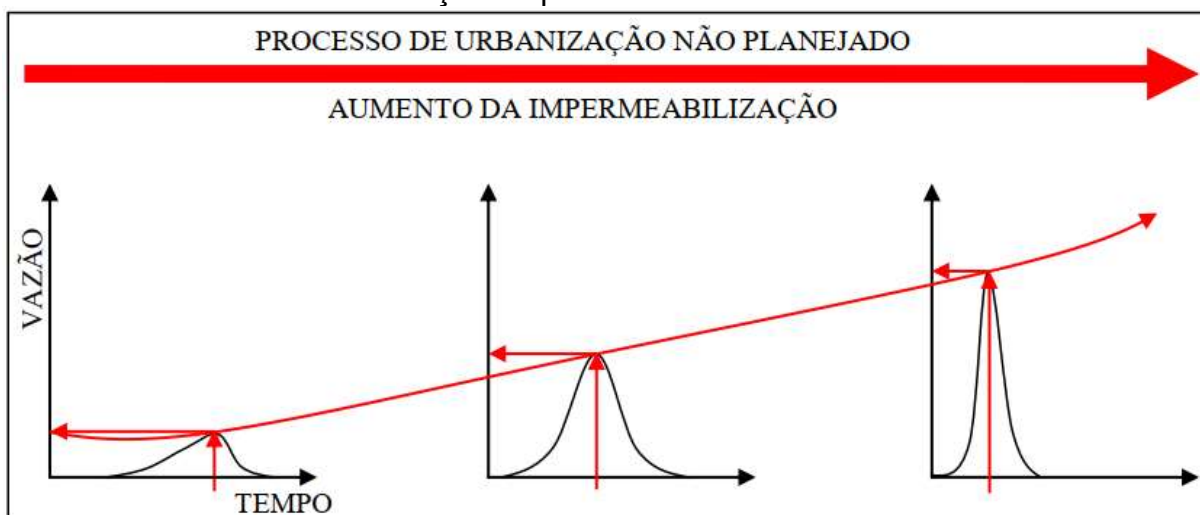
A Figura 4.1 ilustra as alterações que o balanço hídrico sofreu em razão do crescimento urbano e do aumento da impermeabilização do solo. É observado que, antes da urbanização, 50% da precipitação infiltravam no solo natural, apenas 10% resultavam em escoamento superficial e o restante retornava para a atmosfera por meio da evapotranspiração. Com o passar das décadas, ocorreu a redução da porcentagem de infiltração e evapotranspiração, e o aumento da porcentagem do escoamento superficial para aproximadamente 55%, devido à redução das áreas urbanas menos permeáveis.

Como destacado por Parkinson *et al.* (2003), o erro no passado em relação ao planejamento dos sistemas de drenagem ao analisar apenas o cenário da época, sem projetar visando a longo prazo com o crescimento urbano e aplicando o conceito de rápida transferência da água pluvial para jusante, resultou na adoção de sistemas, ainda em fase de construção, subdimensionados para a demanda. Aliado a isso, com

o aumento da impermeabilização e redução da infiltração no solo da água precipitada, os lençóis freáticos deixaram de ser recarregados, o que levou ainda mais à poluição dos rios pelo aumento na frequência de enxurradas.

Nesse contexto, a Figura 4.2 indica as consequências nos hidrogramas de vazão geradas pela urbanização sem controle e pela redução da permeabilidade do solo. Isso resulta no acréscimo dos picos de vazão em um curto período de tempo de concentração devido ao aumento do volume e velocidade do escoamento superficial, além dos picos de vazão serem alcançados cada vez mais cedo nos eventos de chuva (Melo, 2011).

Figura 4.2 – Mudança nos hidrogramas de vazão devido à urbanização sem controle e redução da permeabilidade do solo



Fonte: Melo, 2011.

Na drenagem urbana, é utilizada uma classificação quanto às medidas de controle do escoamento superficial, conforme a sua aplicação na bacia hidrográfica, sendo assim, dividido em micro e macrodrenagem com o objetivo de controlar o aumento da vazão e na melhoria do meio ambiente (Suderhsa, 2002).

## 4.2 Microdrenagem

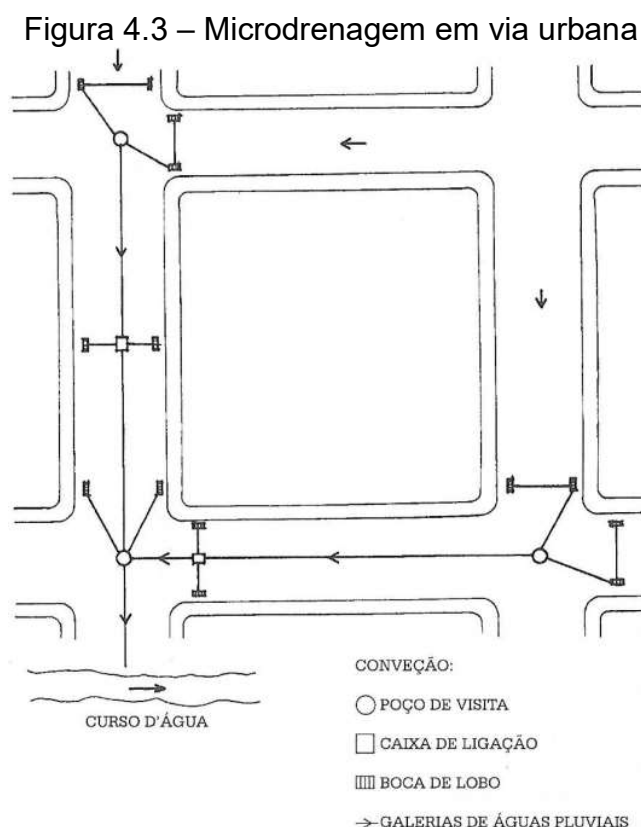
Tucci (2005) descreve a microdrenagem como a drenagem de uma área por meio de tubulações de águas pluviais até um coletor principal ou mesmo um rio que passa na área urbana, o que gera a transferência em um período curto de tempo do

escoamento superficial acelerado para jusante, resultando em inundações na macrodrenagem ou troncos principais.

As águas pluviais que se abatem sobre os telhados das edificações e terrenos dos lotes ao longo das avenidas e ruas, quando não ocorre a infiltração no solo, direcionam-se geralmente para as sarjetas ao longo das laterais das vias até chegarem às bocas de lobo, onde a partir desses dispositivos, prosseguem pelos condutos pluviais subterrâneos para as galerias ou rios, riachos urbanos ou em outros mananciais. Ademais, a microdrenagem também é composta por caixas de ligação ou conhecidas ainda por caixas de passagem e poços de visita instalados ao longo dos condutos (Mota, 2010).

Pela descrição da Funasa (2016), a microdrenagem, ou também chamada de sistema inicial de drenagem, capta e transfere para a macrodrenagem o escoamento superficial oriundo das chuvas, por meio dos componentes como meios-fios, sarjetas, bocas de lobo e galerias de pequeno e médio porte com diâmetro menor que 1,5 metros.

A Figura 4.3 ilustra a microdrenagem de um sistema de drenagem para vias urbanas.



Fonte: Mota, 2010.

### 4.3 Macrodrenagem

A macrodrenagem é descrita por CREA<sup>3</sup> (2013) *apud* Fochesatto (2017) como o sistema de drenagem composto pelos rios, riachos, córregos, canais, dentre outras estruturas responsáveis por acumular e escoar grandes volumes de águas pluviais da microdrenagem. Para Neto (1998), as águas precipitadas que chegam no fundo dos vales por meio dos condutos da microdrenagem seguem uma trajetória de escoamento bem definida devido à topografia da região tendo ou não algum curso d'água.

Assim, a macrodrenagem é composta pelos fundos de vales, rios e córregos que podem receber ou não obras de melhoria para coletar o escoamento da microdrenagem. As obras geralmente são de grande porte, como as galerias de grandes dimensões, com diâmetro maior que 1,5 metros, conforme exemplificado na Figura 4.4, além dos canais e rios canalizados, para permitir a captação do excesso de água precipitada escoada no solo, da água acumulada em grandes áreas ou nas microbacias hidrográficas e reduzir as chances das ocorrências de enchentes, inundações e alagamentos (Funasa, 2016).

Figura 4.4 – Estrutura de galeria de grande porte



Fonte: Ed. Pini<sup>4</sup>, 2014 *apud* Funasa, 2016.

<sup>3</sup> CREA MG. 2013. **Manejo de águas pluviais: termo de cooperação técnica**. Disponível em: <<http://www.crea-mg.org.br/funasa/uas%20pluviais.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

<sup>4</sup> INFRAESTRUTURA URBANA. **Sarjetões de concreto armado**. 2011. Disponível em: <<http://infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/6/1-sarjeto.aspx>>. Acesso em: 30 Ago. 2015.

#### 4.4 Técnicas compensatórias de drenagem urbana

As técnicas compensatórias de drenagem urbana, ou também chamadas de medidas não convencionais, conforme Canholi (2015), são alternativas que não seguem a filosofia tradicional na execução dos dispositivos para coleta do escoamento superficial das águas pluviais e que podem atuar conjuntamente com os sistemas de drenagem usuais.

Na década de 70, como descrito por Caputo (2012), iniciaram-se estudos e aplicações de um novo conceito de drenagem voltado para o manejo do escoamento superficial das águas da chuva vinculado a obter mais áreas permeáveis, nomeados de tecnologias compensatórias ou alternativas e que são chamadas também em outros países como *Sustainable Urban Drainage Systems* (SUDS), *Water Sensitive Urban Design* (WSUD), *Best Management Practices* (BMP) e *Low Impact Design* (LID).

Essas alternativas à drenagem clássica levam em consideração o controle da água pluvial na fonte com o aumento do volume do escoamento superficial gerado pela impermeabilização do solo devido ao aumento da ocupação populacional de uma dada bacia. Logo, isso permite por meio dos dispositivos compensatórios a infiltração no solo da água precipitada, auxiliando na redução da água escoada para jusante e conseqüentemente, a diminuição dos riscos de inundações e alagamentos (Recesa, 2007).

Outrossim, as técnicas compensatórias de drenagem urbana são classificadas em estruturais e não estruturais para o controle das inundações. Conforme definido por Tucci (2005), as medidas estruturais são obras realizadas na bacia hidrográfica ou no curso d'água com o objetivo de controlar o escoamento, evitando o extravasamento para o leito maior no decorrer de uma enchente. Quanto às medidas não estruturais, estão relacionadas a medidas preventivas junto à população por meio de emissão de alertas para as áreas sujeitas a inundações e alagamentos, zoneamento de áreas de risco, obras de proteção individual do tipo comportas, muros e dentre outras ações. Ademais, Canholi (2015) as define como aquelas medidas que tem como objetivo “disciplinar a ocupação territorial, o comportamento de consumo das pessoas e as atividades econômicas”.

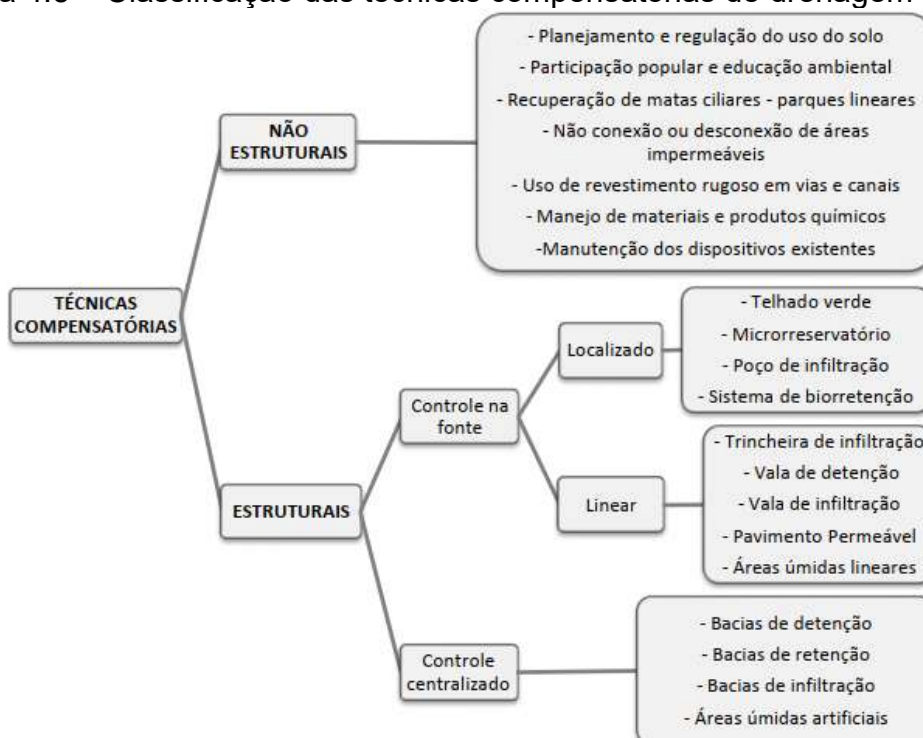
Portanto, é importante aplicar em conjunto as medidas estruturais e não estruturais para o controle da água pluvial, reduzindo os riscos e danos dos

alagamentos e inundações, ao mesmo tempo que mantem uma boa convivência entre a população e o rio.

Righetto (2009) relata que as técnicas compensatórias classificadas como medidas estruturais podem ser divididas quanto ao controle na fonte ou controle centralizado e referente à função de armazenar e infiltrar no solo as águas pluviais ou em alguns dispositivos, realizar os dois processos. Ao utilizar dispositivos alternativos de controle na fonte, possibilita o controle do escoamento superficial próximo ao local de sua geração, obtendo assim, as condições hidrológicas da bacia antes da urbanização e mitigando os impactos das chuvas volumosas. Referente as técnicas compensatórias classificadas como medidas não estruturais, estas englobam as ações operacionais e educacionais na melhora do controle em reter e infiltrar no solo o escoamento gerado pela chuva.

Na Figura 4.5, pode-se ver o esquema de classificação das alternativas de drenagem urbana, divididas em não estruturais e estruturais, além das subdivisões, com destaque para os jardins de chuva incluídos no sistema de biorretenção de controle na fonte localizado.

Figura 4.5 – Classificação das técnicas compensatórias de drenagem urbana



Fonte: Righetto *et al.*, 2009; Roy-Poirier *et al.*, 2010; Nascimento e Baptista<sup>5</sup>, 2009 *apud* Melo, 2011.

<sup>5</sup> NASCIMENTO, N. O. & BAPTISTA, M. B. (2009) **Técnicas Compensatórias em águas Pluviais**. In: RIGHETTO, A. M. (coord.). Manejo de Águas Pluviais Urbanas Rio de Janeiro: Abes. 396p.

Dentre as estruturas voltadas ao armazenamento do escoamento superficial das águas das chuvas, têm-se as bacias de detenção e de retenção, valas de detenção e os telhados verdes.

As bacias de detenção e de retenção, segundo Campana (1995), são dispositivos para armazenar de forma temporária o escoamento superficial em excesso da água da chuva. A diferença entre as duas estruturas é que a bacia de detenção, conforme exemplo da Figura 4.6, permanece seca quando não utilizada, enquanto as bacias de retenção mantêm uma lâmina d'água independentemente de ser acionada em dias chuvosos ou nos períodos de estiagem.

Figura 4.6 – Bacia de detenção



Fonte: Recesa, 2007.

As valas de detenção são descritas por Lima (2017) como estruturas que possibilitam a drenagem lateral ao longo das vias públicas, nos estacionamentos e terrenos das edificações. Quando o escoamento pluvial torna-se superior à capacidade de infiltração do solo, essas valas passam a reter o volume de água precipitada.

Uma variação das valas de infiltração são as valas de retenção, que possuem uma vedação nas laterais com o objetivo de reduzir o pico do escoamento superficial na forma de armazenamento que é controlado por tubos de saída, como ilustrado na Figura 4.7. Assim, esses dispositivos podem ser utilizados como opção para locais que possuem solos menos permeáveis (Suderhsa, 2002).



Fonte: Suderhsa, 2002.

Quanto aos telhados verdes, para Lamera *et al.* (2014), atuam na redução do volume do escoamento superficial por meio da captação, infiltração e evapotranspiração, além de permitir o reuso das águas pluviais. Logo, é importante utilizar uma vegetação adequada para conseguir drenar e reter o escoamento.

De acordo com Ferreira (2007), os telhados verdes conseguem armazenar parte das águas das chuvas devido a sua cobertura com vegetação plantada em uma camada de substrato sobre as lajes e coberturas das edificações, conforme a Figura 4.8, e liberar o escoamento de forma mais lenta, auxiliando o sistema de drenagem convencional.

Figura 4.8 – Exemplo de telhado verde em uma edificação



Fonte: Minke<sup>6</sup>, 2005 *apud* Ferreira, 2007.

<sup>6</sup> MINKE, Gernot. **Techos Verdes**. Espanha: EcoHabitar. 2005

Referente às estruturas voltadas à infiltração do escoamento superficial das águas pluviais, têm-se as trincheiras de infiltração, os poços de infiltração e os jardins de chuvas, sendo estes últimos contemplados em destaque (itens 4.4.1. e 4.5.), por se tratarem da técnica de drenagem objeto da presente pesquisa.

As trincheiras de infiltração são descritas por Caputo (2012) como sendo um dispositivo linear e longo, tendo uma depressão estreita com camadas para permitir a infiltração e o armazenamento do escoamento pluvial. Podem ser implantadas nas laterais e canteiro central das vias públicas, próximos aos estacionamentos, passeios, em lotes privados e espaços públicos. Tem-se na Figura 4.9 um exemplo da implantação de uma trincheira de infiltração em área urbana.

Figura 4.9 – Trincheira de infiltração entre a via pública e o passeio



Fonte: Baptista *et al.*<sup>7</sup>, 2005 *apud* Caputo, 2012.

Os poços de infiltração, como visto na Figura 4.10, são estruturas de pequeno porte que captam na fonte e infiltram no solo o volume excedente de água pluvial, reduzindo o escoamento superficial e o pico de vazão que chega no sistema de drenagem clássico, auxiliando no controle dos alagamentos (Barbassa, 2014).

---

<sup>7</sup> BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2005. 266p.

Figura 4.10 – Poço de infiltração



Fonte: Barbassa, 2014.

#### **4.4.1 Jardins de chuva**

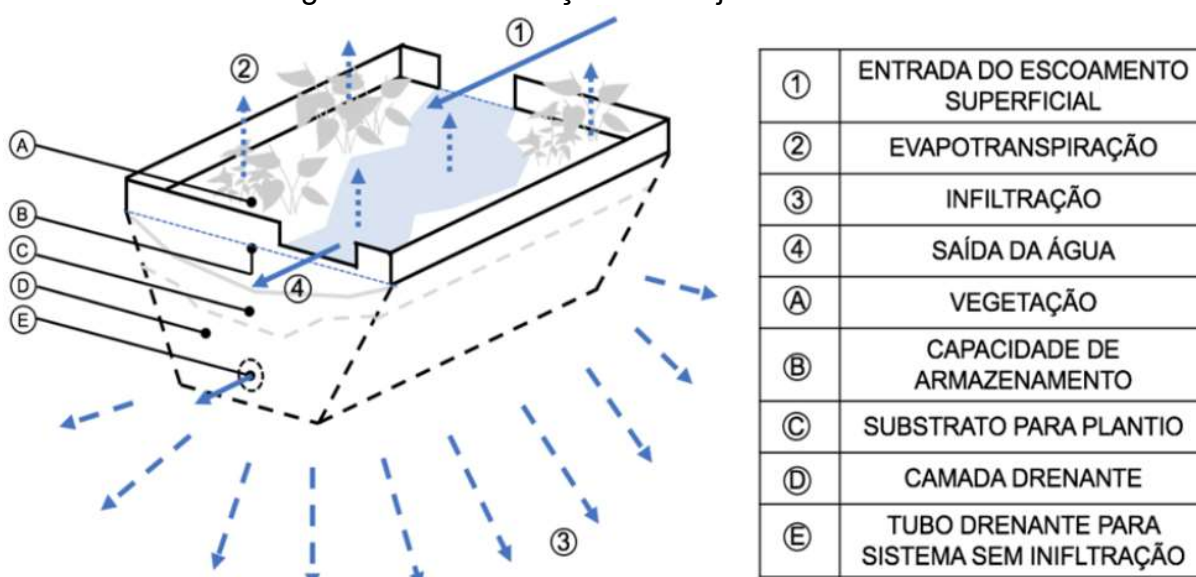
Os jardins de chuva têm a função de captar, melhorar a qualidade e infiltrar o escoamento superficial da água pluvial provenientes das áreas impermeáveis, como os telhados e passeios das edificações, além das ruas e avenidas pavimentadas. Ademais, esses dispositivos conseguem armazenar as águas precipitadas que fazem o papel de recarga do lençol freático e que podem também serem extravasadas de forma desacelerada para a microdrenagem. Podem ser instalados nas vias públicas e nos terrenos privados ou públicos (Ferraz *et al.*, 2023).

Conforme descrito no “Capítulo 3 – Controle na Fonte e Lançamento no Sistema Público de Drenagem” do manual de Instrução Técnica para Elaboração de Estudos e Projetos de Drenagem da PBH (2022), os jardins de chuva são áreas com depressão para armazenar temporariamente um volume de água da chuva escoada, para posteriormente serem infiltradas pelo fundo e laterais do dispositivo, controlando assim a vazão de saída e reduzindo o escoamento superficial na fonte. Além disso, auxiliam os sistemas de drenagem convencionais na redução do volume escoado de água pluvial, na filtragem dos poluentes e na recarga das águas subterrâneas.

Um jardim de chuva é considerado um sistema de biorretenção com uma profundidade pequena no solo para reter e infiltrar as águas das chuvas, em adição à remoção dos poluentes pela atividade biológica da vegetação e microrganismos presentes no dispositivo por meio dos processos de adsorção, filtração, volatilização, troca de íons e decomposição. Diante disso, a água infiltrada no solo passa por esse processo de limpeza antes de recarregar os lençóis freáticos e/ou caso for necessário, ser liberada uma parcela da água pelo extravasor do jardim de chuva para o sistema de drenagem clássica, ou seja, para a microdrenagem existente na via pública (Yazaki *et al.*, 2013).

Pode ser observada na Figura 4.11 a ilustração de um jardim de chuva com os seus principais componentes e a representação do escoamento superficial da entrada até a saída do dispositivo, além da infiltração no solo e evapotranspiração, sendo que não são todos os jardins de chuva que utilizam o tubo drenante indicado no item E. O substrato é a camada superficial responsável por receber o plantio da vegetação, onde as plantas irão fixar suas raízes, absorverem nutrientes e desenvolverem-se. Já a camada drenante, possui material que aumenta a permeabilidade do solo para que a água da chuva infiltre para o interior da estrutura do jardim de chuva e posteriormente para o solo natural. Geralmente utiliza-se também uma camada de armazenamento sob a camada drenante para armazenar temporariamente a água pluvial, como ilustrado na Figura 4.13 dos jardins de chuva da PBH.

Figura 4.11 – Ilustração de um jardim de chuva



Fonte: Pereira *et al.*, 2021.

#### 4.5 Jardins de chuva da Prefeitura Municipal de Belo Horizonte

A Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, por meio de sua Secretaria Municipal de Política Urbana (SMPU), implantou em 2023 61 jardins de chuva para interceptar e infiltrar as águas pluviais, conforme visto na Figura 4.12. Essa medida da SMPU, tem o objetivo de reduzir o volume de escoamento superficial para as partes baixas da cidade que sofrem com os alagamentos, além de tornar os espaços urbanos menos impermeáveis devido à redução das superfícies em concreto ou asfalto (PBH, 2024).

Figura 4.12 – Exemplos de jardins de chuva da PBH

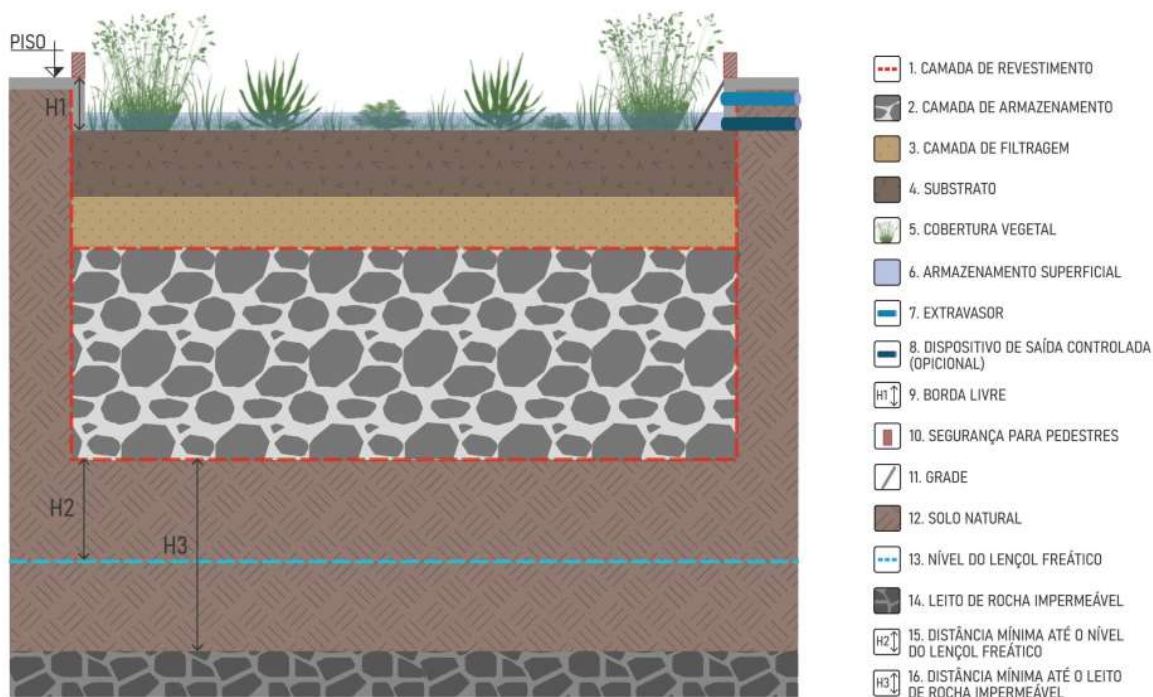


Fonte: PBH, 2024.

Segundo a descrição da Prefeitura de Belo Horizonte (2024), a diferença entre os jardins de chuva e os jardins convencionais está no processo construtivo. Os dispositivos de biorretenção possuem uma depressão com certa profundidade, camada de revestimento nas laterais e no fundo com manta geotêxtil, um reservatório de pedras para armazenar a água precipitada. Cabe ressaltar que se faz necessária a análise do uso da manta geotêxtil, pois segundo Lucas *et al.* (2015), “como a manta geotêxtil desempenha o papel de proteção contra a colmatagem precoce dos sistemas de infiltração, esta tem o risco de ser colmatada primeiro”, reduzindo assim, a infiltração do jardim de chuva. Possuem também areia para o processo de filtragem, camada de solo e nutrientes para formar o substrato da vegetação e por fim uma cobertura vegetal para aumentar a porosidade e a capacidade de retenção e infiltração das águas pluviais (PBH, 2024).

A Figura 4.13 exemplifica as camadas e elementos dos jardins de chuva executados pela PBH nos Bairros Planalto, Itapoã, Santa Amélia e Santa Branca.

Figura 4.13 – Esquema das camadas e elementos dos jardins de chuva da PBH



Fonte: PBH, 2024.

Em relação à vegetação, segundo a PBH (2024), as plantas utilizadas no tratamento da qualidade da água da chuva escoada para os jardins de chuva são selecionadas conforme as suas características e capacidade de adaptação ao ambiente para o qual foi projetado o dispositivo. Além disso, estas devem auxiliar na desaceleração do escoamento superficial e na fitorremediação da água precipitada. O Apêndice I contém a lista de 28 espécies indicadas pela PBH (2024) conforme o Manual Técnico de Manutenção - Jardins de Chuva da PBH de 2024 e o Projeto Jardins de Chuva - Bacia do Nado da PBH de 2022.

O Projeto Jardins de Chuva - Bacia do Nado, emitido pela PBH em 2022, especifica que a vegetação a ser empregada no jardim de chuva deve levar em consideração a diversificação das espécies na composição paisagística dos jardins de chuva. A lista das espécies corresponde a 28 espécies agrupadas em 5 grupos, conforme o Quadro 4.1, onde foram classificadas com base no porte, floração, insolação e coloração. O jardim de chuva de módulo simples deve ter 4 espécies e é obrigatório o uso de uma espécie de cada grupo de 1 ao 4 (PBH, 2022). Ademais, é obrigatório o uso de espécies do grupo 1 logo após a faixa de brita da entrada do dispositivo auxiliando na redução da velocidade do escoamento superficial, evitando

carreamento do solo e na contenção de resíduos sólidos caso venha pelo escoamento superficial.

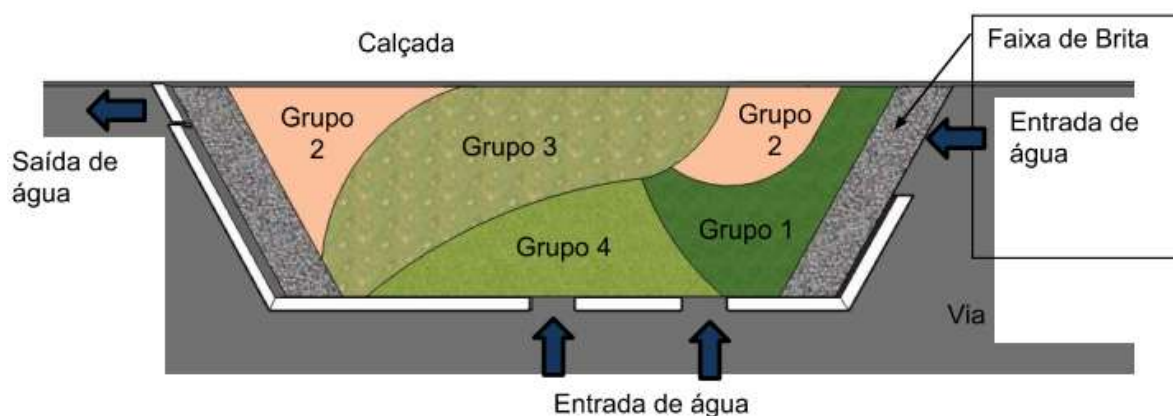
Quadro 4.1 – Grupos das espécies de vegetação

Grupo	Característica da espécie
1	Espécies de porte médio que possuem a função de proteção ao solo do jardim de chuva
2	Espécies de coloração em tons de vinho/roxo
3	Espécies de porte médio que possuem flores
4	Espécies de porte baixo, rasteiras ou de forração
5	Espécies para áreas sombreadas ou com pouca insolação

Fonte: PBH, 2022.

A Figura 4.14 ilustra uma possível configuração da disposição dos grupos de espécies no jardim de chuva.

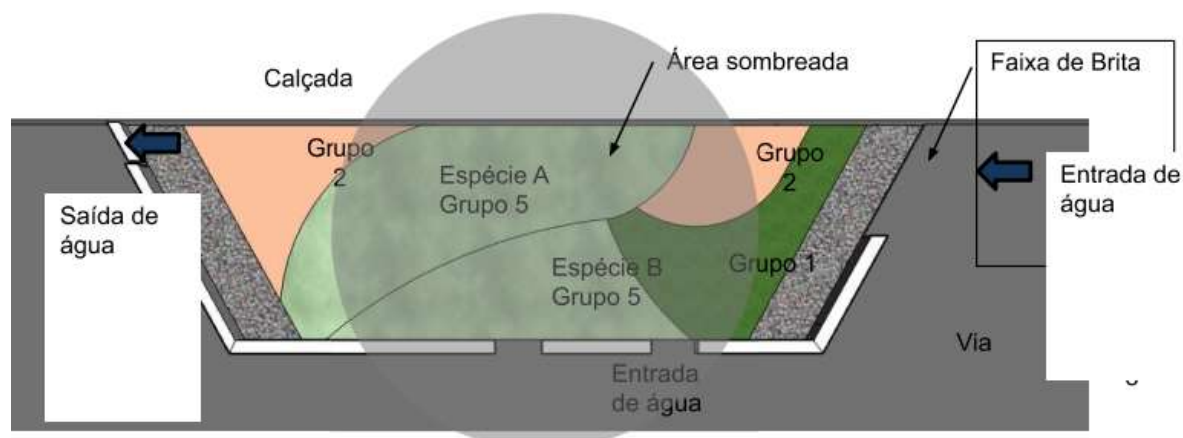
Figura 4.14 – Configuração possível da distribuição das espécies no jardim de chuva da PBH



Fonte: PBH, 2022.

Quando o jardim de chuva for construído em locais que possuem área sombreada integralmente ou parcialmente ao longo do dia, deve-se utilizar espécies do grupo 5 para substituir as espécies que possuem característica de pleno sol dos outros grupos (1 a 4). A Figura 4.15 exemplifica a configuração para o caso de locais com área sombreada na maior parte do dia.

Figura 4.15 - Configuração possível da distribuição das espécies no jardim de chuva da PBH em locais com área sombreada no decorrer do dia



Fonte: PBH, 2022.

Conforme o Manual Técnico de Manutenção - Jardins de Chuva, publicado pela PBH em maio de 2024 e Figuras 4.14. e 4.15, após a entrada e antes da saída, é utilizado uma faixa superficial de brita com o objetivo de amortecer o escoamento superficial, reduzindo assim a velocidade da água e reduzindo o risco do carreamento da camada de solo que compõe o substrato e assim a ocorrência de erosões.

No caso dos jardins de chuva que foram adotados por um morador (adotante), no âmbito do programa Adote um Jardim de Chuva da PBH, a manutenção periódica é realizada pelo próprio adotante, que deve conservar o dispositivo conforme o manual de manutenção citado no parágrafo anterior. Ademais, esse programa concede ao morador que adotou um jardim de chuva o desconto de até 10% sobre o valor do IPTU, limitado a R\$ 2.000,00 (PBH, 2024).

Além dessas opções de distribuição das espécies nos dispositivos de biorretenção abordadas acima, tem-se também outra configuração de distribuição e tipos de espécies a serem utilizadas conforme o projeto original do jardim de chuva adotado como documento anexo do termo de adesão ao programa Adote um Jardim de Chuva. Consta também nesse termo o anexo do manual técnico de manutenção e os canais de contato com o órgão do poder executivo, por meio da Diretoria de Análise de Licenciamentos Urbanísticos Especiais (DALU).

Figura 4.16 – Exemplo de um projeto original do jardim de chuva elaborado pela PBH



Fonte: PBH, 2024.

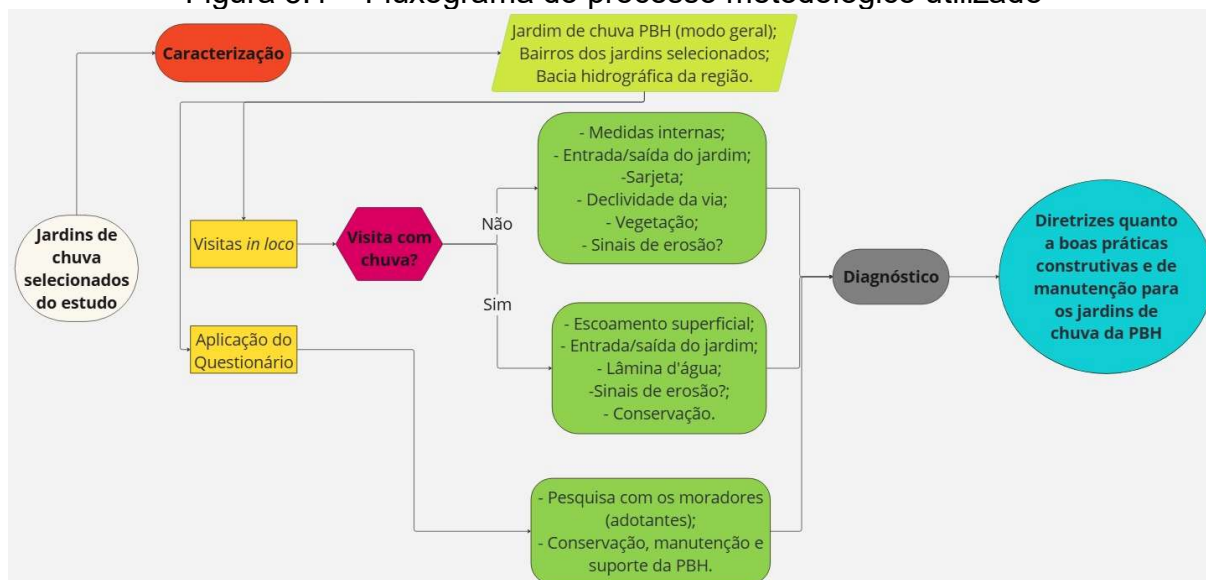
Desse modo, com o emprego dos jardins de chuva como técnica compensatória no manejo do escoamento superficial, pode-se ter uma redução das inundações e alagamentos nas vias públicas, alteração no microclima daquela área, aumento da evapotranspiração, diminuição das ilhas de calor e aumento dos espaços verdes no ambiente urbano.

## 5 METODOLOGIA

A metodologia aplicada no presente estudo de caso compreendeu as seguintes etapas: (a) levantamento de dados dos projetos dos jardins de chuva implantados pela PBH em 2023; (b) realização de visitas de campo para caracterização física e diagnóstico do estado de conservação de 7 jardins de chuva, sendo 5 mantidos por morador local (adotados) e 2 não adotados; (c) análise em campo do funcionamento dos dispositivos com relação ao escoamento superficial gerado na via em dias de eventos chuvosos; (d) coleta de informações da intensidade da chuva do dia e hora das visitas; (e) realização de entrevista com 3 moradores (adotantes) participantes do programa Adote um Jardim de Chuva da PBH e responsáveis pela conservação e manutenção de alguns jardins de chuva selecionados neste trabalho; e por fim, (f) elaboração de diretrizes construtivas e de manutenção para os jardins de chuva do município de Belo Horizonte, baseado nos diagnósticos e respostas do questionário aplicado aos três adotantes.

Uma síntese do processo metodológico utilizado, que será detalhado mais adiante, é apresentada no fluxograma da Figura 5.1.

Figura 5.1 – Fluxograma do processo metodológico utilizado

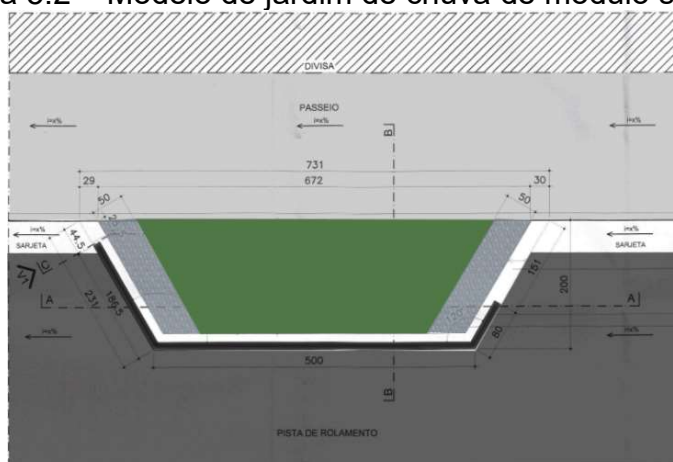


Fonte: Autor, 2025.

## 5.1 Caracterização geral dos jardins de chuva implantados pela PBH

No que refere à forma construtiva adotada pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, no geral, os jardins de chuva são classificados pela PBH nas tipologias simples ou dupla, similar ao formato trapezoidal. Quando o espaço do dispositivo ocupa apenas uma vaga de estacionamento da via, é denominado jardim de chuva de módulo simples, como ilustrado em planta na Figura 5.2 (PBH, 2024).

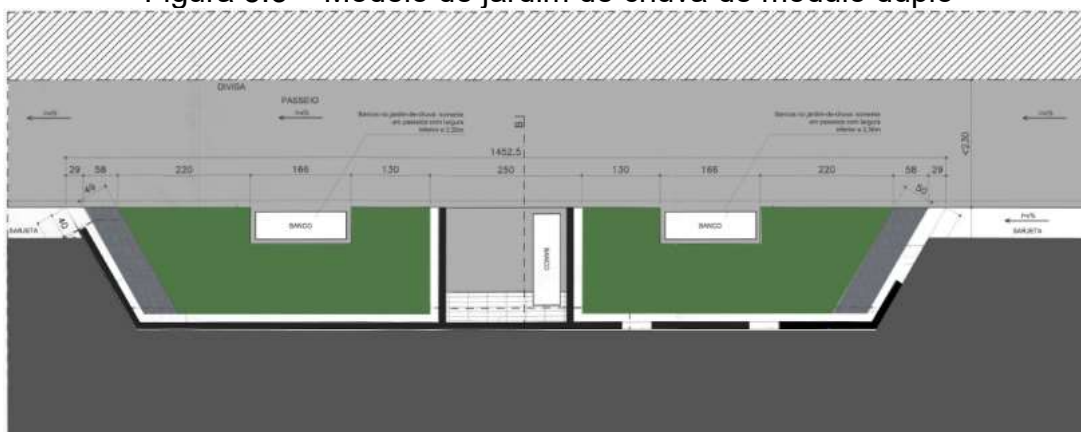
Figura 5.2 – Modelo de jardim de chuva de módulo simples



Fonte: PBH, 2024.

Quando o comprimento longitudinal do jardim de chuva ocupa duas vagas de estacionamento da via, o mesmo é chamado de jardim de chuva de módulo duplo, como exemplificado em planta na Figura 5.3.

Figura 5.3 – Modelo de jardim de chuva de módulo duplo

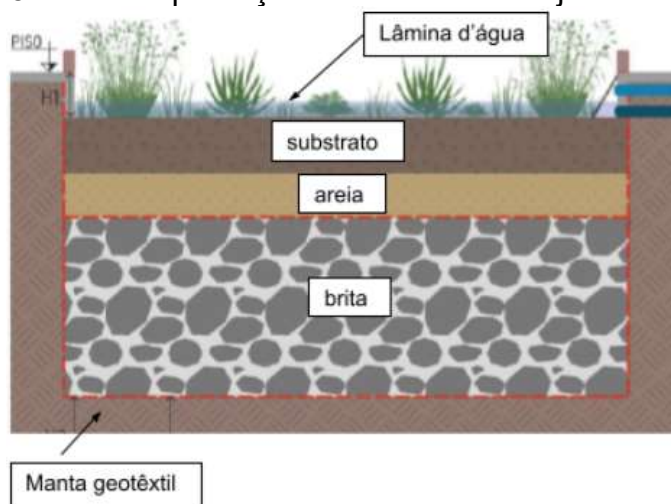


Fonte: PBH, 2024.

Geralmente, o jardim de chuva simples possui uma entrada junto à guia do passeio, para captação do escoamento superficial, enquanto o jardim de chuva duplo possui três entradas, sendo uma entrada igual ao jardim de chuva simples e duas entradas nas laterais do dispositivo (Figura 5.3). Ambos os tipos de dispositivos possuem apenas uma saída (extravasor).

O solo no interior dos jardins de chuva é modificado para possibilitar um melhor manejo na captação, infiltração e armazenamento do escoamento superficial, sendo dividido em camadas, conforme a Figura 5.4.

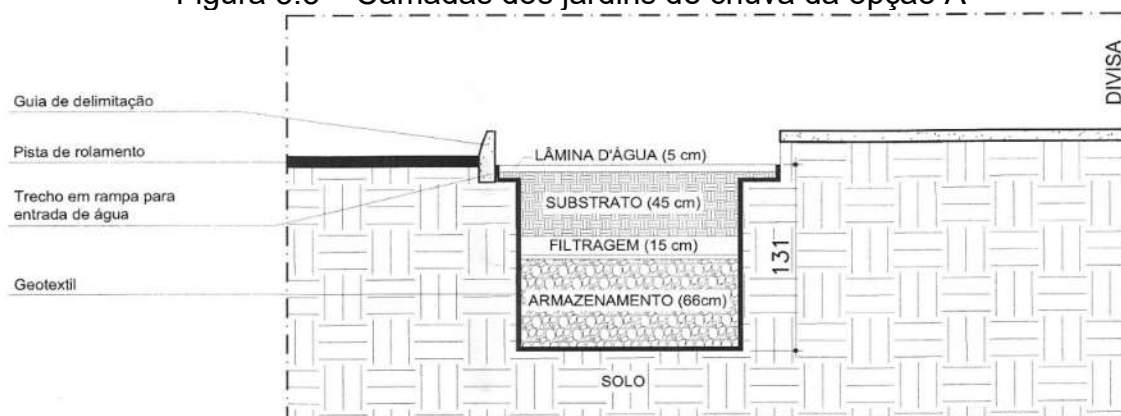
Figura 5.4 – Exemplificação das camadas do jardim de chuva



Fonte: PBH, 2024.

A configuração das camadas dos jardins de chuva da PBH foi definida para atender a um pedido da SUDECAP, tendo então duas opções nomeadas de A e B. A opção A, demonstrada na Figura 5.5, é constituída por uma camada reduzida de substrato com 45 cm de espessura sobre uma camada de filtração de 15 cm com areia e uma camada maior de armazenamento com 66 cm de altura constituída de brita para armazenar temporariamente a água infiltrada antes de percolar no solo natural (PBH, 2022).

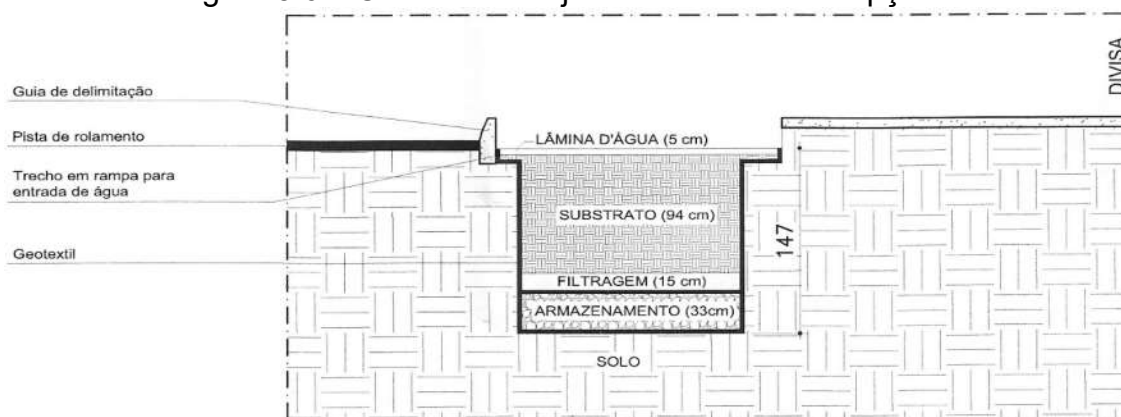
Figura 5.5 – Camadas dos jardins de chuva da opção A



Fonte: PBH, 2022.

Já a opção B, representada na Figura 5.6, é composta por uma camada maior de substrato, com 94 cm de espessura, sobre uma camada de filtragem de 15 cm com areia e uma camada menor de armazenamento com 33 cm de altura (metade daquela da opção A) com o uso de brita para armazenar temporariamente a água infiltrada antes de percolar no solo natural (PBH, 2022).

Figura 5.6 – Camadas dos jardins de chuva da opção B



Fonte: PBH, 2022.

## 5.2 Caracterização dos jardins de chuva selecionados no presente estudo

Dos 7 jardins de chuva selecionados no âmbito deste estudo, 5 desses foram escolhidos por terem sido adotados por morador local. Os outros 2 dispositivos foram monitorados para fins de diagnóstico dos jardins de chuva sem adotantes, ou seja, dentre aqueles que estão sob gestão da PBH. Além disso, foram escolhidos também pelo motivo de estarem instalados em bairros vizinhos e em alguns casos, em ruas próximas. Assim, dos 7 dispositivos, 3 estão localizados no Bairro Santa Amélia, 3 no

Bairro Itapoã e 1 no Bairro Planalto, em Belo Horizonte. A quantidade de jardins de chuva escolhidos para o estudo também foi devido à questão do deslocamento entre os dispositivos durante as visitas a campo. Não seria muito viável monitorar mais do que essa quantidade de jardins de chuva, tendo em vista o interesse por um evento chuvoso durante a visita a campo, e não haveria tempo hábil para se deslocar entre os jardins de chuva e poder avaliá-los adequadamente.

A caracterização dos dispositivos de biorretenção escolhidos foi realizada a partir da realização de visitas *in loco* por meio de: coleta de medidas internas do comprimento lateral e longitudinal, além da altura do solo até o topo da guia de delimitação da estrutura do jardim de chuva utilizando uma trena comum; identificação da disposição e tipos de vegetação ao longo do jardim de chuva baseado no quadro do Apêndice I; observação do escoamento superficial e lâmina d'água; registros fotográficos e de vídeos por meio da câmera de *smartphone*.

Foi verificada também a declividade longitudinal de um trecho linear AB da via pública que abriga o jardim de chuva, por meio dos dados do perfil de elevação da rua gerado no *software* Google Earth, e em alguns casos a declividade lateral. Assim, com esses dados, calculou-se a declividade ( $m$ ) em porcentagem pela Equação 5.1.

$$m = (h/d) \cdot 100 \quad (\text{Equação 5.1})$$

Sendo ( $h$ ) a diferença da maior elevação (ponto A) a montante mais próximo da entrada do jardim de chuva e a menor elevação (ponto B) a jusante da saída no trecho definido, e ( $d$ ) a distância horizontal do trecho AB. Salienta-se que, para a declividade do local onde é implantado um jardim de chuva, deve-se respeitar um limite máximo de declividade para que o mesmo tenha um bom desempenho na absorção e retenção da água pluvial no dispositivo de biorretenção (Yazaki *et al.*, 2013). Assim, é recomendável construir jardins de chuva em locais que a declividade não ultrapasse 12% (Albert, 2021; OICS, 2022).

De modo a realizar a caracterização física de cada jardim de chuva analisado, a Figura 5.7 do croqui da estrutura gerado no *software* AutoCAD ilustra como foi realizada a coleta das medidas internas dos dispositivos do estudo com o uso da trena comum. O valor do comprimento longitudinal maior interno corresponde à soma das medidas encontradas ( $L+2L_1$ ), sendo o comprimento longitudinal menor a medida em (C). A largura foi definida como a medida entre a face interna do limite da calçada e a

face interna da guia de delimitação da estrutura do jardim de chuva. As medidas das aberturas de entrada (E) e de saída (S) foram coletadas nas localidades indicadas na Figura 5.7. Quanto ao nível máximo da lâmina d'água, foi medido entre o topo do substrato e o topo da guia de delimitação da estrutura.

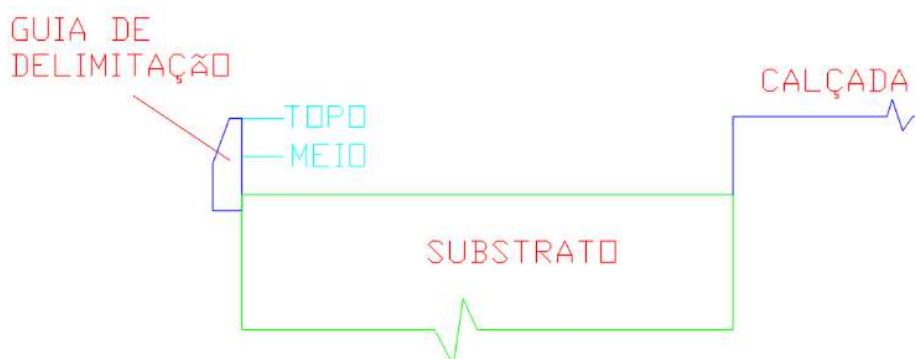
Figura 5.7 – Ilustração do modo de coletar as medidas do jardim de chuva de tipologia módulo simples



Fonte: Autor, 2025.

Para avaliação do nível da lâmina d'água caso encontrada nos dias das visitas, adotou-se o critério ilustrado na Figura 5.8, em relação à altura da guia de delimitação da estrutura do jardim de chuva. Assim, no caso de formação de lâmina d'água abaixo da metade da guia, tem-se uma espessura de lâmina d'água classificada como baixa. Caso a lâmina d'água ultrapasse o meio de referência, foi classificada como lâmina d'água de espessura alta.

Figura 5.8 – Critério para identificar o nível da lâmina d'água no jardim de chuva durante as visitas com evento chuvoso



Fonte: Autor, 2025.

Além disso, foi elaborado um modelo de tabela (Apêndice II) para auxiliar na coleta de dados a ser utilizada durante as visitas *in loco*, assim como a análise dos

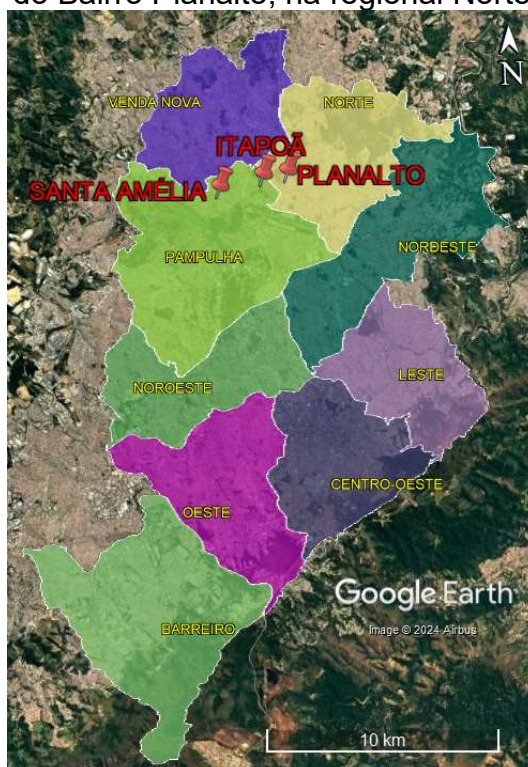
registros fotográficos e das gravações de vídeos, referente ao jardim de chuva módulo simples.

### 5.2.1 Caracterização do Bairro Santa Amélia

O Bairro Santa Amélia está localizado na regional Pampulha a aproximadamente 1,5 km da Lagoa da Pampulha e 9,8 km da Praça Sete de Belo Horizonte. Segundo Ribeiro (2011), o Bairro Santa Amélia surgiu da fazenda Engenho do Córrego do Nado e até a década de 1960 era uma região predominantemente rural. Na década de 1950, uma parte do bairro foi aprovada, sendo que, em 1975, ocorreu a incorporação das áreas que abrange o Conjunto Habitacional Helena Antipoff; já em 1977, houve a aprovação de outros loteamentos. A população residente no Bairro Santa Amélia, de acordo com o Censo 2022 do IBGE (2024), corresponde a 20449 pessoas.

Consta na Figura 5.9 a imagem de satélite do município de Belo Horizonte com a localização do Bairro Santa Amélia na regional Pampulha, assim como o Bairro Itapoã, na mesma regional, e o Bairro Planalto, situado na regional Norte.

Figura 5.9 – Localização dos Bairros Santa Amélia e Itapoã, na regional Pampulha e do Bairro Planalto, na regional Norte



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2024.

Na Figura 5.10, tem-se os limites do Bairro Santa Amélia com área de 2,096 km<sup>2</sup> e o destaque dos 3 jardins de chuva (nº 1, nº 14 e nº 22) desse estudo, inseridos no citado bairro.

Figura 5.10 – Bairro Santa Amélia



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2025.

A localização dos 3 jardins de chuva selecionados no Bairro Santa Amélia, bem como outros dados destes, estão indicados na Tabela 5.1. A identificação dos dispositivos corresponde à numeração adotada pela PBH.

Tabela 5.1 – Lista dos jardins de chuva avaliados neste trabalho, localizados no Bairro Santa Amélia, na regional Pampulha, em Belo Horizonte

Identificação do JC pela PBH (nº)	Tipologia	Coordenada geográfica	Endereço de referência
1	Simplex	19°50'8.75"S 43°58'20.20"O	Rua Augustus William Parish, 179
14	Simplex	19°50'30.98"S 43°58'32.05"O	Rua Deputado Wilson Tanures, 385
22	Simplex	19°50'35.05"S 43°58'37.47"O	Rua Coronel Emilio Martins, 233

Fonte: BHMAP, 2024.

### 5.2.2 Caracterização do Bairro Itapoã

O Bairro Itapoã está localizado na região da Pampulha em Belo Horizonte e é vizinho aos Bairros Santa Amélia e Planalto. Foi criado na década de 1970 pelo parcelamento do terreno que na época era destinado a uma fazenda. O Parque Municipal Fazenda Lagoa do Nado fica situado dentro deste bairro e é um dos principais centros de lazer e recreação dos moradores. Possui comércios ao longo das principais ruas e avenidas, além de serviços para os residentes locais como bancos, escolas, universidade, clínicas, dentre outros (Bairros de Belo Horizonte, 2009). A população residente no Bairro Itapoã, conforme o Censo 2022 do IBGE (2024), corresponde a 9938 pessoas. Pode ser observada na Figura 5.9 a localização do Bairro Itapoã, na regional Pampulha, no município de Belo Horizonte.

A Figura 5.11 mostra os limites do Bairro Itapoã com área de 1,365 km<sup>2</sup> e a localização dos 3 jardins de chuva (nº 2, nº 8 e nº 13) desse estudo situados naquele bairro.

Figura 5.11 – Bairro Itapoã



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2025.

A localização dos 3 jardins de chuva selecionados no Bairro Itapoã, bem como outros dados destes, estão indicados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Lista dos jardins de chuva avaliados neste trabalho localizados no Bairro Itapoã, na regional Pampulha, em Belo Horizonte

<b>Identificação do JC pela PBH (nº)</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Coordenada geográfica</b>	<b>Endereço de referência</b>
2	Simple	19°50'14.89"S 43°57'24.06"W	Rua Sebastião Nepomuceno, 516
8	Simple	19°50'12.50"S 43°57'23.02"W	Rua Professor Ricardo Pinto, 570
13	Simple	19°50'8.96"S 43°57'25.45"W	Rua Rosa Maria Savassi, 153

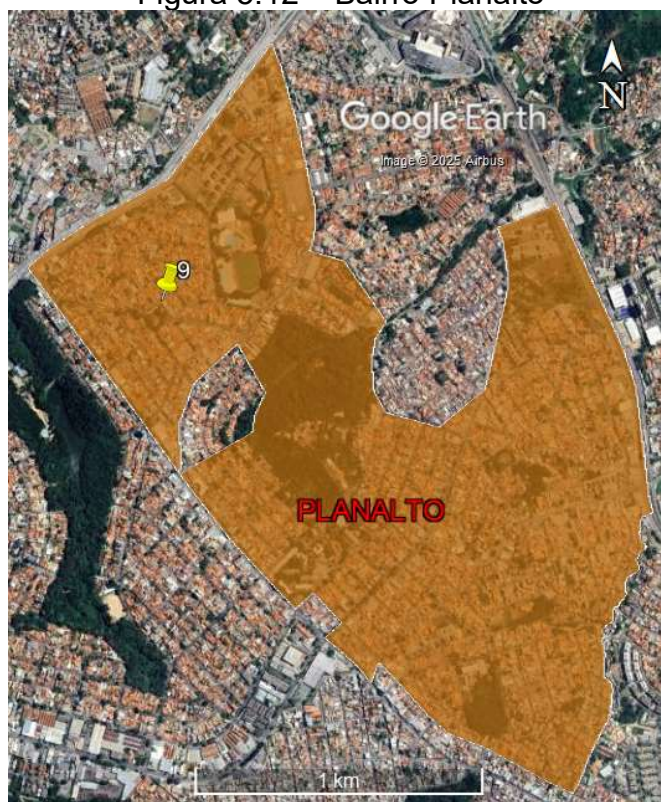
Fonte: BHMAP, 2024.

### **5.2.3 Caracterização do Bairro Planalto**

O Bairro Planalto está localizado na região Norte de Belo Horizonte (Figura 5.9), a aproximadamente 5 km da Lagoa da Pampulha e 14 km do centro da cidade, tendo a sua origem por volta de 1952 com a aprovação dos primeiros loteamentos e incorporação de algumas áreas da Vila Jardim Pampulha. É um bairro considerado de classe média com grande densidade residencial, estrutura comercial e demais serviços (Bairros de Belo Horizonte, 2009). A população residente no Planalto corresponde a 18501 pessoas, segundo os dados do Censo 2022 do IBGE (2024).

Tem-se na Figura 5.12 os limites do Bairro Planalto com área de 2,458 km<sup>2</sup> e a marcação do jardim de chuva neste bairro analisado no âmbito deste trabalho.

Figura 5.12 – Bairro Planalto



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2025.

A localização do jardim de chuva selecionado no Bairro Planalto, na regional Norte, bem como outros dados deste, estão indicados na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 – Jardim de chuva avaliado neste trabalho localizados no Bairro Planalto

Identificação do JC pela PBH (nº)	Tipologia	Coordenada geográfica	Endereço de referência
9	Simplex	19°49'46.44"S 43°57'22.93"O	Rua Moura Costa, 81

Fonte: BHMAP, 2024.

#### 5.2.4 Bacia do Córrego do Nado

A bacia hidrográfica elementar do Córrego do Nado, segundo Lopes *et al.* (2003), possui uma área de 12,39 km<sup>2</sup>, o que corresponde a aproximadamente 3,8% do município de Belo Horizonte, sendo as suas altitudes médias variando entre 750 e 870 metros. A Figura 5.13 esquematiza a localização da bacia.

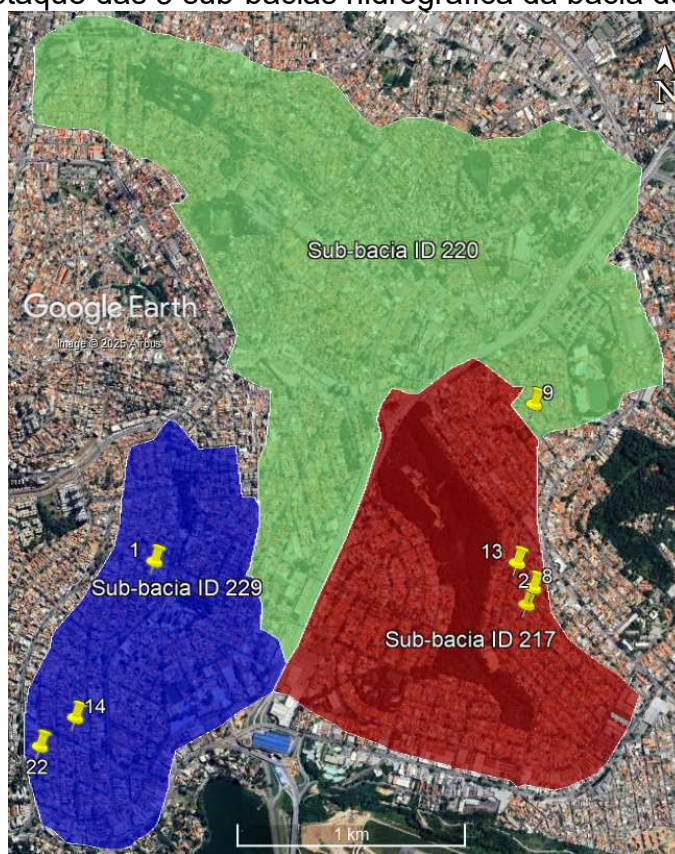
Figura 5.13 – Bacia Hidrográfica do Córrego do Nado



Fonte: Lopes *et al.*, 2003.

Os jardins de chuva localizados nos Bairros Santa Amélia, Itapoã e Planalto referentes ao presente estudo estão situados em três sub-bacias hidrográficas da bacia do Córrego do Nado, como pode ser visto na imagem de satélite na Figura 5.14. Os três jardins de chuva localizados no Bairro Santa Amélia estão implantados na sub-bacia de ID 220 com 3,19 km<sup>2</sup> de área, os três jardins de chuva do Bairro Itapoã na sub-bacia de ID 217 com uma área de 1,68 km<sup>2</sup> e o jardim de chuva do Bairro Planalto na sub-bacia de ID 229 com 1,26 km<sup>2</sup> de área (BHMAP, 2024).

Figura 5.14 – Destaque das 3 sub-bacias hidrográficas da bacia do Córrego do Nado



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2025.

### **5.2.5 Visitas *in loco* aos jardins de chuva de estudo**

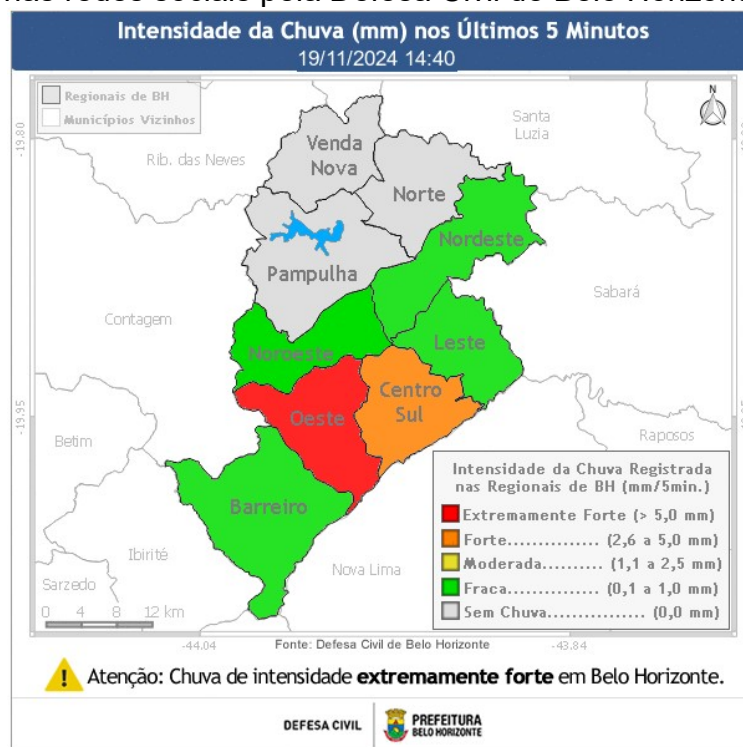
A primeira visita a campo aos jardins de chuva implantados pela PBH ocorreu na data de 29/07/24, sem ocorrência de evento chuvoso. Os dispositivos visitados foram os de nº 2, nº 8, nº 9 e nº 13. Foram verificados as medidas internas, as entradas e saídas dos jardins de chuva, a disposição da estrutura em relação a via pública, o formato construtivo dos dispositivos e a vegetação presente. Com o uso da trena comum, foram medidos a largura, o comprimento e a altura dos jardins de chuva de estudo, conforme os procedimentos descritos no item 5.2. Além disso, foram feitos registros fotográficos dos jardins de chuva em diferentes ângulos e perspectivas.

Na visita *in loco* realizada na data de 15/12/24 aos jardins de chuvas nº 1, nº 14 e nº 22, adotou-se o mesmo procedimento da visita do dia 29/07/24. Foi observado vegetação conforme o Apêndice I, distribuída ao longo da superfície dos jardins de chuva visitados e realizada a coleta das medidas internas, bem como dos registros fotográficos. As demais visitas ocorreram durante ou após eventos de chuva.

### **5.3 – Análise em campo do funcionamento dos jardins de chuva em dias de eventos chuvosos**

Com o objetivo de analisar o escoamento superficial gerado nas vias públicas próximas aos jardins de chuva de estudo, foram realizadas visitas *in loco* aos dispositivos em dias chuvosos. O primeiro passo antes de deslocar aos jardins de chuva foi observar a previsão do tempo pelo *site* do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e Clima Tempo. Em adição, acompanharam-se as publicações de eventos de chuva por regional nas redes sociais da Defesa Civil de Belo Horizonte, conforme exemplificado na Figura 5.15. O segundo passo correspondeu ao deslocamento e à visita a campo aos dispositivos de biorretenção após a constatação de chuva nas regionais em que se encontram os jardins de chuva (regionais Norte e Pampulha).

Figura 5.15 – Mapa ilustrativo de eventos de chuva por regional emitido e publicado nas redes sociais pela Defesa Civil de Belo Horizonte



Fonte: Defesa Civil de Belo Horizonte, 2024.

Durante as visitas *in loco* em dias de chuvas, algumas ações foram realizadas para coleta de dados com o fim de avaliar os dispositivos, por meio da tabela modelo do Apêndice III: registro da data e hora da visita em cada jardim de chuva; se a precipitação ocorreu antes e/ou durante as visitas; a presença ou não de escoamento superficial; se o escoamento superficial estava sendo direcionada para a entrada do jardim de chuva, ou se estava contornando a estrutura do dispositivo; se tinha água empoçada na entrada; e se havia formação de lâmina d'água ao longo do jardim de chuva.

Além da tabela do Apêndice III, foram realizados registros fotográficos e a gravação de vídeos para auxiliar na avaliação do escoamento superficial e da situação do jardim de chuva durante/após o evento chuvoso.

### 5.3.1 – Visitas *in loco* aos jardins de chuva de estudo em dias chuvosos

A primeira visita *in loco* em dias chuvosos aconteceu minutos após um evento de chuva de intensidade moderada na data de 27/10/24. Ao chegar ao local de cada jardim de chuva de estudo, o primeiro passo foi observar se tinha escoamento

superficial e se adentrava pela abertura de entrada do jardim de chuva. Caso positivo para geração de escoamento, foi realizado o registro fotográfico e principalmente a gravação de vídeos que focassem no deslocamento do escoamento superficial encontrado no local.

Outro ponto observado após o registro da presença ou não de escoamento superficial foi a verificação no local da formação ou não de lâmina d'água no interior do jardim de chuva, sendo a definição da espessura, conforme descrito no item 5.2.

As demais visitas a campo ocorreram nas datas de 09/11/24, 28/12/24, 22/01/25 e 29/01/25, durante ou após algum evento de chuva. Foram realizados os mesmos passos descritos na visita do dia 27/10/24 nos jardins de chuva desse trabalho.

#### 5.4 – Consulta da intensidade da chuva próximo aos horários das visitas

Os dados da intensidade dos eventos chuvosos referentes ao dia e hora da visita a campo aos jardins de chuva auxiliaram no diagnóstico da condição de escoamento superficial e lâmina d'água encontrada no dispositivo.

Segundo a Defesa Civil de Belo Horizonte, a intensidade da chuva pode ser classificada em fraca, moderada, forte e extremamente forte a depender da precipitação em milímetros/5minutos, conforme ilustrado na Figura 5.15 e Apêndice IV. A Tabela 5.4 possui o resumo da classificação da intensidade da chuva utilizada pela Defesa Civil de Belo Horizonte.

Tabela 5.4 – Grau de intensidade da precipitação

<b>Intensidade</b>	<b>Faixa (mm/5min.)</b>
Chuva fraca	0,1 a 1,0
Chuva moderada	1,1 a 2,5
Chuva forte	2,6 a 5,0
Chuva extremamente forte	≥ 5,0

Fonte: Defesa Civil de Belo Horizonte, 2024.

A consulta dos quantitativos de precipitação foi realizada junto à base de monitoramento pluviométrico do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) e do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN).

A estação de monitoramento consultada para coleta de dados pelo INMET foi a estação meteorológica automática identificada como “Belo Horizonte (Pampulha) A521”, com coordenadas geográficas 19°53'01.94"S 43°58'09.95", com uma distância linear de aproximadamente 4,62 km do jardim de chuva mais próximo (nº 22).

A estação convencional do DECEA está localizada no aeroporto da Pampulha, nas coordenadas geográficas 19°50'59.95"S 43°56'59.95"O, distante a 1,55 km do jardim de chuva nº 2.

Os pluviométricos automáticos consultados do CEMADEN foram: a estação Pampulha (ID 310620007A), coordenadas geográficas 19°51'57.19"S 43°57'21.58"O, localizada a 3,37 km do jardim de chuva nº 22, e a estação AC Jaraguá (ID 310620013A), coordenadas geográficas 19°51'57.94"S 43°56'17.11"O, distante 3,75 km do jardim de chuva nº 2.

A escolha dessas quatro estações foi devido às mesmas estarem localizadas na região próxima aos bairros estudados neste trabalho. Contudo, os dados encontrados referentes a essas 4 estações pluviométricas não refletiram o cenário de chuva encontrado durante as visitas, pois na maioria dos horários próximos às visitas, obtiveram-se dados de volume de chuva zerados. Por esse motivo, esses dados não puderam ser utilizados na presente pesquisa.

## **5.5 – Percepção dos moradores que adotaram um jardim de chuva de estudo**

Para fins de coleta de informações para o diagnóstico dos dispositivos de estudo, foi aplicado um questionário, formato Google Forms enviado via e-mail, para verificar o ponto de vista do morador que adotou um jardim de chuva próximo ao seu imóvel no contexto do programa Adote um Jardim de Chuva, criado pela PBH.

### **5.5.1 Questionário aplicado**

O questionário aplicado junto aos moradores que adotaram um jardim de chuva no âmbito deste trabalho contém 21 perguntas, conforme Apêndice V, sendo em sua maioria compostas por respostas de ‘sim’ ou ‘não’.

As perguntas 1 e 2 são relacionadas ao nível e área de formação do adotante no caso de capacitá-lo a realizar uma avaliação menos subjetiva quanto ao desempenho e manutenção na prática de um jardim de chuva. Foram elaboradas as

perguntas 3, 4 e 5 para poder avaliar a ocorrência ou não de enxurradas na via pública que viria a prejudicar o funcionamento e a manutenção do jardim de chuva e assim, indicar que o local é inadequado para a implantação do dispositivo de biorretenção.

Tem-se a pergunta 6 para compreender a motivação que levou o adotante a aderir ao programa “Adote um Jardim de Chuva” da PBH e a pergunta 7 para identificar o tempo que o jardim de chuva analisado foi adotado. As perguntas 8 e 9 permitem avaliar se o adotante recebe algum tipo de suporte e orientação por parte da PBH no ato da adoção e ao longo do tempo sobre a importância, a função e a manutenção periódica do jardim de chuva. A pergunta 10 aborda sobre como o adotante ficou sabendo da implantação desse dispositivo próximo à sua residência e assim poder analisar a forma e o alcance da divulgação desta política pública.

As perguntas 11 e 12 avaliam o conhecimento e percepção do adotante quanto à condição de aparência e paisagismo dos outros jardins de chuva implantados pela PBH na região do entrevistado. Referente à pergunta 13, ela aborda na visão do entrevistado o aspecto da fauna que possa aumentar na região com a implantação dos dispositivos. Com a intenção de analisar se a o formato, localização e sinalização aplicada pela PBH nos dispositivos, na visão do entrevistado, poderia prejudicar o trânsito de veículos e de pedestres na via pública, a pergunta 14 foi aplicada.

A questão 15 diz respeito aos 10% de desconto no valor do IPTU que o adotante recebe como incentivo no programa “Adote um Jardim de Chuva” da PBH. E foi elaborada com o objetivo de verificar se esses custos com a manutenção periódica do dispositivo são compensados por esse desconto, pois, caso contrário, poderia resultar em um desestímulo em manter a adoção do jardim de chuva.

Com base nas perguntas 16, 17 e 18, avalia-se a percepção do adotante quanto aos benefícios e desafios enfrentados pelo entrevistado ou por algum outro caso conhecido com a implantação dos jardins de chuva na região. Além disso, a pergunta 19 aborda as possíveis sugestões de melhoria na eficiência, aparência e sinalização dos dispositivos de biorretenção. Por fim, é verificado por meio da pergunta 20 o interesse do adotante em continuar ou não com a adoção de um jardim de chuva e, na pergunta 21, o desejo do entrevistado quanto à implantação de mais dispositivos em outras regiões da cidade de Belo Horizonte.

## **5.6 – Diretrizes construtivas e de manutenção para os jardins de chuva do município de Belo Horizonte**

Para atender às boas práticas construtivas e de manutenção dos jardins de chuva localizados no município de Belo Horizonte, foram elaboradas diretrizes baseadas nos problemas identificados durante as visitas, para auxiliar na execução e conservação dos dispositivos. Por meio dessas sugestões de diretrizes, pretende-se que a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte possa ter instruções complementares para melhorar o funcionamento e conservação dos jardins de chuvas já implantados na cidade e também para norteá-la na construção de futuros jardins de chuvas. Além disso, as diretrizes propostas neste estudo poderão ser úteis no sentido de orientar os adotantes quanto à importância da correta manutenção nos jardins de chuva da PBH.

Os dados coletados nas visitas *in loco* em dias com e sem chuva, pelas observações diagnósticas constatadas em campo quanto ao funcionamento dos jardins de chuva de Belo Horizonte, basearam a elaboração das diretrizes. Essas observações são principalmente sobre os pontos construtivos negativos e de manutenção diagnosticados, ou seja, do que foi notado de errado nos jardins de chuva e/ou na via pública que prejudicou o direcionamento, captação e infiltração do escoamento superficial no dispositivo. Outro ponto que balizou a elaboração das diretrizes foi relacionado aos dados coletados por meio das entrevistas com os adotantes que residem próximos aos jardins de chuva de estudo e a respeito da percepção e conhecimento sobre os dispositivos implantados pela PBH.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Diagnóstico inicial dos jardins de chuva de estudo**

Por meio das visitas a campo, foram coletados os dados para caracterização e diagnóstico dos jardins de chuva avaliados neste estudo. Os resultados obtidos sobre os dispositivos analisados são descritos textualmente ao longo desse capítulo com o auxílio de quadros para um melhor entendimento e organização das informações.

Para essa primeira parte de coleta de dados para caracterização e diagnóstico inicial sem evento chuvoso, foram realizadas duas visitas aos 7 jardins de chuva de estudo, sendo a visita do dia 29/07/24 aos jardins de chuva de nº 9, nº 2, nº 8 e nº 13. Já no dia 15/12/24, foram visitados os dispositivos de nº 1, nº 14 e nº 22. Ambas as visitas foram realizadas no período vespertino e sem evento de chuva durante a coleta dos dados.

O Quadro 6.1 contém o resumo das informações coletadas durante as duas visitas e no Quadro 6.2 encontram-se os registros fotográficos e croqui de cada jardim de chuva visitado nas duas datas citadas anteriormente.

Quadro 6.1 – Dados coletados nas visitas a campo sem evento chuvoso








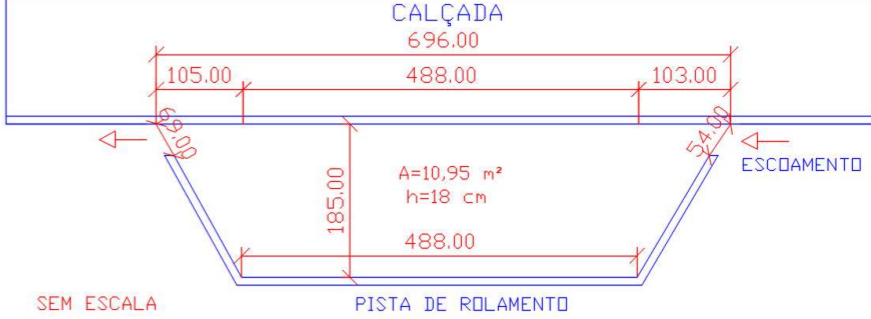








Data da visita		29/07/24				15/12/24		
Jardim de chuva		2	8	9	13	1	14	22
Tipologia		Simple	Simple	Simple	Simple	Simple	Simple	Simple
Bairro		Itapoã	Itapoã	Planalto	Itapoã	Santa Amélia	Santa Amélia	Santa Amélia
Entrada	Sarjeta	x	✓	x	x	✓	x	✓
	Tamanho	Curta	Curta	Larga	Curta	Larga	Larga	Larga
	Atenuador de vazão de concreto	✓	✓	x	✓	x	x	x
	Pequena fenda ao lado do atenuador	✓	✓	x	✓	x	x	x
	Camada de brita	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Assoreamento de solo/folhas secas/resíduos sólidos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Saída (extravaso)	Tamanho	Curta	Curta	Curta	Curta	Curta	Curta	Curta
	Atenuador de vazão de concreto	✓	✓	✓	✓	x	x	x
	Meio-fio com altura menor	x	x	x	x	✓	✓	✓
	Pequena fenda ao lado do atenuador/meio-fio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Camada de brita	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Assoreamento de solo/folhas secas/resíduos sólidos	✓	✓	x	x	x	x	✓
Interior	Espaço considerável sem vegetação	✓	✓	x	✓	x	✓	✓
	Erosão	x	x	x	x	x	x	x
	Muitas folhas secas	✓	✓	x	x	x	x	x
	Resíduos sólidos	x	✓	✓	x	x	x	✓
Vegetação	Espécie do grupo 1	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Espécie do grupo 2	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓
	Espécie do grupo 3	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓
	Espécie do grupo 4	x	x	✓	x	✓	✓	✓
	Espécie do grupo 5	x	✓	x	x	x	x	x
	Espécies conforme Manual Técnico de Manutenção da PBH	x	x	✓	x	✓	✓	✓
	Espécie daninha	x	x	x	x	✓	x	✓
Sinalização		x	x	x	x	✓	x	x
Declividade aproximada (%)		6,45	8,70	3,18	7,30	2,58	2,36	0,62

Legenda: ✓ = presente; x = ausente.

Observação: Os grupos das espécies são conforme o Apêndice I.

Fonte: Autor, 2025.

Quadro 6.2 – Registros fotográficos das visitas *in loco* sem evento chuvoso e croqui da estrutura dos jardins de chuva

Data	JC	Visão geral	Entrada	Saída	Croqui com as medidas internas (cm)
29/07/24	2				
	8				
	9				
	13				

Fonte: Autor, 2025.

(continua)

Quadro 6.2 – Registros fotográficos das visitas *in loco* sem evento chuvoso e croqui da estrutura dos jardins de chuva (continuação)

	1				
15/12/24	14				
	22				

Fonte: Autor, 2025.

De maneira geral, conforme consulta aos Quadros 6.1 e 6.2, os jardins de chuva visitados possuem similaridade no formato construtivo (similar à forma trapezoidal), na utilização de peças de meio-fio como limite da estrutura e no uso de camada de brita após a entrada e antes da saída. Observou-se variedade na disposição e quantitativo das espécies de vegetação nos dispositivos de biorretenção analisados.

Possuem também algumas diferenças entre eles quanto à largura da entrada, o uso ou não de dispositivo de atenuação de vazão do escoamento superficial (destacado na Figura 6.1a). Os dispositivos de atenuação de vazão têm a função, segundo a PBH (2024), de “reduzir o impacto da penetração da água da chuva no jardim em locais onde a declividade pode vir a potencializar a energia de entrada do escoamento pluvial dentro do jardim de chuva, evitando-se danos em potencial ao mesmo”.

Informações complementares quanto à caracterização dos jardins de chuva realizada durante as visitas a campo, sem evento chuvoso, são descritas nos próximos subtópicos.

### **6.1.1 – Vegetação observada nos jardins de chuva**

Pode-se notar pelas informações da vegetação do Quadro 6.1 e registros fotográficos do Quadro 6.2 que quatro dos sete jardins de chuva possuem no mínimo 4 espécies diferentes dos grupos 1 ao 4 dos tipos de espécies conforme instruções do Projeto Jardins de Chuva - Bacia do Nado emitido pela PBH (2022) e do Manual Técnico de Manutenção - Jardins de Chuva da PBH (2024). Porém, para outros dispositivos como o nº 2, nº 8 e nº 13, faltava o plantio de alguma espécie, logo, em desacordo com as especificações gerais dos dois documentos da PBH citados acima. O jardim de chuva nº 9 e o nº 14 foram os que mais chamaram atenção sobre a disposição da vegetação, pois foram os dispositivos que melhor correspondem à organização das espécies ao longo do substrato do jardim, conforme a imagem exemplificada da Figura 4.16, porém, com um quantitativo menor que o indicado em projeto.

Outro ponto a destacar é quanto à manutenção periódica no quesito limpeza dos jardins de chuva, pois foi identificada a presença de folhas secas, resíduos sólidos e sedimentação de solo na camada de brita das entradas da maioria dos jardins de chuva visitados. Esse descuido na manutenção periódica dos jardins de chuva pode

resultar na redução da eficiência da captação do escoamento superficial em dias de evento chuvoso, como será visto mais adiante. Além disso, alguns dos jardins de chuva possuem áreas sem o plantio de vegetação, tendo a superfície do solo exposta e sem proteção contra o carreamento devido à falta de vegetação, contudo não foi notado nessas duas visitas qualquer sinal de erosão. Pode-se destacar que, de maneira geral, os jardins de chuva analisados que possuem adotantes estavam em melhor estado de conservação em comparação com os outros dois dispositivos sob gestão da PBH.

Uma observação quanto ao jardim de chuva nº 1 refere-se à identificação de uma espécie de vegetação que não está especificada nos grupos de vegetação estabelecida pela PBH (Apêndice I), como a *Hemigraphis alternata* 'Exótica', além de outras espécies de vegetação de pequeno porte. Deve-se analisar se o emprego de espécies não especificadas no Apêndice I é benéfico ou prejudicial ao desempenho e paisagismo do jardim de chuva. Referente às espécies de plantas de pequeno porte que provavelmente cresceram de forma natural (plantas daninhas), deve-se realizar a retirada destas para evitar interferir no funcionamento e no paisagismo do jardim de chuva, conforme a diretriz sugerida mais adiante nesse trabalho.

### **6.1.2 – Escoamento superficial notado durante visita a campo**

No jardim de chuva nº 2, conforme os registros fotográficos da Figura 6.1, durante a visita foi observada uma mancha de umidade com indicativo de que tenha ocorrido um escoamento superficial recente e de que o mesmo não adentrou o jardim de chuva e contornou a estrutura do jardim externamente. Uma possibilidade para compreender o motivo do escoamento superficial não ter sido captado pela entrada da estrutura pode estar relacionado à instalação do dispositivo de concreto para atenuar a vazão na entrada do jardim de chuva.

Em adição à sedimentação de solo e acúmulo de folhas secas na pequena fenda entre a estrutura e o dispositivo de atenuação de vazão (destacado na Figura 6.1a) na entrada do dispositivo de biorretenção. Esse escoamento superficial foi proveniente de uma lavagem de veículo a montante da entrada do jardim de chuva e, por isso, acredita-se que a intensidade era fraca, o que pode ter contribuído para não adentrar e apenas contornar a estrutura do jardim de chuva. Além disso, no dia da

visita em questão não havia indícios de ter ocorrido nenhum evento de precipitação que pudesse justificar esse escoamento.

Figura 6.1 – Desvio do escoamento superficial no jardim de chuva nº 2 (27/07/24)



Observação: **a)** Destaque para o dispositivo de atenuação de vazão (círculo amarelo); **b)** Escoamento superficial desviando o jardim de chuva.

Fonte: Autor, 2025.

Igualmente ao observado no jardim de chuva nº 2, uma mancha úmida resultante de escoamento superficial recente também foi notada na via pública, conforme o registro fotográfico da saída do jardim de chuva nº 13 no Quadro 6.2. Nesse caso, uma pequena parcela do escoamento adentrou o jardim de chuva pela fenda e a maior parcela do escoamento contornou a estrutura.

### 6.1.3 – Entrada dos jardins de chuva

Uma diferença observada *in loco* no jardim de chuva nº 14 foi referente à faixa de brita da entrada: segundo visualizado na Figura 6.2, a mesma estava mais concentrada linearmente e com uma maior altura (empilhada), ao contrário dos outros jardins de chuva observados que possuem uma camada mais distribuída ao longo da

superfície na entrada. Conseqüentemente, isso pode reduzir a captação das águas pluviais, pois gera uma espécie de barreira para o escoamento superficial de baixo a médio volume. Essa redução na captação do escoamento é agravada pela sedimentação do solo e vegetação seca na entrada, como pode ser visto nos diagnósticos dos jardins de chuva em dias de chuva (Quadros 6.4 e 6.5).

Figura 6.2 – Detalhe da faixa de brita da entrada do jardim de chuva nº 14 (15/12/24)



Observação: **a)** Entrada do jardim de chuva nº 14; **b)** Detalhe da faixa de brita empilhada e da tubulação de água pluvial do imóvel vizinho ao jardim de chuva.

Fonte: Autor, 2025.

Foi observado também próximo à entrada do jardim de chuva nº 14 que a declividade na entrada não favorece o direcionamento do escoamento superficial, em adição a outros fatores que colocam em xeque o bom funcionamento do dispositivo, como a existência de um pavimento irregular, a falta de sarjeta e inclusive a presença de uma leve lombada de concreto próximo à entrada do dispositivo, conforme a Figura 6.3.

Figura 6.3 – Irregularidades a montante da entrada do dispositivo nº 14 (15/12/24)



Observação: **a)** Leve lombada de concreto (seta vermelha); **b)** Detalhe do pavimento irregular próximo à entrada do jardim (seta amarela).

Fonte: Autor, 2025.

#### 6.1.4 – Declividade aproximada dos dispositivos visitados

Referente à avaliação da declividade próximo aos jardins de chuva deste estudo, o Quadro 6.3 reúne os dados obtidos com o cálculo (Equação 5.1) da declividade em porcentagem baseado nos perfis de elevação geradas no *software* Google Earth.

Com as declividades calculadas para cada jardim de chuva visitado, nota-se, pelos dados do Quadro 6.3, que nenhum dos 7 dispositivos de biorretenção ultrapassou o limite máximo recomendável de 12% (Albert, 2021; OICS, 2022). Em destaque, os jardins de chuva nº 2, nº 8 e nº 13 com declividades mais altas, porém, ainda assim, dentro do limite aconselhável de declividade.

Ademais, pode-se enfatizar também o jardim de chuva nº 22 com sua declividade próxima a zero devido à variação muito pequena da elevação entre os pontos A e B da via pública, como pode ser consultado no Quadro 6.3. Por esse motivo, foi considerado um desnível de 30 cm no trecho AB, conforme os dados da perda de elevação obtidos no gráfico do *software* Google Earth.

Quadro 6.3 – Dados da declividade dos jardins de chuva de estudo

Jardim de chuva	Elevação no ponto A (m)	Elevação no ponto B (m)	Desnível no treco AB (m)	Distância horizontal treco AB (m)	Declividade (%)	Perfil da elevação pelo Google Earth
1	784	783	1	38,7	2,58	
2	808	804	4	62	6,45	
8	807	805	2	23	8,70	

Fonte: Adaptado do Google Earth, 2025.

(continua)

Quadro 6.3 – Dados da declividade dos jardins de chuva de estudo (continuação)

9	811	810	1	31,4	3,18	<p>Gráfico: Min, Méd, Max Elevação: 810, 811, 811 m          Totais do período: Distância: 31,4 m Ganho/perda de elevação: 1,24 m, -0,05 m Inclinação máxima: - Inclinação média: -</p>
13	802	797	5	68,5	7,30	<p>Gráfico: Min, Méd, Max Elevação: 797, 800, 802 m          Totais do período: Distância: 68,5 m Ganho/perda de elevação: 0,42 m, -5,3 m Inclinação máxima: - Inclinação média: -</p>
14	812	811	1	42,3	2,36	<p>Gráfico: Min, Méd, Max Elevação: 811, 811, 812 m          Totais do período: Distância: 42,3 m Ganho/perda de elevação: 0,36 m, -0,52 m Inclinação máxima: - Inclinação média: -</p>
22	829	829	0,30	48,2	0,62	<p>Gráfico: Min, Méd, Max Elevação: 829, 829, 829 m          Totais do período: Distância: 48,2 m Ganho/perda de elevação: 0,50 m, -0,30 m Inclinação máxima: - Inclinação média: -</p>

Fonte: Adaptado do Google Earth, 2025.

Um ponto observado *in loco* no jardim de chuva nº 14 foi a presença de sarjeta, canaleta e bocas de lobo apenas no lado da via oposto à instalação da estrutura do jardim de chuva, conforme Figura 6.4. Além disso, notou-se em campo uma declividade lateral da via desfavorável à captação do escoamento pelo dispositivo de biorretenção, devido ao desnível entre o mesmo (elevação mais alta) e as bocas de lobo (elevação mais baixa). Logo, o sentido do escoamento superficial (setas azuis da Figura 6.4) é direcionado para o lado oposto da rua, reduzindo assim, a captação da água pluvial pelo jardim de chuva.

Figura 6.4 – Sistema de drenagem convencional no lado oposto ao jardim de chuva e declividade lateral desfavorável ao dispositivo nº 14 (15/12/24)

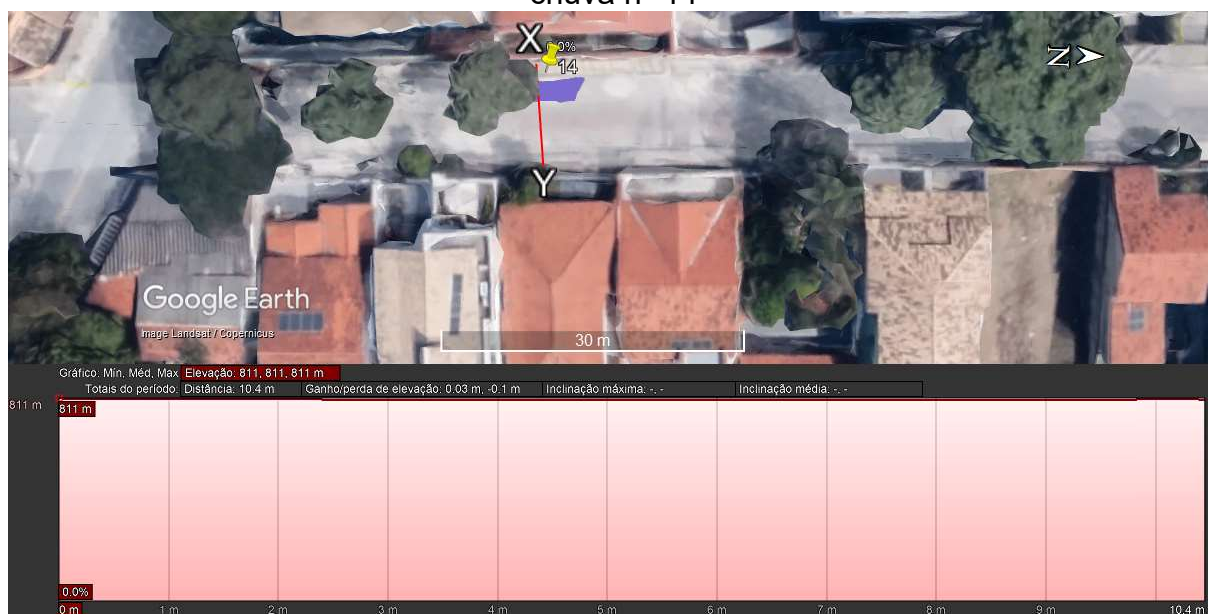


Fonte: Autor, 2025.

O gráfico de perfil de elevação da imagem de satélite do Google Earth na Figura 6.5 confirma a declividade lateral desfavorável no local do jardim de chuva nº 14. A perda de elevação no trecho XY correspondeu a, aproximadamente, 0,10 m em uma distância linear de 10,4 m, resultando numa declividade em torno de 0,96%. Com esses dados, confirma-se o sentido do escoamento superficial no sentido do trecho XY, ou seja, no sentido das setas em azul da Figura 6.4. Assim, por essas observações citadas, o espaço recomendável para sua instalação seria em algum local disponível no lado oposto onde atualmente está implantado o dispositivo de biorretenção nº 14. Assim sendo, acredita-se que haveria um desempenho melhor na captação do escoamento superficial pelo jardim de chuva e no trabalho em conjunto

com o sistema de drenagem convencional existente naquele trecho da rua em questão.

Figura 6.5 – Perfil de elevação lateralmente da via pública próximo ao jardim de chuva nº 14



Fonte: Adaptado do Google Earth, 2025.

Semelhante ao jardim de chuva nº 14, foi notado no local do jardim de chuva nº 22 um pequeno desnível lateral da via pública, que resulta no direcionamento de parte do escoamento para o lado da via oposto ao dispositivo de biorretenção.

Em complemento, após a visita no local e análise do perfil de elevação longitudinal da via pública, onde se localiza o jardim de chuva de estudo nº 14, identificou-se que o ponto C na imagem do dispositivo nº 14 no Quadro 6.3 possui elevação maior que o ponto B em um trecho de 101 metros. Portanto, com uma distância maior que o trecho AB (42,3 m), haveria um maior volume de água pluvial no trecho CB (setas amarelas da Figura 6.4) que no trecho AB. Logo, além da recomendação de implantar o jardim de chuva no lado oposto da via, a entrada do jardim de chuva deveria ser direcionada para captar o escoamento superficial proveniente do trecho CB ao invés do trecho AB, melhorando assim a captação das águas pluviais do jardim.

## **6.2 – Visitas a campo para diagnóstico dos jardins de chuva de estudo durante ou após eventos chuvosos**

As visitas *in loco* para diagnóstico dos 7 dispositivos desse estudo em dias de eventos chuvosos ocorreram em 5 datas, conforme descrito no Quadro 6.4. Referente às imagens consultadas das regionais Norte e Pampulha com o indicativo de chuva e sua respectiva intensidade, divulgadas nas redes sociais pela Defesa Civil de Belo Horizonte, estas podem ser consultadas no Apêndice IV.

Houve uma tentativa de se coletar os dados das 4 estações pluviométricas mais próximas aos jardins de chuva visitados, porém, ao analisar os dados pluviométricos nos instantes que antecederam ou em que ocorreram as visitas, não se observaram volumes de chuvas condizentes com o evento chuvoso antes ou durante a visita. Na maioria dos casos, constatou-se um volume de chuva zerado nas estações, logo, sem registro de precipitação para o horário da visita e sem refletir a realidade. Por esse motivo, não foi possível realizar uma análise do volume de precipitação em relação à condição de escoamento superficial e lâmina d'água encontrados no momento da visita aos jardins de chuva.

O Quadro 6.4 reúne os parâmetros diagnosticados nos jardins de chuva de estudo quando das visitas realizadas, durante ou após a ocorrência de evento chuvoso, tendo assim, um panorama geral das observações feitas em campo. Quanto aos registros fotográficos, estes estão esquematizados no Quadro 6.5, seguindo uma ordem cronológica conforme o dia e horário em que os jardins de chuva foram visitados.

Quadro 6.4 – Dados coletados nas visitas a campo durante ou após evento chuvoso

Data da visita		27/10/2024		09/11/2024			28/12/2024			22/01/2025		29/01/2025						
Jardim de chuva		13	8	13	8	2	22	14	1	9	9	14	22	1	8	13	2	9
Horário aproximado		17:08	17:24	14:55	15:00	15:20	15:34	15:44	16:00	15:03	17:16	16:09	16:26	16:35	17:11	17:16	17:30	17:46
Chuva no momento da visita		✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓
Intensidade da chuva no local		Fraca	Moderada a fraca	-	-	-	Moderada a fraca	Fraca	Fraca	Extremamente forte	-	Forte a moderada	Moderada a fraca	Moderada a fraca	-	-	-	Fraca
Presença de escoamento superficial		✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Entrada	Captação de água pluvial	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	-	Baixa	Muito baixa	Média	Extremamente alta	-	Baixa	Baixa	Média	Baixa	Baixa	-	Média
	Escoamento superficial contornou a estrutura	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	-	✗
	Acúmulo de água na entrada	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✓
	Assoreamento de solo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Folhas secas	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓
	Resíduos sólidos	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓
	Vegetação daninha	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓
Porção central	Lâmina d'água	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗
	Espessura da lâmina	-	-	-	-	-	Baixa	Baixa	Alta	Alta	-	Baixa	Baixa	Alta	-	Baixa	-	-
	Erosão	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗
	Folhas secas	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✓
	Resíduos sólidos	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓
Saída	Vertedouro com fluxo de água	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
	Lâmina d'água	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗
	Espessura da lâmina	-	-	-	-	-	-	-	Média	Alta	-	-	-	Média	-	-	-	-
	Resíduos sólidos	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗
	Assoreamento de solo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	-	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Vegetação daninha	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗
Vegetação	Espaços sem espécies indicadas pela PBH	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓
	Falta de desbaste/poda	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗
	Espécies daninhas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Sinalização	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	
Marcas de pneu na estrutura	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓	✓	✓	✓	
Meio-fio quebrado	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	

Legenda: ✓ = presente; ✗ = ausente

Fonte: Autor, 2025.

Quadro 6.5 – Registros fotográficos das visitas *in loco* com evento chuvoso

JC	Hora	Vista da entrada	Vista geral
<b>VISITA: 27/10/2024</b>			
13	17:08		
			
8	17:24		
			
<b>VISITA: 09/11/2024</b>			
13	14:55		
			

Fonte: Autor, 2025.

(continua)

Quadro 6.5 – Registros fotográficos das visitas *in loco* com evento chuvoso (continuação)

<p>8</p>	<p>15:00</p>				
<p>2</p>	<p>15:20</p>				
<p><b>VISITA: 28/12/2024</b></p>					
<p>22</p>	<p>15:34</p>				

Fonte: Autor, 2025.

(continua)

Quadro 6.5 – Registros fotográficos das visitas *in loco* com evento chuvoso (continuação)

<p>14</p>	<p>15:44</p>				
					
<p>22/01/2025</p>					
<p>9</p>	<p>15:03</p>				

Fonte: Autor, 2025.

(continua)

Quadro 6.5 – Registros fotográficos das visitas *in loco* com evento chuvoso (continuação)

<p>9</p>	<p>17:16</p>				
<p>29/01/2025</p>					
<p>14</p>	<p>16:09</p>				
<p>22</p>	<p>16:26</p>				

Fonte: Autor, 2025.

(continua)

Quadro 6.5 – Registros fotográficos das visitas *in loco* com evento chuvoso (continuação)

1	16:35				
8	17:11				
13	17:16				

Fonte: Autor, 2025.

(continua)

Quadro 6.5 – Registros fotográficos das visitas *in loco* com evento chuvoso (continuação)

2	17:30				
9	17:46				

Fonte: Autor, 2025.

Em complemento aos dados levantados nos Quadros 6.4 e 6.5, são feitos a seguir alguns apontamentos das observações sobre os jardins de chuva visitados nessa segunda parte das visitas a campo.

### **6.2.1 – Análise da entrada do jardim de chuva**

Nos jardins de chuvas nº 8 e nº 13, onde a entrada possui um dispositivo de concreto para atenuação da vazão, conforme os parâmetros dos Quadros 6.2 e 6.4, e os registros fotográficos do Quadro 6.5, diagnosticou-se que o escoamento superficial desviava do atenuador. A maior parcela do escoamento desviou da entrada por causa do atenuador e contornou pelo pavimento da via pública a estrutura do jardim de chuva. Apenas uma pequena parcela de água pluvial adentrou o jardim pela pequena abertura ao lado do atenuador de vazão (fenda), indicada pela seta amarela na Figura 6.6. Mesmo com uma inclinação do dispositivo de atenuação de vazão em concreto, uma grande parcela do escoamento não conseguiu ser captada pela entrada do jardim de chuva.

Figura 6.6 – Detalhe da entrada do jardim de chuva nº 8 com captação do escoamento superficial pela pequena fenda (27/10/24)



Fonte: Autor, 2025.

Um ponto observado em relação à entrada dos jardins de chuva nº 1, nº 14 e nº 22, sem o dispositivo de concreto para atenuação de vazão, é ter a abertura com uma largura maior. Essa abertura mais larga tende a captar um volume maior de

escoamento superficial caso não haja obstáculos na faixa de brita (sedimentação de solo, folhas secas e resíduos sólidos) que possam reduzir a captação da água pluvial.

Contudo, diagnosticou-se *in loco* nos jardins de chuva que um volume maior de água pluvial não adentrou ao dispositivo, devido à faixa de brita na entrada estar distribuída ao longo de uma superfície que possui o mesmo nível da via pública, ou seja, não se tem um degrau na entrada do jardim de chuva. Em conjunto com a falta desse desnível, a sedimentação de partículas de solo, folhas secas e escoamento superficial de baixa a média intensidade criou-se uma espécie de barreira e reduziu a captação da água pluvial (Figura 6.7).

Notou-se também um acúmulo de água antes da entrada (Figura 6.7), além de propiciar um maior desvio do escoamento superficial pela parte externa da estrutura, conforme registros fotográficos do Quadro 6.5. Ademais, apenas no jardim de chuva nº 9, devido à intensidade extremamente forte da chuva (22/01/25), observou-se que o escoamento superficial conseguiu galgar a faixa de brita da entrada e adentrar o jardim de chuva.

Além da água acumulada, foi identificado a sedimentação de solo sobre a superfície da via próximo à entrada do jardim de chuva nº 1, conforme Figura 6.7. Por conta da geração de vegetação nesse solo sedimentado, há indícios que esse cenário ocorre há algum tempo.

Figura 6.7 – Detalhe no acúmulo de água na entrada do jardim de chuva nº 1 (28/12/24)



Fonte: Autor, 2025.

Em alguns jardins de chuva, foi observado água acumulada após a entrada (porção inicial do jardim). É o caso do jardim de chuva nº 8, onde a parcela de escoamento que conseguiu adentrar ao jardim formou uma pequena lâmina d'água, conforme a Figura 6.6. Porém, ficou acumulada nessa área inicial do jardim de chuva devido à presença de algumas folhas secas e vegetações daninhas, que formaram uma espécie de barreira e impediu o avanço da água pluvial para a porção central do jardim.

### 6.2.2 – Formação de lâmina d'água

Na porção central do dispositivo no momento de algumas visitas que ocorreram durante um evento chuvoso, mesmo com intensidade fraca, alguns jardins de chuva, como por exemplo, o nº 1, nº 9, nº 14 e nº 22, foi observada a formação de lâmina d'água. No caso dos jardins de chuva nº 1 e nº 9, diagnosticou-se que, devido à declividade longitudinal relativamente maior, ocorreu uma desproporcionalidade da espessura da lâmina entre a entrada e a saída do jardim, ou seja, a altura d'água foi diferente nas duas extremidades. Verificou-se um aumento gradual na espessura da lâmina d'água no sentido da saída do jardim de chuva (linha vermelha no registro da Figura 6.8). Ademais, por meio da Figura 6.8 pode-se observar a atuação do extravasor.

Figura 6.8 – Lâmina d'água variável em função da declividade do dispositivo nº 9 (22/01/25)



Fonte: Autor, 2025.

Com o objetivo de verificar a condição do jardim de chuva nº 9 após um evento chuvoso de intensidade extremamente forte na visita do dia 22/01/2025, retornou-se ao local por volta das 17h15 do mesmo dia, isto é, pouco mais de 2 horas após a primeira visita do dia. Os registros fotográficos podem ser consultados no Quadro 6.5. Nessa visita (17h15), não foram identificados lâmina d'água, danos à vegetação e erosão no dispositivo, apenas alguns resíduos sólidos e folhagem trazidos pelo escoamento superficial.

Observou-se também sedimentação de solo na entrada e sobre quase toda a faixa de brita do jardim de chuva. Esse assoreamento pode ter ocorrido ao longo dos eventos chuvosos, logo, não há como afirmar que a sedimentação foi apenas devido à chuva de extrema intensidade daquele dia. De qualquer forma, esse acúmulo de solo nas entradas dos jardins de chuva, caso não passe por limpeza, pode prejudicar a captação do escoamento superficial durante eventos chuvosos de menor intensidade ou volume. Nestas condições, o escoamento poderia não conseguir galgar a faixa de brita e reduzir, deste modo, a parcela de água captada, como observado nos diagnósticos relatados anteriormente nesse trabalho.

### **6.2.3 – Ocorrência de erosão**

Um fato diagnosticado em relação à erosão foi o caso do jardim de chuva nº 2 que, diferentemente da visita do dia 29/07/2024, na visita de 09/11/2024 foi notada, ao chegar próximo ao jardim de chuva analisado, a presença de fita zebreada de segurança em volta da estrutura do dispositivo, conforme os registros fotográficos na Figura 6.9. Também se identificou a presença de sacos preenchidos com algum material na entrada do jardim de chuva, com a função de desviar o escoamento superficial.

Figura 6.9 – Jardim de chuva nº 2 interditado (09/11/24)



Fonte: Autor, 2025.

Ao observar a porção central do dispositivo (Figuras 6.10 e 6.11), foi constatada a ocorrência de erosão, além da ausência de vegetação naquela porção do dispositivo e da manta geotêxtil visível. Ademais, o solo sob o passeio foi carregado em conjunto com o solo da estrutura do jardim de chuva possivelmente por ação da água infiltrada no dispositivo ou vertida sobre ele.

Figura 6.10 – Ocorrência de erosão na porção central do jardim de chuva nº 2 (09/11/24)



Fonte: Autor, 2025.

Figura 6.11 – Detalhe da erosão sob o passeio ao lado do jardim de chuva nº 2 (09/11/24)



Fonte: Autor, 2025.

Na data de 20/02/25, ao trafegar pela rua onde se localiza o jardim de chuva nº 2, notou-se que o mesmo foi reparado (Figura 6.12). Observou-se a reestruturação do solo e passeio, além do plantio de nova vegetação de forma organizada, conforme projeto de jardim de chuva da PBH (Figura 4.16).

Figura 6.12 – Jardim de chuva nº 2 após recuperação da erosão (20/02/25)



Observação: **a)** Vista geral do jardim de chuva reparado; **b)** O passeio também foi reparado.  
Fonte: Autor, 2025.

No jardim de chuva nº 14, também foi observada uma pequena erosão segundo o registro fotográfico da Figura 6.13. Porém, não há como afirmar se nesse caso foi

provocada pelo escoamento superficial ou por ação humana ou animal. De qualquer forma, nesses casos o solo deve ser recomposto para evitar que a erosão se intensifique.

Figura 6.13 – Destaque da pequena erosão na porção central do jardim de chuva nº 14 (28/12/24)



Fonte: Autor, 2025.

Ademais, nas visitas ao jardim de chuva nº 14 em dias de chuva, confirmou-se que o fluxo do escoamento superficial no local, devido à declividade lateral, ocorre na direção do lado oposto da via, onde se localizam as bocas de lobo. Notou-se também que o maior fluxo de água pluvial que adentrava o jardim de chuva era proveniente da calçada e das tubulações de drenagem do imóvel vizinho ao jardim, próximo à sua entrada, gerando assim uma pequena lâmina d'água no interior do dispositivo.

Durante a visita do dia 29/01/2025 ao jardim de chuva nº 13, vale destacar que foram observadas na lateral interna pequenas raízes aparentes da vegetação, acúmulo de folhagens secas e resíduos sólidos, conforme Figura 6.14. Isso pode indicar a passagem de escoamento superficial pela lateral interna, principalmente em eventos de chuvas mais intensas, em conjunto a com declividade mais acentuada da via, que pode ocasionar o desassoreamento e erosão ao longo do tempo. Por isso, é recomendável o monitoramento frequente em dias de intensas chuvas, além da adição de camada de brita ou vegetação ao longo da lateral do dispositivo nº 13 como forma de dissipar a energia do escoamento superficial.

Figura 6.14 – Detalhe da lateral do jardim de chuva nº 13 (29/01/25)



Observação: **a)** Lateral interna do jardim com sinais de carreamento do solo; **b)** Raízes expostas da vegetação e acúmulo de folhas secas com resíduos sólidos.

Fonte: Autor, 2025.

#### **6.2.4 – Análise da saída (extravasor) do jardim de chuva**

Em relação às observações em campo sobre a seção de saída dos jardins de chuva visitados durante ou após evento chuvoso, foi notado em dois dispositivos (nº 1 e nº 9) escoamento superficial com fluxo pelo extravasor. No caso do jardim de chuva nº 1, por mais que o dispositivo não tenha atingido a capacidade máxima de armazenamento de água pluvial, identificou-se água fluindo pelo extravasor. O possível motivo pode estar relacionado à declividade da superfície do jardim de chuva, conforme já mencionado. Assim, devido à espessura da lâmina d'água maior na porção final do dispositivo, formou-se um escoamento de água pela saída do jardim de chuva, segundo os registros fotográficos do Quadro 6.5 e Figura 6.15.

Figura 6.15 – Detalhe da saída do jardim de chuva nº 1 com escoamento superficial (28/12/24)



Fonte: Autor, 2025.

No caso do jardim de chuva nº 9, devido à intensidade extremamente forte da chuva segundo a Defesa Civil de Belo Horizonte, um volume muito grande de água pluvial escoou pelo extravasor do dispositivo, conforme os registros fotográficos do Quadro 6.5 e Figura 6.8. Detalhe que, mesmo assim, não ocorreu transbordamento do escoamento pelas laterais do jardim de chuva.

### 6.2.5 - Vegetação

Em relação à vegetação nos jardins de chuva, conforme os dados do Quadro 6.4 e os registros fotográficos do Quadro 6.5, identificou-se um grande volume de vegetação daninha e a falta de desbastamento/poda ao longo dos jardins de chuva diagnosticados, como por exemplo, no dispositivo nº 8. Isso pode prejudicar a eficiência na infiltração e armazenamento do escoamento, o desenvolvimento das espécies indicadas pela PBH para uso nos jardins de chuva e influenciar negativamente o paisagismo.

Quanto ao tipo de vegetação indicada pela prefeitura (Apêndice I), observou-se que, na sua grande maioria, são espécies exóticas, além de não ter a recomendação quanto ao uso de plantas frutíferas. Ademais, algumas das plantas não são boas de cobertura de solo, deixando a superfície do jardim desprotegida devido

ao baixo percentual de cobertura e acarretando, assim, carreamento do solo e o surgimento de erosões. Deste modo, recomenda-se que a adoção de vegetação nativa, se possível incluindo espécie frutífera, e com boa cobertura de solo seja priorizada quando da construção de novos jardins de chuva e/ou da manutenção dos existentes.

#### **6.2.6 – Sinalização nos dispositivos**

Por fim, outro ponto a destacar em 5 dos 7 jardins de chuva de estudo refere-se à inexistência de sinalização de trânsito, como marcadores de perigo na via pública para alertar os motoristas. A estrutura de alguns jardins de chuva, conforme informado no Quadros 6.4 e visualizado nos registros fotográficos do Quadro 6.5, traz indícios de que veículos raspam o meio-fio da estrutura com o pneu. A sinalização auxiliaria na visualização por parte dos motoristas quanto à presença da estrutura do jardim de chuva na via pública, aumentando assim a segurança e atenção dos usuários da via.

### **6.3 – Resultado da pesquisa sobre a percepção dos moradores que adotaram um jardim de chuva de estudo**

Dos 11 adotantes de jardins de chuva do programa Adote um Jardim de Chuva criado pela PBH, 3 aceitaram participar da pesquisa e responderam ao questionário em formato Google Forms enviado via e-mail. No Quadro 6.6 logo abaixo estão as respostas das 21 questões que compuseram o questionário. Salienta-se que os participantes desta pesquisa adotaram cada, um dispositivo de biorretenção, o que corresponde a três dos cinco jardins de chuva deste presente trabalho, que possuem um morador sob responsabilidade de cuidar do dispositivo.

Quadro 6.6 – Resultados do questionário aplicado aos três moradores (adotantes) de jardim de chuva no programa da PBH

Nº	Síntese da pergunta	Respostas		
		Adotante A	Adotante B	Adotante C
1	Nível de escolaridade	Doutorado	Curso superior completo	Curso superior completo
2	Área de formação	Engenharia Elétrica	Engenharia Civil	Engenharia de Produção
3	Observou ocorrências de enxurradas na rua onde reside?	Sim	Não	Não
4	Frequência em que o adotante observou a ocorrência de enxurradas na rua onde reside	Várias vezes por ano	-	-
5	Observou transbordamento no jardim de chuva devido ao excessivo volume de água da chuva?	Não	Sim	Sim
6	Motivação que levou ao morador adotar um jardim de chuva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconto no valor do IPTU;</li> <li>• Melhoria do paisagismo da rua;</li> <li>• Bem estar e a melhoria da infraestrutura da comunidade;</li> <li>• Redução do risco de alagamentos e inundações.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconto no valor do IPTU;</li> <li>• Melhoria do paisagismo da rua;</li> <li>• Bem estar e a melhoria da infraestrutura da comunidade.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconto no valor do IPTU.</li> </ul>
7	O tempo de adoção do jardim de chuva	6 meses	5 meses	7 meses
8	Receberam, além do fornecimento do Manual Técnico de Manutenção e do Projeto do Jardim de Chuva Adotado, orientações por parte da PBH em relação à funcionalidade e à importância da implantação e da manutenção do jardim de chuva?	Sim	Sim	Não
9	Receberam ao longo dos meses após à adoção algum tipo de orientação e suporte por parte da PBH em relação à manutenção do jardim de chuva?	Não	Não	Não
10	As formas que o adotante ficou sabendo sobre a implantação dos jardins de chuva próximo a sua residência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Internet;</li> <li>• Por meio de outro morador;</li> <li>• Após a construção do jardim de chuva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante a construção do jardim de chuva.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Após a construção do jardim de chuva.</li> </ul>
11	Conheceu outros jardins de chuva implantados pela PBH próximos a sua rua?	Sim	Sim	Sim
12	Os outros jardins de chuva implantados pela PBH na região onde o adotante reside, são bem cuidados?	Não	Sim	Não
13	Percebeu quanto à atração de pássaros e insetos para a área próxima à sua residência devido à implantação do jardim de chuva?	Sim	Sim	Não
14	O formato e a sinalização dos jardins de chuva em relação à via pública, prejudica o trânsito de veículos e de pedestres?	Não	Sim	Sim
15	Referente ao desconto de até 10% no IPTU concedido ao adotante pela PBH, eles cobrem os gastos para monitorar e realizar as manutenções periódicas no jardim de chuva adotado?	Sim	Não	Não

Fonte: Autor, 2025.

(continua)

Quadro 6.6 – Resultados do questionário aplicado aos três moradores (adotantes) de jardim de chuva no programa da PBH (*continuação*)

Nº	Síntese da pergunta	Respostas		
		Adotante A	Adotante B	Adotante C
16	Percepção do adotante sobre os benefícios que os jardins de chuva trouxeram ou têm trazido para a sua região	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redução do escoamento superficial;</li> <li>• Aumento das áreas verdes;</li> <li>• Aumento da infiltração da água no solo;</li> <li>• Melhoria na estética do bairro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento das áreas verdes;</li> <li>• Melhoria na estética do bairro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da infiltração da água no solo</li> </ul>
17	Relato do adotante sobre algum problema ou desafio com o jardim de chuva adotado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “O jardim de chuva já foi ‘atropelado’ por automóveis mais de uma vez”;</li> <li>• “Também há pessoas sem educação que jogam lixo no jardim de chuva”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “As pessoas deixam os cachorros fazerem coco e xixi, dificulta depois a limpeza”;</li> <li>• “No início do jardim acumula muita sujeira, muita sujeira”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “As pessoas arrancam as plantas nos jardins”;</li> <li>• “Capina das ervas daninhas deve ser realizada com frequência”;</li> <li>• “Infestação de formigueiros e falta de instruções por parte da prefeitura no tipo de veneno que você pode usar para matar as formigas”;</li> <li>• “Reclamação de vizinhos devido ao uso de água para molhar o jardim”;</li> <li>• “Danificação do jardim por parte de pessoas que transitam na rua”;</li> <li>• Lixo e objetos jogados no jardim”.</li> </ul>
18	Relato do adotante sobre algum problema ou desafio enfrentado por outra pessoa em relação aos jardins de chuva	Não teve relato	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Dificuldades para entrar em casa por causa da garagem”;</li> <li>• “Bater o veículo na proteção do jardim”;</li> <li>• “Banheiro de animais”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não conheço ninguém que cuida de jardim de chuva. Os jardins próximos de minha casa não são cuidados.</li> </ul>
19	Sugestões dos adotantes das possíveis melhorias na eficiência, aparência e sinalização dos jardins de chuva	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Talvez colocar uma sinalização vertical reflexiva para que motoristas enxerguem os jardins de chuva à noite. Na região onde moro há muitos bares e muitos motoristas dirigem embriagados à noite”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Meio refletivo, ou retirar mesmo, digo específico desse da [Rua] Moura Costa esquina com [Rua] Gentil Sales”.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “No meu ponto de vista, a prefeitura deve dar mais orientações aos moradores ou cuidadores de jardins de chuva, alguns jardins estão criando mato, outros os moradores plantam ervas que não são adequadas aos jardins”;</li> <li>• “Como acabar com ervas daninhas, formigas, pragas etc. Tem muito pouca informação”.</li> </ul>
20	Pretende continuar com a adoção do jardim de chuva?	Sim	Não	Sim
21	Gostaria de ver mais jardins de chuva implantados em Belo Horizonte?	Sim	“De repente em lugares mais estratégicos, mas realmente os animais usam muito os jardins”.	Sim

Observação: As respostas entre aspas indicam que são transcrições diretas dos relatos dos adotantes.

Fonte: Autor, 2025.

Há alguns pontos a serem destacados em relação às respostas dos três adotantes no Quadro 6.6. Em relação à 5ª pergunta, observou-se em campo um caso de quase transbordamento devido à intensidade do escoamento superficial durante um evento chuvoso de intensidade extremamente forte, conforme o diagnóstico da visita do dia 22/01/25 ao jardim de chuva nº 9.

Na 6ª pergunta, pelo fato de ter recebido apenas um voto a opção “Redução do risco de alagamentos e inundações” e pelas respostas da 16ª pergunta, como visualizado no Quadro 6.6, infere-se que as principais funções da implementação de técnicas compensatórias como o jardim de chuva para controle do escoamento superficial não devam ter sido bem compreendidas e/ou difundidas para os adotantes.

Pode-se observar na 7ª pergunta que os adotantes que aceitaram participar desse estudo já possuem alguns meses de “experiência” com o jardim de chuva adotado, porém, esse período ainda é inferior ao de um ano hidrológico completo.

Em relação a 9ª pergunta, ao considerar o tempo que os três moradores adotaram um jardim de chuva (5 a 7 meses), conforme respostas da 7ª pergunta, avalia-se que se trata de um período considerável sem algum suporte e orientações por parte da prefeitura aos adotantes. Até mesmo para verificar se durante esses meses os adotantes tiveram dúvidas ou problemas com o dispositivo adotado, se realizaram corretamente as manutenções e monitoramento do jardim de chuva. É importante ter um acompanhamento frequente do órgão público para manter o melhor desempenho do jardim de chuva e evitar “abandono” na manutenção dos jardins de chuva adotados ou a adoção de alguma prática não adequada ao cumprimento de sua função como dispositivo de controle da drenagem superficial.

Em vista das respostas da 10ª pergunta, é recomendável uma maior divulgação por parte da prefeitura quanto à implantação dessa técnica de biorretenção para que mais moradores possam se interessar em adotar um jardim de chuva, visto que, dos 61 dispositivos implantados pela PBH, apenas 11 foram adotados.

Referente à 12ª pergunta, de fato diagnosticou-se *in loco* que alguns dos jardins de chuva passaram uma visão de abandono na manutenção e monitoramento, principalmente os jardins de chuva sem adotantes, como o caso dos jardins de chuva nº 8 e nº 13. Apresentaram uma vegetação alta, com muitas ervas daninhas e a presença de resíduos sólidos, não tendo o aspecto paisagístico desejável de um jardim. Quanto aos jardins de chuva de estudo que possuem adotantes, por mais que tenham sido encontradas algumas vegetações daninhas, a percepção é que estão

sendo bem cuidados, exceto o jardim de chuva nº 2 que, provavelmente devido à erosão, não passou por manutenções periódicas na vegetação até o seu reparo.

Em relação à 14ª pergunta, durante as visitas a campo, foi possível observar também a falta de sinalização, marcas de pneu nas guias da estrutura do dispositivo e, em alguns casos, como visto no diagnóstico do jardim de chuva nº 9, meios-fios danificados. Os dispositivos nº 1 e nº 14 receberam uma placa de sinalização de trânsito do tipo marcador de perigo que pode auxiliar na visualização do jardim de chuva. Contudo, deve ser analisada a implantação de sinalizações adicionais, como o uso de faixa refletiva e pintura nas cores amarela e preta nos meios-fios. Outro ponto é o fato de alguns dispositivos, como o jardim de chuva nº 8, estarem próximo ao cruzamento de vias, o que pode gerar um risco maior da ocorrência de acidentes.

Conforme as respostas da 15ª pergunta, tem-se um ponto a ser analisado pelo órgão público para o caso de ser um fator desanimador para quem adote um dispositivo de biorretenção. Há de ser feito algum esforço para evitar que os adotantes abandonem o jardim de chuva sob sua responsabilidade devido aos elevados custos com manutenção e para que isso não desencoraje futuros adotantes de entrarem no programa de adoção de jardins de chuva. Pode ser o caso de avaliação da porcentagem do desconto aplicado sobre o valor do IPTU ou a concessão de outra forma de incentivo fiscal.

Quanto aos *feedbacks* reportados pelos adotantes na 17ª pergunta, auxiliaram nos diagnósticos e avaliação dos jardins de chuva de estudo, além de ajudar na formulação diretrizes, o que correspondeu ao objetivo geral do trabalho. Ademais, vários desses pontos relatados pelos três adotantes foram observados durante as visitas a campo, registradas e descritas nos diagnósticos dos jardins de chuva visitados.

Por fim, as sugestões dos adotantes na 19ª pergunta podem ajudar o gestor público na correção dos pontos negativos dos jardins de chuva apontados pelos adotantes e, especificamente no âmbito desse trabalho, contribuíram com a formulação das diretrizes construtivas e de manutenção, visando às melhorias para os jardins de chuva, para além dos diagnósticos das visitas *in loco*.

## **6.4 – Diretrizes construtivas e de manutenção dos jardins de chuva**

Com base nas observações visuais durante as visitas a campo, pelos diagnósticos realizados para cada jardim de chuva visitado e análise das respostas dos três adotantes que participaram da pesquisa, foram propostas diretrizes no âmbito construtivo e também de manutenção dos jardins de chuva implantados pela PBH. As diretrizes formuladas têm o objetivo de buscar uma melhoria no desempenho, paisagismo e segurança dos jardins de chuva, em relação aos aspectos, como exemplo, da disposição da estrutura na via pública, captação do escoamento superficial, vegetação, sinalização e suporte do órgão público aos adotantes. Cabe enfatizar que as sugestões de melhoria são baseadas nos 7 dispositivos deste trabalho, mas podem ser estendidas aos outros jardins de chuva construídos pela PBH, assim como para os futuros dispositivos de biorretenção a serem implantadas em Belo Horizonte ou em outros municípios.

### **6.4.1 – Diretrizes quanto à disposição da estrutura na via pública**

Um aspecto notado em alguns jardins de chuva visitados, em destaque para os dispositivos nº 14 e nº 22, foi quando ao local em que foram implantados, principalmente em relação ao jardim de chuva nº 14, onde essa questão era mais visível *in loco* durante ou após uma chuva. Por causa da declividade lateral desfavorável da rua, o escoamento superficial gerado pelo evento chuvoso não estava direcionado, predominantemente, para o lado da via onde está implantado o jardim de chuva, mas sim para o lado oposto da via, conforme os diagnósticos.

Outro ponto refere-se ao local da construção do jardim de chuva, que não deve ser próximo aos cruzamentos de vias públicas ou curvas, em locais destinados à faixa de pedestre e também próximo da garagem dos imóveis, o que viria a dificultar a entrada/saída dos veículos das edificações.

Portanto, para definição do melhor local na via pública para implantação do jardim de chuva, deve-se identificar a direção do escoamento superficial para melhor alocar o dispositivo de biorretenção no lado da rua/avenida mais favorável para captar esse escoamento. Além disso, deve ser selecionado um local que não prejudica o tráfego dos veículos e que seja visível com antecedência ao longo da rua, reduzindo

o risco de acidentes ao condutor quando realizando uma conversão ou travessia de cruzamento de vias.

#### **6.4.2 – Diretrizes para a melhoria da captação do escoamento superficial**

Em apenas três dos sete jardins de chuva diagnosticados, notou-se a presença de sarjetas na via pública. Em virtude disso, o primeiro ponto a destacar na melhoria da captação da água superficial pelos dispositivos de biorretenção, é a implantação desses elementos de microdrenagem nas vias públicas, conduzindo assim, a água pluvial para a entrada do jardim de chuva.

Outro aspecto é em relação ao uso do dispositivo atenuador de vazão na entrada do jardim de chuva, o qual, na prática, tem provocado o desvio e redução do volume de escoamento superficial captado. Por isso, deve-se optar pela não utilização desse tipo de atenuador de vazão e adotar a faixa de brita existente para reduzir a velocidade do escoamento. Sugere-se também o uso de uma abertura com largura maior (Figura 6.16), como já é adotado em outros jardins de chuva analisados.

6.16 – Detalhe da entrada com uma largura maior do jardim de chuva nº 22 (15/12/24)



Fonte: Autor, 2025.

A faixa de brita com a granulometria adotada em conjunto com a sedimentação de solo e a manutenção do mesmo nível da via entre a entrada e a superfície do jardim de chuva geraram uma espécie de barreira para o escoamento, conforme observado em alguns diagnósticos (Quadros 6.4 e 6.5). Para evitar essa barreira, deve-se então adotar um desnível entre a entrada e a superfície do jardim, conforme a Figura 6.17. Possibilitando assim, que o escoamento adentre de forma contínua o jardim sem que haja algum tipo de barreira, independentemente da intensidade da chuva, além de ter a faixa de brita como dissipadora de energia. Nesse caso, é indicado até mesmo repensar no uso de britas com granulométrica maior (rachão). Portanto, o topo da faixa de brita não deve ultrapassar o nível do pavimento da via na entrada do dispositivo de biorretenção. Em adição, deve-se realizar periodicamente a limpeza da faixa de brita para reduzir o assoreamento e conferir maior fluidez ao escoamento superficial de entrada.

Figura 6.17 – Exemplo de entrada indicada para jardins de chuva



Observação: Detalhe destacado em amarelo do desnível da entrada do dispositivo em relação a via pública.  
Fonte: Guedes, 2019.

Tendo como base as observações concernentes aos jardins de chuva nº 14 e nº 22, em que predomina a declividade lateral para um lado da via, deve-se optar por

construir o jardim de chuva do lado que recebe o maior volume de escoamento superficial, isto é, o mais baixo. A implantação de entradas laterais na estrutura do dispositivo de biorretenção, além da entrada principal na sarjeta, conforme Figura 6.18, aumenta a possibilidade de captar o escoamento superficial da via pública.

Figura 6.18 – Exemplo de jardins de chuva em Nova Iorque (EUA) com entradas laterais



Fonte: NYC Water, 2014.

Assim, para uma melhor eficiência na captação das águas pluviais, a entrada deve ser posicionada sempre na direção que favoreça o recebimento de um maior volume de escoamento superficial da via.

#### **6.4.3 – Diretriz em relação à altura da região da lâmina d'água**

A altura das guias que constituem a estrutura dos jardins de chuva analisados em relação à superfície do substrato do jardim de chuva, em média, foi de 15,6 cm. Contudo como o extravasor possui uma altura de aproximadamente 6 a 8 cm menor que à altura dessas guias e com adição de uma pequena fenda (Figura 6.19), a espessura da lâmina d'água será menor sem que seja vertida sobre o extravasor. Resultando assim, principalmente, nos casos das chuvas com intensidade de forte a

extremamente forte, no retorno rápido para a via pública de um volume maior da água que adentrou o dispositivo.

Figura 6.19 – Detalhe do extravasor com uma altura menor que à altura das guias da estrutura do jardim de chuva (29/01/25)



Fonte: Autor, 2025

Ao observar um evento de chuva com intensidade extremamente forte, como o que se abateu do dia 22/01/25 sobre o jardim de chuva nº 9, notou-se que, em função do grande volume que adentrava o dispositivo e pela baixa altura entre o topo do extravasor e a superfície do jardim de chuva, a água pluvial saía rapidamente pelo extravasor.

Conforme Melo (2011) não há instruções quanto à altura da região de retenção da lâmina d'água (charco) no dimensionamento mínimo de um jardim de chuva. Dessa forma, a autora adotou na sua pesquisa uma altura de 10 cm entre a superfície do jardim de chuva pesquisado até o topo do extravasor (Figura 6.20). Essa altura estabelecida pela autora conseguiu suportar ao volume de chuva direta no jardim de chuva piloto, mas foi insuficiente para o volume precipitado direto no jardim somado ao volume de chuva sobre uma superfície impermeável próxima ao dispositivo.

Assim, é recomendável avaliar essa altura do charco, na forma que o jardim de chuva consiga receber os volumes precipitados diretamente sobre o mesmo e também o volume de chuva sobre a superfície da via pública.

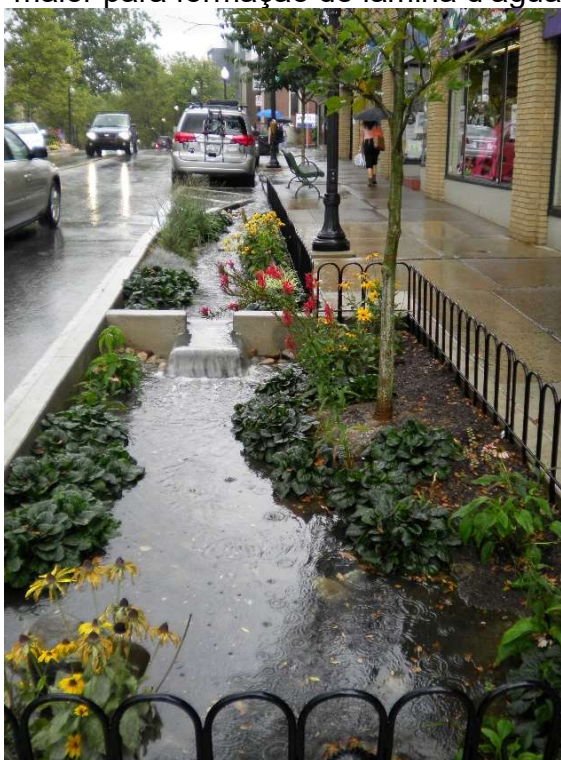
Figura 6.20 – Ilustração em corte de um jardim de chuva com à altura máxima definida para formação de lâmina d'água



Fonte: Adaptado de Melo, 2011.

Na Figura 6.21 pode-se visualizar outro exemplo de jardim de chuva, implantado nos Estado Unidos, que possui uma região de charco (lâmina d'água) com possibilidade de conter um volume maior de escoamento superficial.

Figura 6.21 – Exemplo de jardim de chuva na Pensilvânia (EUA) com capacidade maior para formação de lâmina d'água

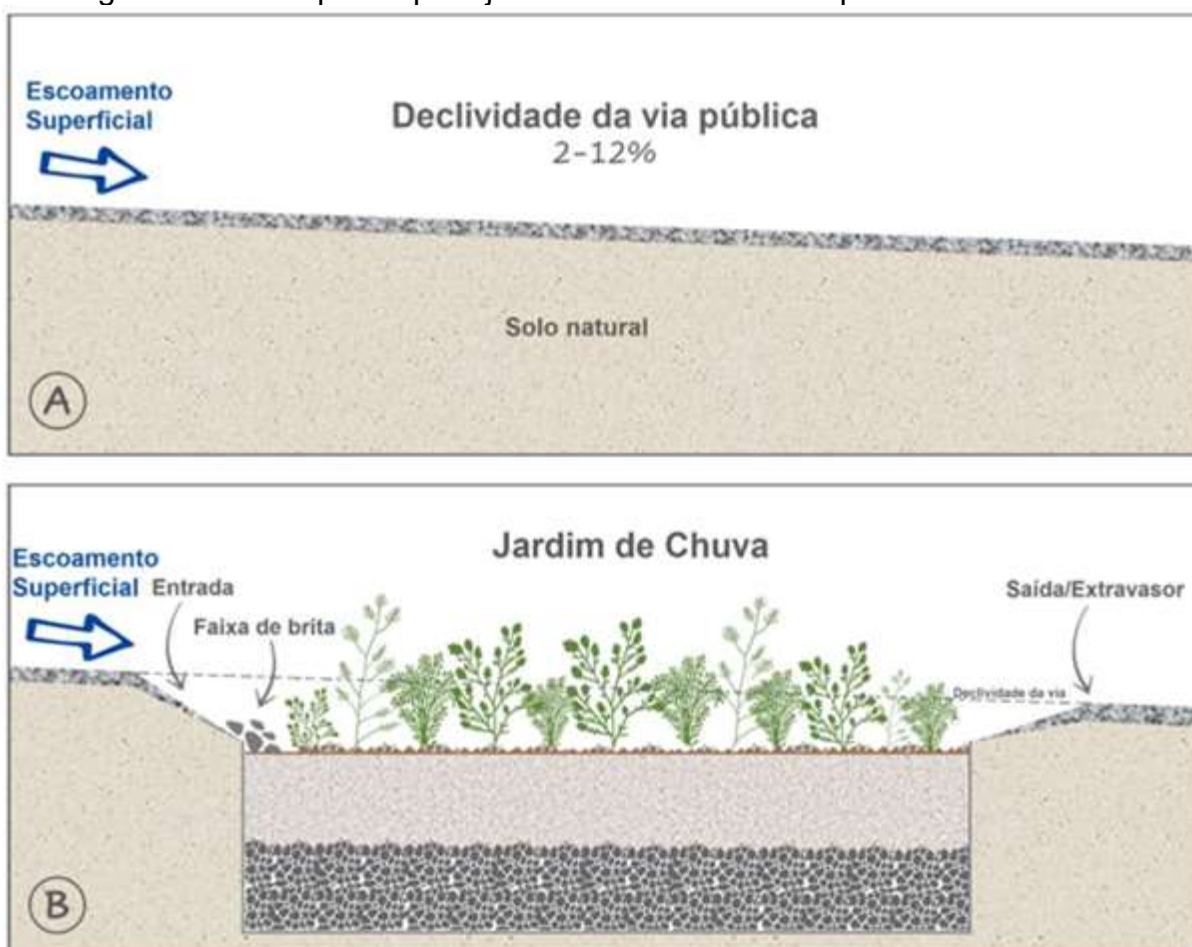


Fonte: State College Pennsylvania, 2024.

#### 6.4.4 – Diretriz quanto à declividade da superfície do jardim de chuva

Ao manter a mesma declividade da via pública na superfície do jardim de chuva, gera-se um desnivelamento da lâmina d'água entre a entrada e a saída, resultando em uma lâmina mais espessa à medida em que se aproxima da saída do dispositivo (Figura 6.8). Uma forma de reduzir isso seria adotando o nivelamento da estrutura de solo do jardim de chuva, segundo a ilustração esquemática da Figura 6.22. Na imagem (A) da Figura 6.22, tem-se a ilustração do local na via pública em declive antes da implantação do jardim de chuva. Já na imagem (B), mostra-se o desenho esquemático de um jardim de chuva construído sem acompanhar a declividade da rua, tendo a superfície nivelada entre a porção inicial e a final do dispositivo. Assim, além de ter um desnível entre a entrada e a faixa de brita, tem-se o aumento da capacidade de armazenamento (altura da lâmina d'água) conforme sugerido nos subtópicos 6.4.2 e 6.4.3, respectivamente.

Figura 6.22 – Esquema para jardim de chuva em vias públicas com declives



Fonte: Adaptado de Scape Spec, 2025.

#### 6.4.5 – Diretrizes quanto à manutenção dos jardins de chuva

A remoção de vegetação daninha deve ser feita frequentemente com a retirada das espécies não correspondentes ao instruído pela PBH (Apêndice I). A forma mais prática de retirar a vegetação daninha é pelas raízes, tomando o cuidado para não danificar ou retirar as espécies recomendáveis pelo Manual Técnico de Manutenção elaborado em 2024 pela PBH. Ademais, deve-se ter também um controle e monitoramento na disposição do plantio das espécies implementadas conforme projeto original do cada jardim de chuva adotado (Figura 4.16).

Recomenda-se realizar a limpeza frequente do solo sedimentado nas faixas de brita, resíduos sólidos e folhagens secas, principalmente na entrada e saída do jardim de chuva. Em complemento, como tentativa de inibir o indevido lançamento de resíduos sólidos dentro do jardim de chuva, sugere-se que a PBH implante uma pequena placa adicional com aviso “proibido o descarte irregular de lixo e entulho, jardim de chuva monitorado”, sinalizando a possível violação da Lei de Crimes Ambientais (Lei Federal nº 9.605/1998). Tem-se outra opção de utilizar também uma placa conforme exemplificado na Figura 6.23.

Para o caso dos jardins de chuva que ainda não possuem adotantes, a PBH fica responsável por realizar as manutenções e monitoramento dos dispositivos. As diretrizes descritas também seriam válidas neste caso.

Figura 6.23 – Exemplo de placa adicional a ser instalada nos dispositivos



Fonte: Adaptado da Freepik, 2025.

#### **6.4.6 – Diretrizes quanto as espécies a serem utilizadas no jardim de chuva de Belo Horizonte**

Deve-se optar por utilizar espécies rasteiras, arbustivas, de fácil manuseio e preferencialmente nativas, considerando que estas já estão adaptadas as condições do clima e solo da região, além da valorização das plantas nacionais ao invés de priorizar as espécies exóticas (Melo, 2011). Como no caso da cidade Belo Horizonte está situada basicamente na transição entre dois biomas, a Mata Atlântica e o Cerrado, logo, as plantas nativas da região indicadas podem abranger esses dois biomas (Correa, 2024).

Salienta-se que é recomendável que a prefeitura tenha uma equipe multidisciplinar responsável pelos jardins de chuva, onde esses profissionais irão analisar e recomendar as espécies conforme o bioma da região de implantação dos jardins de chuva, de forma que atenda a função de um dispositivo de biorretenção e também os aspectos paisagísticos. Em adição, esses profissionais poderão também melhor orientar quanto as dúvidas dos adotantes e nas melhorias referente a manutenção periódica da vegetação ao longo do jardim de chuva.

Além disso, conforme Cardoso *et al.*, (2012) a utilização das plantas de boa cobertura de solo é recomendável para possibilitar uma melhor proteção da superfície do solo do jardim de chuva, evitando assim a ocorrência de erosão devido ao impacto da gota precipitada direta sobre o dispositivo.

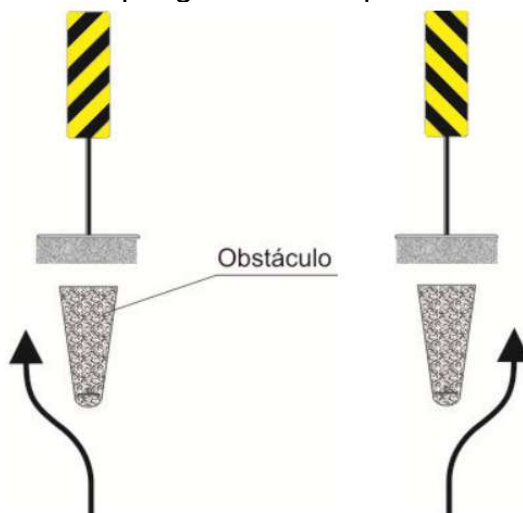
#### **6.4.7 – Diretrizes referentes à sinalização dos jardins de chuva**

Na implantação dos jardins de chuva que ocupam vagas de estacionamento, é importante a instalação de sinalização para alertar os condutores dos veículos que trafegam naquela via pública. Conforme visto nos diagnósticos, em apenas dois jardins de chuva visitados foi observada a existência de uma placa, porém, nos outros jardins de chuva deste estudo, a sinalização estava ausente. Cabe reiterar que foram observadas marcas de pneus nas guias da estrutura do jardim de chuva e que houve relatos dos adotantes que participaram do questionário quando à falta de sinalização e dificuldade de visualização da estrutura, principalmente no período noturno.

A sinalização vertical retrorrefletiva de alerta (marcador de perigo) instalada pela PBH nos jardins de chuva nº 1 e nº 14 melhoraram a visibilidade dessas

estruturas, orientando os condutores sobre o perigo à frente na via pública. A Figura 6.24 ilustra o tipo de sinalização vertical refletiva já utilizada pela PBH nos dois jardins citados acima e indicada para ser utilizada nos demais jardins de chuva.

Figura 6.24 – Marcadores de perigo indicados para instalar nos jardins de chuva



Fonte: Adaptado do Contran, 2021.

Além dessa sinalização, como complemento, é sugerida a implantação de pintura na cor amarela ou em faixas amarela/preto nas guias, segundo exemplos da Figura 6.25, como forma de aumentar a visibilidade dos limites da estrutura do jardim de chuva.

Figura 6.25 – Exemplos de pinturas a serem aplicadas na estrutura do jardim de chuva



Observação: **a)** Exemplo de um jardim de chuva com as guias pintadas em amarelo; **b)** Exemplo de guias utilizadas em estacionamento de shopping, com o uso de pintura intercalada na cor amarela e preta.

Fonte: **a)** Barnar, 2010; **b)** adaptado de Golf City Mall, 2021.

#### **6.4.8 – Diretrizes quanto ao suporte da PBH aos adotantes dos jardins de chuva**

Segundo as respostas dos adotantes às perguntas 9 e 19 do questionário aplicado, foi relatada a falta de suporte e orientações por parte da PBH ao longo dos meses após a adoção. O suporte frequente é imprescindível para que os adotantes possam consultar e tirar dúvidas em relação à manutenção e aos cuidados com o jardim de chuva sob sua tutela. Isso também possibilita à PBH receber os *feedbacks* positivos e negativos dos adotantes, buscando sempre as melhorias para os atuais e futuros dispositivos de biorretenção.

Como sugestão para aumentar o vínculo entre as partes, poderia ser criado algum grupo em aplicativo de celular, como o WhatsApp e Telegram, contendo os adotantes e representantes do setor da PBH responsável pelos jardins de chuva. Nesse grupo, poderão ser compartilhados pela PBH cartilhas, textos e vídeos curtos com ilustrações, exemplificações, dicas, orientações de manutenção e de funcionamento dos jardins de chuva. Isso também permitiria aos adotantes o envio de suas dúvidas e *feedbacks*.

Em complemento, incentiva-se a realização de publicações nas redes sociais oficiais da PBH sobre a importância da implantação e cuidados com os jardins de chuva, incluindo dicas e orientações para o restante da população, com o intuito de atrair mais interessados em participar do programa de adoção de jardins de chuva.

É importante destacar que os adotantes devem seguir as instruções do Manual Técnico de Manutenção elaborado pela PBH em 2024 e do projeto original do jardim adotado fornecido pela prefeitura. De qualquer forma, mesmo que ainda não haja um grupo de comunicação, qualquer dúvida, sugestão e reclamação podem ser enviadas ao e-mail da DALU ou da Subsecretaria de Planejamento Urbano (SUPLAN).

#### **6.4.9 – Diretriz para o monitoramento por parte da PBH sobre a manutenção e funcionamento dos jardins de chuva**

O monitoramento ativo e frequente dos jardins de chuva pela equipe da PBH é mais uma forma de poder identificar os dispositivos que precisam de manutenção na vegetação, superfície, estrutura, limpeza e sinalização. Isso traria elementos para a equipe da PBH poder entrar em contato com o adotante e orientá-lo quanto aos aspectos na manutenção que precisam ser melhorados, como a limpeza e a

disposição correta das espécies de vegetação recomendadas ao longo da superfície do jardim.

É aconselhável também que esse monitoramento seja feito por uma equipe da PBH durante e após eventos chuvosos de intensidades diferentes, para poder observar na prática a ação do escoamento superficial sobre os jardins de chuva e identificar outros possíveis pontos de melhoria.

Por fim, essa ação auxiliará a compreender ao longo do tempo os aspectos positivos e negativos em relação à construção, manutenção e ao funcionamento dos jardins de chuva implantados, além de complementar o suporte aos adotantes sugerido na diretriz do subtópico 6.4.8.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo geral deste trabalho foi formular diretrizes referente a boas práticas construtivas e de manutenção para os jardins de chuva já implantados ou a serem construídos no município de Belo Horizonte – MG e até mesmo em outras localidades. Para isso, foram realizadas visitas a campo para diagnosticar o estado de conservação dos sete jardins de chuva estudados e procedeu-se à aplicação de um questionário para três moradores que adotaram um jardim de chuva.

O primeiro passo deste estudo foi caracterizar e diagnosticar os setes jardins de chuva por meio de duas visitas *in loco*, por meio das quais realizou o levantamento das medidas internas, do formato construtivo, a disposição da estrutura em relação à via pública, a vegetação presente, bem como a identificação ou não de erosão e sinalização. Assim, nessas duas primeiras visitas a campo, observou-se uma similaridade construtiva, com pequenas variações entre as medidas internas dos jardins de chuva. Notou-se também que alguns jardins de chuva possuem dispositivo para atenuar a vazão do escoamento de entrada e saída, além da presença de faixas de brita implantadas pela PBH na entrada e saída dos jardins. Outro ponto em comum nos jardins de chuva visitados foi o assoreamento de partículas de solo e folhagens secas nas entradas e faixas de brita.

Em alguns dos jardins de chuva, a vegetação indicada pela PBH (Apêndice I) apresentava falhas ao longo do dispositivo, tendo locais com solo sem vegetação ou com vegetação daninha e faltando plantio de espécie conforme o projeto (Figura 4.16), além da presença de folhagens secas e resíduos sólidos. Em outros jardins de chuva, principalmente nos jardins adotados, foi notado um volume e cuidado maior com a vegetação.

Ao traçar o perfil de elevação dos jardins de chuva no *software* Google Earth, entre um ponto mais elevado a montante de sua entrada e um ponto de menor elevação logo após a saída do dispositivo de biorretenção, foi possível calcular a declividade aproximada de cada um deles. Nenhum dos sete dispositivos ultrapassou a declividade máxima recomendável de 12%. Pode-se destacar os jardins de chuva com declividades mais elevadas em comparação aos outros jardins de estudo: nº 2 (6,45%), nº 8 (8,37%) e nº 13 (7,3%). Ademais, constatou-se para o jardim de chuva nº 14 uma declividade lateral da via pública desfavorável para uma captação eficiente do escoamento superficial pela entrada do jardim. Os dados dos diagnósticos e

registros fotográficos foram dispostos em quadros para facilitar a visualização das informações dos jardins de chuva visitados.

No segundo passo das visitas *in loco*, foi realizado o total de 5 visitas a campo, por meio das quais foi possível observar os sete jardins de chuva durante ou após um evento chuvoso, em especial o escoamento superficial formado em relação à via e a estrutura do jardim.

Observou-se nas visitas a campo, durante ou logo após um evento chuvoso, que a maior parcela do escoamento não adentrava os jardins de chuva, seja devido à existência de um dispositivo de atenuação de vazão que prejudicava a aproximação do escoamento, seja pela faixa de brita adicionada sobre uma superfície de mesmo nível da via pública, a qual criou uma espécie de barreira ao escoamento superficial, além do assoreamento também constatado. Logo, essa parcela de água pluvial que não adentrava o dispositivo acabava contornando a estrutura do jardim e/ou empochando na via pública próximo à sua entrada. Assim, pelos diagnósticos, identificou-se uma ineficiência na captação do escoamento superficial. Além dessa questão, a ausência de sarjeta na entrada de alguns dispositivos de biorretenção também contribuiu para a ineficiência da captação. As sarjetas evitariam um escoamento difuso próximo à estrutura do jardim de chuva e auxiliariam na condução da água superficial até a entrada do jardim.

Quanto à declividade da superfície dos jardins de chuva, como nos casos dos dispositivos nº 1 e nº 9, esta exerceu influência sobre a espessura da lâmina d'água ao longo do jardim, resultando em uma desproporcionalidade da lâmina da entrada para a saída do jardim. Assim sendo, na porção final do jardim de chuva (elevação mais baixa em relação a entrada), a lâmina era mais espessa e, por isso, fluía pelo extravasor, mesmo não ter atingido a capacidade de armazenamento do jardim de chuva (Figura 6.8). Os dados dos diagnósticos dessas cinco visitas e os registros fotográficos obtidos *in loco*, para facilitar a visualização e organização das informações dos jardins de chuva, também foram apresentados em quadros.

Além das visitas a campo, aplicou-se um questionário de 21 perguntas aos atuais 11 adotantes, sendo que apenas 3 adotantes aceitaram participar da pesquisa. Este questionário teve como objetivo avaliar a percepção dos moradores que adotaram um jardim de chuva sobre os aspectos de conservação e manutenção desses dispositivos, bem como a pertinência do programa Adote um Jardim de Chuva no que se refere ao controle das águas superficiais e sua condução pela Prefeitura

Municipal de Belo Horizonte (PBH). No geral, foi possível destacar os seguintes aspectos: há uma limitada percepção por parte dos entrevistados em relação aos jardins de chuva como dispositivos para controle do escoamento superficial e minimização da frequência de inundações e alagamentos; há falta de um suporte e acompanhamento mais ativo e frequente por parte da PBH aos adotantes, para poder tirar as dúvidas e receber os *feedbacks*; há uma percepção negativa de 2 dos 3 adotantes em relação à manutenção de outros jardins de chuva implantados no município; os respondentes perceberam a falta de sinalização e formato dos jardins de chuva, o que pode prejudicar o trânsito de veículos e de pedestres; para 2 dos 3 respondentes, o desconto de até 10% sobre o valor do IPTU não são suficientes para cobrir os custos com a manutenção periódica dos dispositivos; foram dadas sugestões de pontos a serem melhorados na visão dos adotantes, como por exemplo, a retirada de vegetação daninha de forma frequente e a adição de sinalização; 2 dos 3 entrevistados manifestaram interesse em continuar no programa Adote um Jardim de Chuva. Muitos pontos relatados nas respostas dos adotantes também foram identificados durante as visitas a campo. Outros aspectos sobre os jardins de chuva foram identificados por meio da percepção dos entrevistados, como foi o caso da necessidade de melhoria no suporte e interação entre órgão público e os adotantes.

Em busca das boas práticas construtivas e de manutenção nos jardins de chuva implantados ou a serem construídos, foram formuladas diretrizes com a proposta de ajustar os pontos negativos com base nos diagnósticos elaborados através das visitas *in loco* e das respostas dos adotantes no questionário aplicado. Por esse motivo, foram sugeridas as seguintes diretrizes: quanto à disposição da estrutura na via pública; relativo à captação do escoamento superficial; em relação à altura da região da lâmina d'água; a declividade da superfície do jardim de chuva; as espécies a serem utilizadas no jardim de chuva de Belo Horizonte; a manutenção dos jardins de chuva; a sinalização dos jardins de chuva; no que se refere ao suporte da PBH aos adotantes dos jardins de chuva; e ao monitoramento por parte da PBH sobre a manutenção e funcionamento dos jardins de chuva.

Dessa forma, entende-se que a efetiva aplicação das diretrizes sugeridas poderá trazer os seguintes benefícios: o aumento da eficiência na captação e amortecimento do escoamento superficial; um melhor controle na manutenção da estrutura e vegetação ao longo da superfície do jardim de chuva, auxiliando na infiltração das águas pluviais; boa estética do jardim e seu importante papel

paisagístico e na sustentabilidade da cidade, possibilitando uma interação maior entre a população e a natureza; melhoria na visualização dos dispositivos por meio de uma sinalização eficaz; esclarecimento da população em geral quanto à necessidade de conservação dos jardins de chuva, evitando degradá-los; e o aumento da conscientização da população quanto à adoção de técnicas compensatória no manejo das águas superficiais e na mitigação dos alagamentos e inundações. Pode-se destacar também os benefícios quanto: à regulação do microclima, ao aumento do processo de evapotranspiração, à redução das ilhas de calor, à melhoria da qualidade ambiental e à saúde dos moradores, ao habitat para fauna, à filtração de poluentes e à recarga do lençol freático.

Por fim, é importante que sejam realizados outros estudos complementares, que discorram sobre temas que não foram possíveis de serem abordados no presente trabalho. Sugere-se que sejam estudados os seguintes aspectos: execução de um modelo de jardim de chuva piloto atendendo as diretrizes construtivas sugeridas; análise da taxa de infiltração nos atuais jardins de chuva; realização de diagnóstico e monitoramento de outros dispositivos de biorretenção implantados pela PBH (total de 54 jardins de chuva) por um período maior de tempo; avaliação, dentro de um espaço de tempo maior, da possível redução da frequência de alagamentos e inundações nas regiões onde a PBH implementou jardins de chuva; pesquisa quanto ao uso de plantas frutíferas nos jardins de chuva; análise do desempenho da infiltração nos jardins de chuva que utilizam manta geotêxtil em sua composição; e, estudo de implantação de mais jardins de chuva em outras regiões de Belo Horizonte ou em outros municípios.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, M. de S. P.; POLETO, C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. **Holos Environment**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 121–131, 2012. DOI: 10.14295/holos.v12i2.3054. Disponível em: <https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/3054>. Acesso em: 7 nov. 2024.

ALBERT, Susan. **Sloped Rain Garden Alternatives: Planting A Rain Garden On A Hill**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.gardeningknowhow.com/special/slope-hill/planting-a-rain-garden-on-a-hill.htm>. Acesso em: 17 nov. 2024.

ARAVENA, Jazmín E., DUSSAILLANT, Alejandro. **Storm-water infiltration and focused recharge modeling with finite-volume two-dimensional Richards equation: application to an experimental rain garden**. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2009. Disponível em: <https://gala.gre.ac.uk/id/eprint/9650/>. Acesso em: 16 jul. 2024.

ASLESON, B. C., NESTINGEN, R. S., GULLIVER, J. S., HOZALSKI, R. M., & NIEBER, J. L.; 2009. **Performance assessment of rain gardens**. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 45(4), 1019-1031.

BAIRROS DE BELO HORIZONTE. **Bairros da região Norte**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <https://bairrosdebelohorizonte.webnode.com.br/bairros-da-regiao-norte/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

BAIRROS DE BELO HORIZONTE. **Bairros da região da Pampulha**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <https://bairrosdebelohorizonte.webnode.com.br/bairros%20da%20regi%c3%a3o%20da%20pampulha/>. Acesso em: 10 ago. 2024.

BAPTISTA, M., NASCIMENTO, N. e BARRAUD, S. **Técnicas Compensatória em Drenagem Urbana**. 2 ed. Porto Alegre: ABRH, 2019.

BARBASSA, A. P.; ANGELINI SOBRINHA, L.; MORUZZI, R. B. **Poço de infiltração para controle de enchentes na fonte: avaliação das condições de operação e manutenção**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, 2014. v. 14, n. 2, p. 91-107. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/MBt8Q34KHgGnrVZvcx6JZjN/?format=pdf>. Acesso em: 06 ago. 2024.

BOEHM, Sophie; SCHUMER, Clea. **10 conclusões do Relatório do IPCC sobre mudanças climáticas de 2023**. [S. l.], 24 mar. 2023. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/10-conclusoes-do-relatorio-do-ipcc-sobre-mudancas-climaticas-de-2023>. Acesso em: 29 out. 2024.

BARNAR, Christian. **Green Streets Victoria BC**. [S. l.], 2010. Disponível em: <http://christianbarnardblog.blogspot.com/2010/07/green-streets-victoria-bc.html>. Acesso em: 7 fev. 2025.

CAMPANA, Néstor Aldo. **Impacto da Urbanização nas Cheias Urbanas**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/206746>>. Acesso em: 06 ago. 2024.

CANHOLI, Aluísio Pardo. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 384 p.

CAPUTO, Úrsula Kelli. **Avaliação do potencial de utilização de trincheiras de infiltração em espaços com urbanização consolidada/estudo de caso do município de Belo Horizonte - MG**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-95WFD9>>. Acesso em: 16 jul. 2024.

COSTA, Regina Pacca. **Ciências do ambiente**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021. 248 p.

CARDOSO, Dione P.; SILVA, Marx L. N.; CARVALHO, Gabriel J. de; FREITAS, Diego A. F. de; AVANZI, Junior C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, ano 2012, v. 16, n. 6, p. 632-638, jun. 2012. DOI: 10.1590/S1415-43662012000600007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/8dWRD5SN4rhnfchrYsVJskd/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 6 mar. 2025.

CEMADEN - CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. **Mapa Interativo da Rede Observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden**. 2025. Disponível em: <<https://mapainterativo.cemaden.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

CONTRAN - CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito: VOLUME VI Dispositivos Auxiliares**. 2021. Disponível em: <[https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/MBST\\_VOL\\_VI\\_Dispositivos\\_auxiliares.pdf](https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/MBST_VOL_VI_Dispositivos_auxiliares.pdf)>. Acesso em: 7 fev. 2025.

CORREA, Leonardo. **Qual tipo de vegetação existe em Belo Horizonte?**. 2024. Disponível em: <<https://biologiadapaisagem.com.br/2024/06/10/qual-tipo-de-vegetacao-existe-em-belo-horizonte/>>. Acesso em: 6 mar. 2025.

DEFESA CIVIL DE BELO HORIZONTE. **Intensidade da chuva: 09/11/2024 14:20**. Belo Horizonte, 2024. Disponível em: <<https://pbs.twimg.com/media/Gb9aEXrWgAAbYyN?format=png&name=small>>. Acesso em: 9 nov. 2024.

DEFESA CIVIL DE BELO HORIZONTE. **Alerta de risco**. Belo Horizonte, 2025. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/defesa-civil/alertas-de-risco>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

EMILIANA, Cecília; MURATORI, Matheus. Chuva em BH: deslizamentos e inundações ameaçam ao menos 10,8 mil pessoas. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 11 jan. 2021. Disponível em: <[https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2021/01/11/interna\\_gerais,1227824/chuva-em-bh-deslizamentos-e-inundacoes-ameacam-ao-menos-10-8-mil-pessoas.shtml](https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2021/01/11/interna_gerais,1227824/chuva-em-bh-deslizamentos-e-inundacoes-ameacam-ao-menos-10-8-mil-pessoas.shtml)>. Acesso em: 17 ago. 2024.

FERRAZ, Caio; CASTAGNA, Guilherme. **Guia prático de para cidades jardins de chuva**. São Paulo, 2023. Disponível em: <<https://fluxus.eco.br/wp-content/uploads/2024/04/JARDINS-DE-CHUVA-PARA-CIDADES.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2024.

FERREIRA, Manoela de Freitas. **Teto verde: o uso de coberturas vegetais em edificações**. PIBIC - Programa Institucional de Iniciação Científica do CNPq. Departamento de Artes & Design, PUC Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <[https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio\\_resumo2007/relatorios/art/art\\_manoela\\_de\\_freitas\\_ferreira.pdf](https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio_resumo2007/relatorios/art/art_manoela_de_freitas_ferreira.pdf)>. Acesso em: 25 jul. 2024.

FOCHESATTO, Amanda Caroline A. **Microdrenagem Urbana: Análise e solução para o problema na Avenida Sete de Setembro, na cidade de Três Corações – MG**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/108>>. Acesso em: 26 jul. 2024.

FREEPIK. **Placa proibido jogar lixo e entulho**. 2025. Disponível em: <[https://img.freepik.com/vetores-premium/nao-jogue-lixo-glifo-pictograma-proibido-gota-icone-de-silhueta-de-lixo-cuidado-mantenha-se-limpo\\_541122-951.jpg?semt=ais\\_hybrid](https://img.freepik.com/vetores-premium/nao-jogue-lixo-glifo-pictograma-proibido-gota-icone-de-silhueta-de-lixo-cuidado-mantenha-se-limpo_541122-951.jpg?semt=ais_hybrid)>. Acesso em: 8 fev. 2025.

FREEPIK. **Placa proibido extração de plantas**. 2025. Disponível em: <[https://img.freepik.com/premium-wektory/nie-wyberaj-czerwonego-znaku-zakazu-kwiatow-niezbianie-kwiatow-znak-plaskiej-ilustracji-wektorowych\\_530733-2822.jpg](https://img.freepik.com/premium-wektory/nie-wyberaj-czerwonego-znaku-zakazu-kwiatow-niezbianie-kwiatow-znak-plaskiej-ilustracji-wektorowych_530733-2822.jpg)>. Acesso em: 8 fev. 2025.

FREEPIK. **Placa proibido pisar**. 2025. Disponível em: <[https://img.freepik.com/vetores-premium/nao-pisar-no-vetor-do-icone\\_535345-8082.jpg?semt=ais\\_hybrid](https://img.freepik.com/vetores-premium/nao-pisar-no-vetor-do-icone_535345-8082.jpg?semt=ais_hybrid)>. Acesso em: 8 fev. 2025.

FREEPIK. **Placa proibido jogar fezes de animal doméstico no jardim**. 2025. Disponível em: <[https://img.freepik.com/vetores-premium/pictograma-isolado-sinal-redondo-de-animais-de-estimacao-nao-estao-autorizados-a-cagar-parque-limpo-por-favor-recolher-o-seu-caocagar\\_626431-114.jpg](https://img.freepik.com/vetores-premium/pictograma-isolado-sinal-redondo-de-animais-de-estimacao-nao-estao-autorizados-a-cagar-parque-limpo-por-favor-recolher-o-seu-caocagar_626431-114.jpg)>. Acesso em: 8 fev. 2025.

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde. **Caderno Temático: Drenagem e Manejo Das Águas Pluviais Urbanas**. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Drenagem+e+Manejo+das+Águas+Pluviais+Urbanas.pdf/72c03623-99ee-40d8-b1e8-107c182daf8e?version=1.0>> Acesso em: 28 jul. 2024.

GOLF CITY MALL. **Car Parking**., 2021. Disponível em: <<https://www.golfcitymall.net/services>>. Acesso em: 7 fev. 2025.

GUEDES, Leandro. **Jardins de chuva**. [S. l.], 2019. Disponível em: <<https://www.veredaurbana.com.br/jardins-de-chuva>>. Acesso em: 5 fev. 2025.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Inmet**: mapa de estações. 2025. Disponível em: <<https://mapas.inmet.gov.br>>. Acesso em: 15 fev. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Informações Básicas Estaduais/Pesquisa de Informações Básicas Municipais**. IBGE, 2021. Disponível em: <[https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com\\_mediaibge/arquivos/4df257dc2f5a965b9b45e13ddd4d418d.pdf](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/4df257dc2f5a965b9b45e13ddd4d418d.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Tabela 9923 - População residente, por situação do domicílio**. IBGE, 2024. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/9923#resultado>>. Acesso em: 16 nov. 2024.

LAMERA, C.; BECCIU, G.; RULLI, M. C.; ROSSO, R. **Green roofs effects on the urban water cycle componentes**. *Procedia Engineering* 70 (2014), pp. 988 - 997. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581400112X/pdf>>. Acesso em: 25 jul. 2024.

LIMA, Moisés Keniel Guilherme de. **Análise da implantação de valas de detenção na Avenida Segismundo Pereira, bacia do córrego Jataí, na cidade de Uberlândia/MG**. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. DOI <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.133>. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/28607>>. Acesso em: 04 ago. 2024.

LOPES, F. W. A.; MACEDO, D. R.; MEDEIROS, I. H.; UMBELINO, G. J. M.; MAGALHÃES JUNIOR, A. P. **Bacias hidrográficas como unidade de análise de processos de expansão urbana desordenada: o caso da bacia do córrego do Nado - Belo Horizonte/MG**. *Geo UERJ, Especial*, Rio de Janeiro, 2003, p. 1985 – 2002. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/282912460\\_Bacias\\_Hidrograficas\\_como\\_unidade\\_de\\_analise\\_dos\\_processos\\_de\\_urbanizacao\\_desordenados\\_-\\_o\\_caso\\_da\\_bacia\\_do\\_corrego\\_do\\_nado\\_-\\_Belo\\_Horizonte\\_-\\_MG](https://www.researchgate.net/publication/282912460_Bacias_Hidrograficas_como_unidade_de_analise_dos_processos_de_urbanizacao_desordenados_-_o_caso_da_bacia_do_corrego_do_nado_-_Belo_Horizonte_-_MG)>. Acesso em: 10 ago. 2024.

LUCAS, Alessandro Hirata; ANGELINA SOBRINHA, Loide; MORUZZI, Rodrigo Braga; BARBASSA, Ademir Paceli. Avaliação da construção e operação de técnicas compensatórias de drenagem urbana: o transporte de finos, a capacidade de infiltração, a taxa de infiltração real do solo e a permeabilidade da manta geotêxtil. *Eng Sanit Ambient*, v. 20, n. 1, p. 17-28, jan./mar. 2015. DOI 10.1590/S1413-41522015020000079923. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/Bk8MYpvHmjWRGPdM7MwFckB/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 8 mar. 2025.

MELO, Tássia dos Anjos Tenório de. **Jardim da chuva: sistema de biorretenção como técnica compensatória no manejo de águas pluviais urbanas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Recife, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5799>>. Acesso em: 17 jul. 2024.

MOTA, Suetônio. **Introdução à engenharia ambiental**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2010. 388 p.

NETO, Antônio Cardoso. **Sistema urbano de drenagem**. Florianópolis: Laboratório de Drenagem do Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. Disponível em: <[http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=apostila\\_de\\_drenagem\\_urbana\\_do\\_prof\\_cardoso\\_netto.pdf](http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=apostila_de_drenagem_urbana_do_prof_cardoso_netto.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2024.

NYC WATER. **Green Infrastructure: Rain Gardens**. 2014. Disponível em: <<https://www.nyc.gov/site/dep/water/rain-gardens.page>>. Acesso em: 6 fev. 2025.

OICS - OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS. **Jardim de chuva**. [S. l.], 2022. Disponível em: <[https://oics.cgee.org.br/solucoes/jardim-de-chuva\\_5cd85fbe2a1cbc1d1168027b](https://oics.cgee.org.br/solucoes/jardim-de-chuva_5cd85fbe2a1cbc1d1168027b)>. Acesso em: 17 nov. 2024.

OLIVEIRA, Ítalo José Lira dos Santos; RABELO, Marina Batista Gonçalves; PATRY, Natália Chaves; LEO, Juliana Rolla de; FERREIRA, Joubert Paulo. **Benefícios da implantação dos jardins de chuva no meio urbano**. Vitória/ES, 2020. XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2020/VI-002.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2024

PARKINSON, J.; MILOGRANA, J.; CAMPOS, L.C.; CAMPOS, R. **Drenagem Urbana. Sustentável no Brasil**. Relatório do Workshop em Goiânia – GO, 2003.

PEREIRA, Maria Cristina Santana; GOBATTI, Lucas; SOARES, Mariana Corrêa; LEITE, Brenda Chaves Coelho; MARTINS, José Rodolfo Scarati. **Soluções baseadas na natureza: quadro da ocupação da cidade de São Paulo por células de biorretenção**. Revista LABVERDE, São Paulo, Brasil, v. 11, n. 1, p. 95–120, 2021. DOI: 10.11606/issn.2179-2275.labverde.2021.189292. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/revistalabverde/article/view/189292>>. Acesso em: 29 jun. 2024.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Instrução técnica para elaboração de estudos e projetos de drenagem**. PBH, 2022. Disponível em: <[https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/Capitulo3\\_ControlenaFonte.pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/obras-e-infraestrutura/Capitulo3_ControlenaFonte.pdf)>. Acesso em: 18 jul. 2024.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Pregão eletrônico - **SMOBI 052/2022 - Serviços Comuns de Engenharia para Implantação de Jardim de Chuva**. PBH, 2022. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/obras-e-infraestrutura/licitacao/pregao-eletronico-052-2022>>. Acesso em: 20 jul. 2024.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Adote um Jardim de Chuva**. PBH, 2024. Disponível em: <<https://servicos.pbh.gov.br/servicos+adote-um-jardim-de-chuva+663e60cfdd212a2b422248ca>>. Acesso em: 18 jul. 2024.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Resiliência urbana**. PBH, 2024. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/politica-urbana/informacoes/resiliencia-urbana>>. Acesso em: 18 jul. 2024.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **Manual técnico de manutenção dos jardins de chuva**. PBH, 2024. Disponível em: <<https://servicos.pbh.gov.br/servicos+adote-um-jardim-de-chuva+663e60cfdd212a2b422248ca>>. Acesso em: 19 jul. 2024.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **BHMAP**. PBH, 2024. Disponível em: <<https://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/>>. Acesso em: 18 jul. 2024.

RECESA, Rede Nacional de Capacidade e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental. **Técnicas compensatórias para o controle de cheias urbanas: Águas Pluviais**. Belo Horizonte, 2007. 52 p. Disponível em: <[https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos\\_PDF/recesa/tecnicascompensatoriasparaocontroledечеiasurbanas-nivel2e3.pdf](https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/recesa/tecnicascompensatoriasparaocontroledечеiasurbanas-nivel2e3.pdf)>. Acesso em: 02 ago. 2024.

RIBEIRO, Raphael Rajão. **Histórias de bairros de Belo Horizonte: Regional Pampulha**. Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <[http://www.pbh.gov.br/historia\\_bairros/PampulhaCompleto.pdf](http://www.pbh.gov.br/historia_bairros/PampulhaCompleto.pdf)>. Acesso em: 16 nov. 2024.

RIGHETTO, A. M. **Manejo de Águas Pluviais Urbanas**. Projeto PROSAB. ABES. Rio de Janeiro, 2009. 396 p.

RODRIGUES, Gisele Carvalho et al. **Avaliação do emprego de técnicas compensatórias na sub-bacia urbana Ribeirão do Santa Rita do município de Fernandópolis, São Paulo**. p. 231-237, 2021. DOI: 10.1590/S1413-415220180251. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/9V36bWTnZDWSjHSDMKsKYMp/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 17 ago. 2024.

ROSA, Deyvid Wavel Barreto et al. **Como transformar o cenário de inundações em Belo Horizonte?**. UFMG, 2024. Disponível em: <[https://manuelzao.ufmg.br/wp-content/uploads/2024/02/2024\\_estudo\\_inundacoes-bh.pdf](https://manuelzao.ufmg.br/wp-content/uploads/2024/02/2024_estudo_inundacoes-bh.pdf)>. Acesso em: 20 jul. 2024.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SUDERHSA. Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. **Manual de drenagem urbana**. Curitiba, SUDERHSA, 2002. Disponível em: <[https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/mdu\\_versao01.pdf](https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mdu_versao01.pdf)>. Acesso em: 28 jun. 2024.

SCAPESPEC. **Raingarden DIY: For Homeowners**. 2025. Disponível em: <<https://www.scapespec.co.nz/specstuff/raingardendiy>>. Acesso em: 6 fev. 2025.

SOUZA, Vladimir Caramori Borges de. **Estudo Experimental de Trincheiras de Infiltração no Controle da Geração do Escoamento Superficial**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/3006>>. Acesso em: 14 jul. 2024.



STATE COLLEGE PENNSYLVANIA. **Allen Street Rain Gardens**. [S. l.], 2024. Disponível em: <<https://www.statecollegepa.us/346/Allen-Street-Rain-Gardens>>. Acesso em: 5 fev. 2025.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. Disponível em: <[https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gestao\\_de\\_Aguas\\_Pluviais\\_\\_.PDF](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gestao_de_Aguas_Pluviais__.PDF)>. Acesso em: 13 jul. 2024.

YAZAKI, Luiz Fernando Orsini de Lima et al. **Projeto técnico: jardins de chuva**. [S. l.], 2013. Disponível em: <[https://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF\\_Jardins-de-Chuva-online.pdf](https://solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/04/AF_Jardins-de-Chuva-online.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2024.

## APÊNDICES




## Apêndice I – ESPÉCIES DE PLANTAS UTILIZADAS PELA PBH NOS JARDINS DE CHUVA

GRUPO 1		
Nome popular	Nome científico	Foto da espécie
Aspargo	<i>Asparagus densiflorus</i>	
Dionela	<i>Dianella ensifolia</i> L. DC	
Moréia	<i>Dietes bicolor</i> Sweet ex Klatt	
Lança de São Jorge	<i>Sansevieria cylindrica</i> Bojer ex Hook.	
Espada cinza	<i>Sansevieria trifasciata</i> var. Moonshine	
Espada de Santa Bárbara	<i>Sansevieria trifasciata</i> var. laurentii (De Wild.) N. E. Br	
Abacaxi-Roxo	<i>Tradescantia spathacea</i> Sw.	

Fonte: PBH, 2024.








GRUPO 2		
Nome popular	Nome científico	Foto da espécie
Penicilina	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	
Trapoeraba roxa	<i>Tradescantia pallida</i> (Rose) D. R. Hunt	
Lambari-roxo	<i>Tradescantia zebrina</i> Bosse	
Abacaxi-Roxo	<i>Tradescantia spathacea</i> Sw.	

Fonte: PBH, 2024.





GRUPO 3		
Nome popular	Nome científico	Foto da espécie
Agapanto	<i>Agapanthus africanus</i> (L.) Hoffmanns.	
Mostarda-da-índia	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.	
Margarida amarela	<i>Coreopsis lanceolata</i> L.	

Fonte: PBH, 2024.




(continua)

GRUPO 3 (continuação)		
Nome popular	Nome científico	Foto da espécie
Moréia	<i>Dietes bicolor</i> Sweet ex Klatt	
Hemerocale	<i>Hemerocallis x hybrida</i> Bergmans	
Lírio-aranha-da-praia	<i>Hymenocallis littoralis</i> (Jacq.) Salisb.	
Flor-leopardo	<i>Iris domestica</i> (L.) Goldblatt & Mabb.	
Coreópsis; Margarida branca	<i>Leucanthemum maximim</i> (Ramond) DC.	
Ruélia; Petúnia mexicana	<i>Ruellia simplex</i> C. Wright	
Falso íris azul; Boca de fada	<i>Neomarica caerulea</i> (Ker Gawl.) Sprague	

Fonte: PBH, 2024.




GRUPO 4		
Nome popular	Nome científico	Foto da espécie
Dicondra; dinheiro-em-penca	Dichondra microcalyx (Hallier f.) Fabris	
-	Festuca L.	
Barba de serpente	Ophiopogon jaburan (Siebold) Lodd.	
Arnica-do-mato	Wedelia paludosa DC.	

Fonte: PBH, 2024.

GRUPO 5		
Nome popular	Nome científico	Foto da espécie
Maranta	Ctenanthe setosa (Roscoe) Eichler	
Capim-palmeira	Curculigo capitulata (Lour.) Kuntze	
Lírio-da-paz gigante	Spathiphyllum cannifolium (Dyand. ex Sims) Schott	

Fonte: PBH, 2024.

(continua)

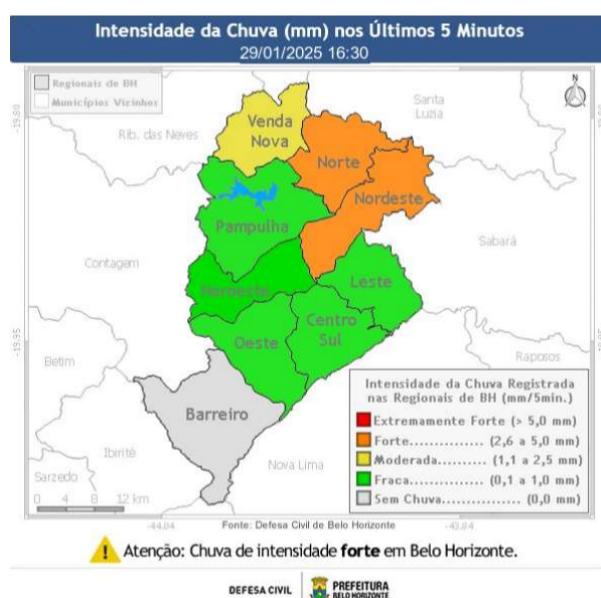
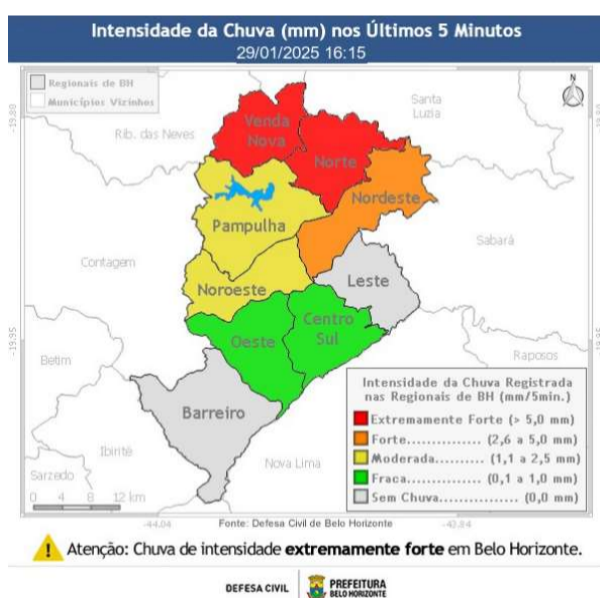
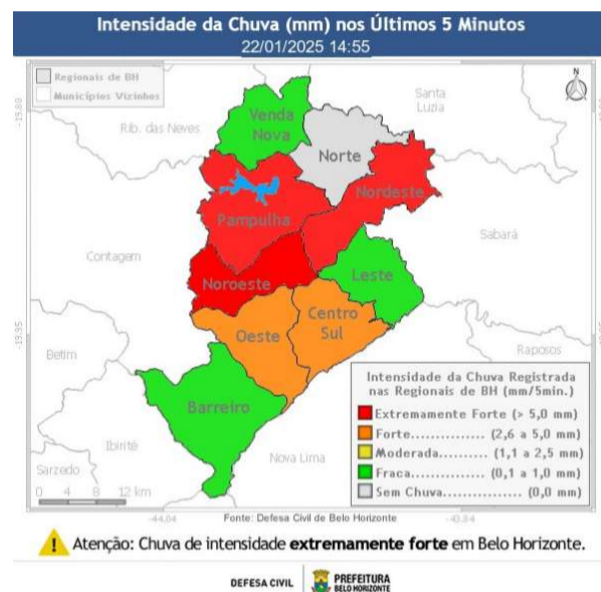
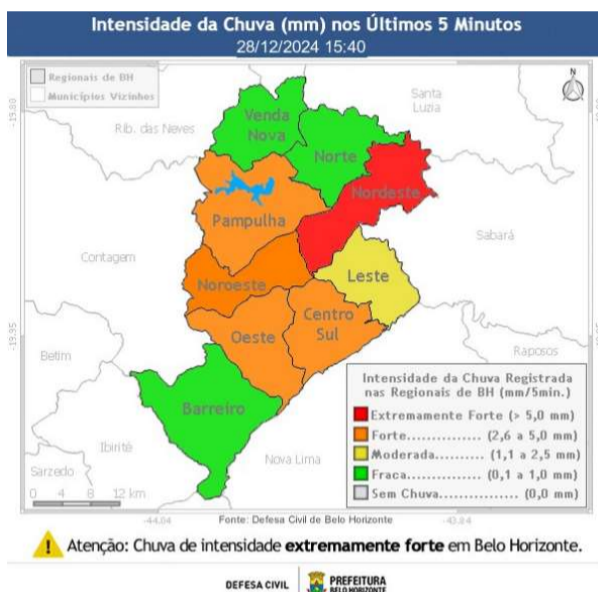
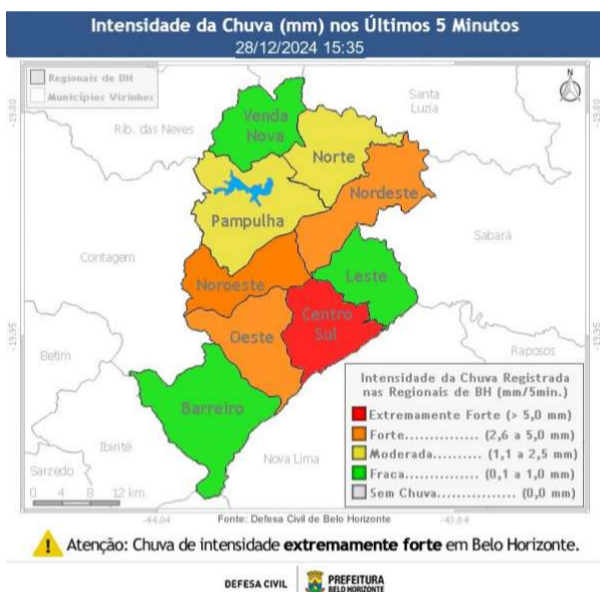
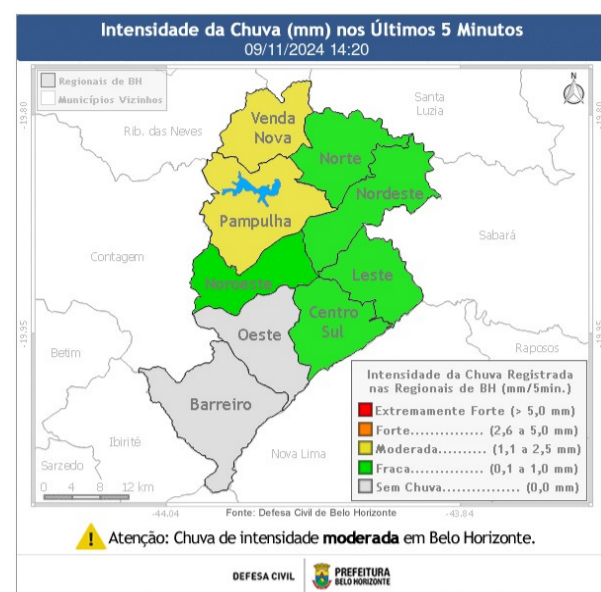
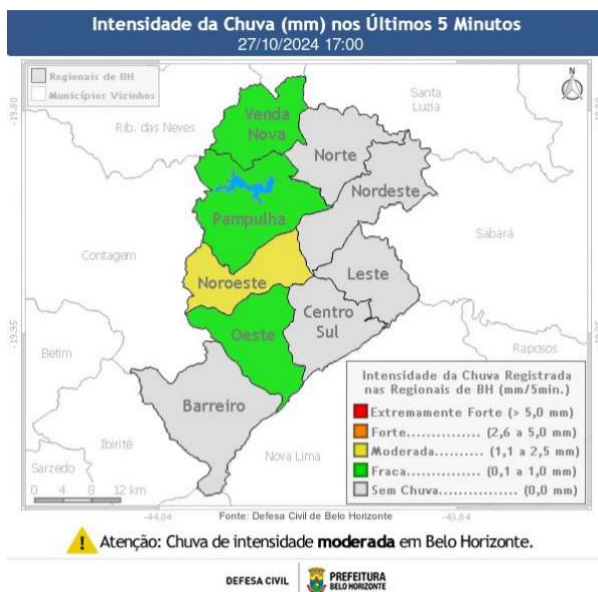
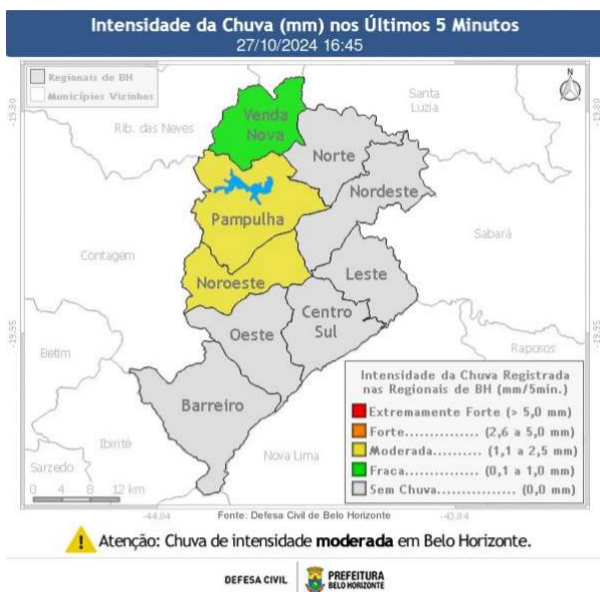
GRUPO 5 (continuação)		
Nome popular	Nome científico	Foto da espécie
Lírio-da-paz	Spathiphyllum wallisii Regel	
Singônio verde	Syngonium angustatum Schott	
Petúnia mexicana	Ruellia simplex C. Wright	

Fonte: PBH, 2024.





### Apêndice IV – INTENSIDADE DA CHUVA NOS DIAS DAS VISITAS COM EVENTO CHUVOSO CONFORME OS AVISOS EMITIDOS PELA DEFESA CIVIL DE BELO HORIZONTE



Fonte: Defesa Civil de Belo Horizonte, 2025.

## Apêndice V – QUESTIONÁRIO - PERCEPÇÃO DO MORADOR QUE ADOTOU UM JARDINS DE CHUVA

Nome completo: \_\_\_\_\_

E-mail de contato: \_\_\_\_\_

Número de telefone: \_\_\_\_\_

Número de identificação do jardim de chuva adotado, caso saiba: \_\_\_\_\_

Endereço da localização do jardim de chuva adotado: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### QUESTIONÁRIO

**1 – Qual o seu nível de escolaridade?** \_\_\_\_\_

**2 – Qual a sua área de formação?** \_\_\_\_\_

**3 – O(A) Sr.(a) já observou a ocorrência de enxurradas na rua onde reside?**

Sim  Não  Outro: \_\_\_\_\_

**4 – Se respondeu "Sim" na pergunta 3: com que frequência que o(a) Sr.(a) já observou a ocorrência de enxurradas na rua onde reside?**

Raramente  1 a 2 vezes por ano  Várias vezes por ano  
 Outro: \_\_\_\_\_

**5 – Se respondeu "Sim" na pergunta 3: costuma ocorrer transbordamento no jardim de chuva devido ao excessivo volume de água da chuva?**

Sim  Não  Outro: \_\_\_\_\_

**6 – Qual foi a principal motivação que levou o(a) Sr.(a) a querer adotar um jardim de chuva?**

- Melhoria do paisagismo da rua
- Desconto no valor do IPTU
- Bem estar e a melhoria da infraestrutura da comunidade
- Redução do risco de alagamentos e inundações

**7 – Há quanto tempo o(a) Sr.(a) adotou o jardim de chuva do programa da prefeitura de Belo Horizonte: “Adote um Jardim de Chuva”?**

\_\_\_\_\_

**8 – Além do Manual Técnico de Manutenção e do Projeto do Jardim de Chuva Adotado, o(a) Sr.(a) recebeu orientações por parte da prefeitura em relação à funcionalidade e à importância da implantação e da manutenção do jardim de chuva?**

Sim  Não  Outro: \_\_\_\_\_

**9 – Após a adoção do jardim de chuva, o(a) Sr.(a) recebeu ao longo dos meses algum tipo de orientação e suporte por parte da prefeitura em relação à manutenção do jardim de chuva?**

Sim  Não  Outro: \_\_\_\_\_

**10 – Como o(a) Sr.(a) ficou sabendo sobre a implantação dos jardins de chuva próximo a sua residência? (O(A) Sr.(a) pode marcar uma ou mais opções).**

Noticiário na televisão  Noticiário no rádio  Internet  
 Por meio de outro morador  Divulgação da Prefeitura de Belo Horizonte  
 Durante a construção do jardim de chuva  Após a construção do jardim de chuva  Outro: \_\_\_\_\_

**11 – O(a) Sr.(a) conheceu outros jardins de chuva próximos a sua rua?**

Sim  Não  Outro: \_\_\_\_\_

**12 – Se respondeu "Sim" na pergunta 11: o(a) Sr.(a) avalia que os demais jardins de chuva na sua região são bem cuidados?**

Sim  Não  Outro: \_\_\_\_\_

**13 – O(A) Sr.(a) acredita que os jardins de chuva atraem mais a presença de pássaros e insetos para a área próxima à sua residência?**

Sim  Não  Outro: \_\_\_\_\_

**14 – Na visão do(a) sr.(a), o formato e a sinalização dos jardins de chuva em relação à via pública prejudica o trânsito de veículos e de pedestres?**

Sim  Não  Talvez  Outro: \_\_\_\_\_

**15 – O(A) Sr.(a) considera que os 10% de desconto no IPTU concedidos ao adotante pela Prefeitura de Belo Horizonte cobrem os gastos para monitorar e realizar as manutenções periódicas no jardim de chuva?**

Sim  Não  Outro: \_\_\_\_\_

**16 – Quais benefícios o(a) Sr.(a) acredita que os jardins de chuva trouxeram ou têm trazido para a sua região? (O(A) Sr.(a) pode marcar uma ou mais opções).**

Redução das inundações  Aumento da infiltração da água no solo  
 Redução do escoamento superficial  Melhoria na estética do bairro  
 Aumento das áreas verdes  Atração de vida animal (pássaros, insetos, etc)  
 Outro: \_\_\_\_\_

**17 – O(A) Sr.(a) enfrentou algum problema ou desafio relacionado ao jardim de chuva? Caso a resposta seja "Sim", faça um breve relato dos problemas ou desafios enfrentados.**

\_\_\_\_\_

**18 – Conhece alguém que teve algum problema ou desafio relacionado aos jardins de chuva? Caso a resposta seja "Sim", faça um breve relato dos problemas ou desafios enfrentados**

\_\_\_\_\_

**19 – O(A) Sr.(a) tem sugestões para melhorar a eficiência, aparência e sinalização dos jardins de chuva?**

---

**20 – O(A) Sr.(a) pretende continuar com a adoção do jardim de chuva?**

( ) Sim ( ) Não ( ) Outro: \_\_\_\_\_

**21 – O(A) Sr.(a) gostaria de ver mais jardins de chuva implantados em Belo Horizonte?**

( ) Sim ( ) Não ( ) Outro: \_\_\_\_\_