

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS

CARLOS ALBERTO BENEDITO JUNIOR

**DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL: UMA
ANÁLISE NO MUNICÍPIO DE MOGI MIRIM - SP**

CAMPINAS

2024

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTU SENSU* EM
SISTEMAS DE INFRAESTRUTURA URBANA**

CARLOS ALBERTO BENEDITO JUNIOR

**DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL: UMA
ANÁLISE NO MUNICÍPIO DE MOGI MIRIM - SP**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Sistemas de Infraestrutura Urbana a Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como exigência para obtenção do título de Mestre em Sistemas de Infraestrutura Urbana.

Orientadora: Profa. Dra. Regina Márcia Longo.
Coorientador: Dr. Guilherme Theodoro Nascimento Pereira de Lima.

CAMPINAS

2024

FOLHA FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada por Adriane Elane Borges de Carvalho CRB 8/9313
Sistema de Bibliotecas e Informação - SBI - PUC-Campinas

627.4
B463d

Benedito Junior, Carlos Alberto

Drenagem urbana sustentável: uma análise no município de Mogi Mirim - SP /
Carlos Alberto Benedito Junior. - Campinas: PUC-Campinas, .

112 f.: il.

Orientador: Regina Márcia Longo; Coorientador: Guilherme Theodoro Nascimento
Pereira de Lima.

Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) - Pós-Graduação
em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Escola Politécnica, Pontifícia Universidade
Católica de Campinas, Campinas, .

Inclui bibliografia.

1. Inundações - Drenagem. 2. Sustentabilidade - Águas pluviais. 3. Mogi Mirim -
SP - escoamento urbano. I. Longo, Regina Márcia. II. Lima, Guilherme Theodoro
Nascimento Pereira de III. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Escola
Politécnica. Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana. IV. Título.

23. ed. CDD 627.4

CARLOS ALBERTO BENEDITO JUNIOR

**DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL: UMA ANÁLISE
NO MUNICÍPIO DE MOGI MIRIM - SP**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Sistemas de **Infraestrutura Urbana** da Escola Politécnica da Pontifícia Universidade Católica de Campinas, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Sistemas de **Infraestrutura Urbana**.

Área de Concentração: Sistemas de **Infraestrutura Urbana**.

Orientador (a): Prof. (a). Dr. (a). Regina Marcia Longo

Dissertação defendida e aprovada em 20 de fevereiro de 2024 pela Comissão Examinadora constituída dos seguintes professores:



Profa. Dra. Regina Marcia Longo

Orientador da Dissertação e Presidente da Comissão Examinadora
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



Prof. Dra. Denise Helena Lombardo Ferreira
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



Dra. Renata de Faria Rocha Furigo
Serviço Autônomo de Água e Esgoto - SAAE Mogi Mirim

AGRADECIMENTOS

À Profa. Dra. Regina Márcia Longo,
Por todo o acompanhamento, apoio e conselhos durante esta caminhada.

Ao Dr. Guilherme Theodoro Nascimento Pereira de Lima,
Por toda contribuição na coorientação deste trabalho.

À minha noiva Fernanda Umbelino de Souza,
Que me apoiou incansavelmente em todas as fases deste trabalho. Sua paciência, compreensão e carinho foram fundamentais para que eu pudesse manter o equilíbrio emocional e alcançar a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais Carlos Alberto Benedito e Sandra Aparecida Burguete Benedito,
Que me ensinaram a importância da disciplina, do esforço e da dedicação e me apoiaram em todas as escolhas que fiz durante minha jornada acadêmica. O exemplo de vida dos meus pais é minha inspiração e motivação para buscar sempre o melhor.

À Banca examinadora de defesa,
Pelos aconselhamentos e por dispor de seu tempo e conhecimento na avaliação deste trabalho.

À Pontifícia Universidade Católica de Campinas,
Pela infraestrutura disponibilizada.

À Prefeitura Municipal de Mogi Mirim,
Pelos dados disponibilizados e auxílio durante a pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

BENEDITO JUNIOR, Carlos Alberto. **Drenagem urbana sustentável: Uma análise no município de Mogi Mirim - SP.** 2024. 110f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2024.

O processo de urbanização nas cidades provoca impactos significativos no ciclo hidrológico local, resultantes da crescente impermeabilização do solo, ocupações inadequadas e ausência de planos urbanísticos municipais, como o Plano Diretor. Esses impactos são causadores de inundações e enchentes, gerando consequências econômicas, sociais e de saúde pública que afetam a qualidade de vida dos habitantes do município. Os Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana (SUDS) buscam alternativas para aumentar a infiltração de água pluvial no solo e controlar o escoamento superficial. Este estudo tem como objetivo analisar a situação atual e propor um sistema de drenagem sustentável para um trecho específico das Avenidas Brasil e Santo Antônio, em Mogi Mirim, São Paulo, Brasil, uma região historicamente propensa a inundações. Para alcançar esse propósito, foi conduzido um estudo abrangente do meio físico, biótico e antrópico, considerando as tipologias das edificações locais, a infraestrutura urbana e a contextualização da Sub-Bacia do Córrego Santo Antônio, que desemboca no Rio Mogi Mirim, o principal curso d'água da cidade. O estudo abrange a coleta de informações sobre o uso e ocupação do solo, com destaque para a porcentagem de impermeabilização das áreas estudadas no meio antrópico. Desenvolvido em cinco etapas, caracteriza a drenagem urbana na Sub-Bacia do Córrego Santo Antônio, utilizando indicadores para compreensão da situação das áreas verdes, priorizando áreas para implementação de técnicas de drenagem urbana sustentável, descrevendo as técnicas SUDS com uma estimativa de custo e, por fim, propondo sistemas sustentáveis com base nos resultados obtidos. O estudo revelou que as técnicas de drenagem sustentável baseadas na natureza, especialmente as fundamentadas em Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana (SUDS), são eficazes para lidar com as questões de inundação na Sub-Bacia do Córrego Santo Antônio, em Mogi Mirim. Essa eficácia é atribuída à promoção da infiltração de água no solo, à redução do escoamento superficial, à melhoria da qualidade da água, à gestão integrada das águas pluviais e à preservação do ciclo hidrológico natural. Dentre os benefícios identificados, destacam-se a resiliência climática, a promoção da biodiversidade, custos menores a longo prazo e aceitação social. Essas práticas não apenas mitigam os impactos das inundações, mas também promovem práticas sustentáveis e resilientes na gestão das águas pluviais urbanas, alinhando-se com diversos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como a promoção de cidades sustentáveis, a proteção da vida terrestre e aquática, e o combate às mudanças climáticas.

Palavras-chave: Inundação. Escoamento superficial. Sustentabilidade. Drenagem urbana. Pluvial. ODS

ABSTRACT

BENEDITO JUNIOR, Carlos Alberto. **Sustainable urban drainage: An analysis in the municipality of Mogi Mirim - SP.** 2024. 110p. Qualification document (Master's in Urban Infrastructure Systems) – Postgraduate Program in Urban Infrastructure Systems, Pontificia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2024.

The process of urbanization in cities has significant impacts on the local hydrological cycle, stemming from the increasing impermeabilization of the soil, inappropriate land occupations, and the absence of municipal urban plans, such as the Master Plan. These impacts lead to floods and inundations, causing economic, social, and public health consequences that affect the quality of life for the municipality's residents. Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS) seek alternatives to increase the infiltration of rainwater into the soil and control surface runoff. This study aims to analyze the current situation and propose a sustainable drainage system for a specific section of Avenidas Brasil and Santo Antônio in Mogi Mirim, São Paulo, Brazil, a region historically prone to floods. To achieve this purpose, a comprehensive study of the physical, biotic, and anthropic environment will be conducted, considering the typologies of local buildings, urban infrastructure, and the context of the sub-basin of Córrego Santo Antônio, which flows into the Rio Mogi Mirim, the city's main watercourse. The study includes the collection of information on land use and occupation, with a focus on the percentage of impermeabilization in the studied areas in the anthropic environment. Developed in five stages, it characterizes urban drainage in the Córrego Santo Antônio basin, using indicators to understand the situation of green areas, prioritizing areas for the implementation of sustainable urban drainage techniques, describing SUDS techniques with a cost estimate, and finally proposing sustainable systems based on the results obtained. The study revealed that nature-based sustainable drainage techniques, especially those grounded in Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS), are effective in addressing flooding issues in the Córrego Santo Antônio Basin in Mogi Mirim. This effectiveness is attributed to promoting water infiltration into the soil, reducing surface runoff, improving water quality, integrating the management of rainwater, and preserving the natural hydrological cycle. Among the identified benefits are climate resilience, promotion of biodiversity, lower long-term costs, and social acceptance. These practices not only mitigate the impacts of floods but also promote sustainable and resilient approaches to urban rainwater management, aligning with various Sustainable Development Goals (SDGs), such as promoting sustainable cities, protecting terrestrial and aquatic life, and combating climate change.

Keywords: Floods. Runoff. Sustainability. Urban drainage. Storm water. SDGs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Alterações no uso do solo por urbanização e efeitos sobre o ciclo da água e níveis de inundaçã.....	22
Figura 2. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU.	24
Figura 3. Parque em Freiburg, Alemanha.	31
Figura 4. Croqui da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da cidade de São Paulo. ..	32
Figura 5. Corredor verde ao longo do rio principal da cidade de Freiburg, Alemanha..	33
Figura 6. Rua verde com prioridade para pedestres e bicicletas em Freiburg, Alemanha.	34
Figura 7. Via de uso múltiplo em Barcelona, Espanha.	34
Figura 8. Área de cultivo no Victory Gardens, Boston, arrendada por moradores.....	35
Figura 9. Horta Urbana desenvolvida por moradores, como apoio da Prefeitura de Jundiaí.	37
Figura 10. Horta Urbana desenvolvida por moradores, como apoio da Prefeitura de Jundiaí.	37
Figura 11. Lagoa (bacia) de retenção em área de novo desenvolvimento em Montpellier, França.	39
Figura 12. Alagado construído no parque Chémim d'Île, em Nanterre - Região metropolitana de Paris.	40
Figura 13. Campo de futebol que acomoda as águas em tempos de chuva forte.....	40
Figura 14. Canteiro pluvial no bairro de WhiereÖst, Freiburg - Alemanha.....	41
Figura 15. Jardim de chuva integrado (Wiehre, Freiburg, Alemanha).	43
Figura 16. Jardim de chuva integrado (Wiehre, Freiburg, Alemanha).	43
Figura 17. Biovaleta em Wageningen, Holanda.	44
Figura 18. Técnica de bioengenharia para contenção de encostas em estrada ao sul de Berlim, Alemanha.....	45
Figura 19. Pavimento permeável no estacionamento do Teatro da Ópera de Bayreuth, Alemanha.....	45
Figura 20. Interseção viária em rotatória vegetada, multifuncional (Alemanha).	46
Figura 21. Localização do município de Mogi Mirim/SP.	47
Figura 22. Distribuição das bacias hidrográficas em relação ao município.	48
Figura 23. Carta de Perigo de Inundaçã mostrando em destaque a área de estudo.	51

Figura 24. Bacia Hidrográfica de Santo Antônio, município de Mogi Mirim - SP.	52
Figura 25. Bacia Hidrográfica do Santo Antônio, com delimitação das áreas de APP. As cores indicam: verde – presença de vegetação; vermelho – áreas com desmatamento; amarelo – áreas com indício de enchentes ou inundações.	53
Figura 26. Carta de risco de áreas de uso residencial/comercial/serviços aos fenômenos geodinâmicos na escala 1:2.000 de Mogi Mirim.	54
Figura 27. Etapas sequenciais para a execução da pesquisa.	57
Figura 28. Delimitação preliminar dos pontos de estudo.	58
Figura 29. Delimitação dos buffers a cada 100 metros.	62
Figura 30. Panorama geral dos pontos de visita a campo.....	64
Figura 31. Panorama geral dos pontos de visita a campo com legenda da Sub-Bacia do córrego Santo Antônio.	65
Figura 32. Detalhamento dos pontos de visita a campo 1 e 2.	67
Figura 33. Detalhamento dos pontos de visita a campo 3 e 4.	69
Figura 34. Detalhamento dos pontos de visita a campo 5 e 6.	70
Figura 35. Detalhamento dos pontos de visita a campo 7 e 8.	71
Figura 36. Detalhamento do ponto de visita a campo 9.	72
Figura 37. Detalhamento dos pontos de visita a campo 10 e 11.	73
Figura 38. Detalhamento do trecho canalizado e das áreas de exultório/exultório/despejo do córrego Santo Antônio.	74
Figura 39. Chuva forte no Córrego Santo Antônio entre os dias 27/09/2023 e 28/09/2023	79
Figura 40. Sub-bacia do Santo Antônio e área impermeável urbana.....	81
Figura 41. Pontos de intervenção da Sub-Bacia do Santo Antônio.	82
Figura 42. Praça 1 - Reservatório de retenção de águas pluviais.	86
Figura 43. Praça 2 - Reservatório de retenção de águas pluviais, aplicado em uma quadra poliesportiva.	87
Figura 44. Praça 3 - Reservatório de retenção de águas pluviais.	88
Figura 45. Praça 4 - Reservatório de retenção de águas pluviais, aplicado em uma quadra poliesportiva.	89
Figura 46. Praça 7 – Pomar Comunitário com reservatório.	95
Figura 47. Praça 5 – Jardim de Chuva drenante (Faixa de 1 metro)	98
Figura 48. Praça 6 – Jardim de Chuva drenante (Faixa de 1 metro)	99

Figura 49. Praças 8 e 9 – Praças centrais, com a utilização de canteiros e Jardim de Chuva (técnicas de infiltração).....	100
--	------------

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tempos de retorno em função da área ocupada.	21
Tabela 2. Coordenadas dos pontos de estudo.	63
Tabela 3. Áreas de Preservação Permanente (APPs) urbanas em margens de córregos.	68
Tabela 4. Precipitação pluviométrica de Mogi Mirim em 2022.	76
Tabela 5. Precipitação pluviométrica de Mogi Mirim em 2023.	77
Tabela 6. Precipitação pluviométrica de Mogi Mirim em 2024.	78
Tabela 7. Estimativa de custo - Reservatório de retenção de águas pluviais (quadra)...	91
Tabela 8. Estimativa de custo de um Jardim de Chuva de 168 metros lineares.....	102
Tabela 9. Estimativa de custo de um Jardim de Chuva tipo trincheira.	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Principais elementos da rede de microdrenagem.....	19
Quadro 2. Elementos que compõem o sistema de macrodrenagem.....	20
Quadro 3. Metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11.....	25
Quadro 4. Técnicas de drenagem urbana sustentável relacionadas aos espaços verdes urbanos.	29
Quadro 5. Técnicas de drenagem urbana sustentável relacionadas aos espaços verdes urbanos.	30
Quadro 6. Técnicas de drenagem urbana sustentável relacionadas ao manejo das águas pluviais.....	38
Quadro 7. Outras técnicas de drenagem urbana sustentável.....	41
Quadro 8. Outras técnicas de drenagem urbana sustentável.....	41
Quadro 9. Caracterização das tipologias das áreas verdes no município de Mogi- Mirim/SP: Nível I - Classes da Cobertura da Terra.	49
Quadro 10. Uso do Solo Urbano no município de Mogi-Mirim -SP: Nível II - Classes da Cobertura da Terra.	50
Quadro 11. Técnicas ligadas ao SUDS.....	61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. HIPÓTESE E OBJETIVOS	17
2.1. Hipótese	17
2.2. Objetivo Geral	17
2.3. Objetivos Específicos	17
3. REVISÃO DA LITERATURA	18
3.1 Evolução urbanística sobre o sistema de drenagem urbana (micro e macrodrenagem)	18
3.2 Influência das áreas verdes no escoamento superficial urbano	21
3.3 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	24
3.4 Dispositivos de drenagem urbana sustentável	27
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SANTO ANTÔNIO.....	47
5. MATERIAL E MÉTODOS	57
5.1. Etapa 1: Diagnóstico da área de estudo.....	58
5.2. Etapa 2: Avaliação dos elementos do meio físico, antrópico e biótico relevantes para compreensão do problema	59
5.3. Etapa 3: Mapeamento das áreas de enchentes.....	60
5.4. Etapa 4: Caracterizar e descrever os SUDS (Sistema Urbano de Drenagem Sustentável)	60
5.5. Etapa 5: Escolher as soluções aplicáveis ao estudo de caso	61
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
6.1. Caracterização e descrição dos pontos.	62
6.2. Proposta de soluções baseadas em suds e aderentes aos ods 11 e 13	75
6.3. Análise das soluções baseadas em suds.....	104
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
8. REFERÊNCIAS	108

1. INTRODUÇÃO

A população urbana está encolhendo em vários municípios, e em outros está crescendo, porém, o aumento de áreas verdes é pequeno, indicando um cenário de desequilíbrio perigoso para a sobrevivência e bem-estar humano (BRANCHER *et al.*, 2023). Diversos problemas que as cidades enfrentam estão intrinsecamente relacionados ao crescimento populacional, mas principalmente originados pelo modelo de urbanização adotado, em geral baseados na cultura rodoviária e na especulação da terra, ou seja, os centros urbanos se formaram sem o devido planejamento da infraestrutura urbana, o que acarreta em diversos problemas de ordem econômica, ambiental e social, como por exemplo, o aumento da desigualdade social, que empurra os mais pobres para ocupação das periferias e áreas de preservação ambiental (MACHADO; SANTOS; CABRAL, 2022; BRANCHER *et al.*, 2023). Neste contexto, as cidades estão enfrentando grandes desafios para atender as necessidades dos seus habitantes, sendo de extrema importância que sejam planejadas para melhorar a qualidade de vida e integrar da melhor forma possível os recursos naturais com o meio urbano (SILVA, 2016).

Um dos problemas de infraestrutura mais comumente enfrentados pelas cidades é o de escoamento das águas pluviais, onde as cidades acabam ocupando as áreas dos remanescentes florestais e diminuindo as áreas permeáveis (DRUMOND *et al.*, 2023). Este fato vem do reflexo do conturbado processo de urbanização que tem refletido negativamente no sistema de drenagem, devido muitas vezes ao desrespeito com o sistema de escoamento natural das águas, a aterramentos das margens dos rios, à impermeabilização do solo e ao desflorestamento das Áreas de Preservação Permanente (APP's) (BASTOS, 2009).

Segundo Oliveira (2020), pode-se definir impermeabilização de solo como sendo, simplesmente, fazê-lo perder a sua capacidade de absorção de água. Essa prática tem aumentado exponencialmente em decorrência do crescimento desordenado e sem planejamento das cidades. Além do solo desempenhar função fundamental na produção de alimentos e materiais renováveis, oferece também *habitat* natural para a biodiversidade, filtra e modera o fluxo de água para os aquíferos, reduz a frequência e o risco de inundações e controla microclimas em ambientes urbanos (BRADY; WEIL, 2013).

Ainda segundo Oliveira (2020) é fato de que quando um solo é impermeabilizado sem um planejamento adequado a maioria de suas funções são perdidas, gerando assim grandes problemas no decorrer do tempo. Este impacto no solo devido à urbanização, isola o solo da atmosfera, impedindo a infiltração das águas pluviais de forma natural.

Nos últimos 10 anos observa-se que o número de registros de enchentes e inundações ocorridas dentro dos centros urbanos cresce a cada ano, comumente havendo nestes casos uma associação das fortes chuvas e a falta de um sistema de drenagem urbana eficiente.

A título de exemplos, o ano de 2022 foi marcado pela forte chuva que atingiu a cidade de Petrópolis, na região serrana do Rio de Janeiro, que provocou inundações, enxurradas e uma série de deslizamentos de terra, resultando em mais de 240 mortes. Foi considerado o maior desastre já registrado na cidade Imperial (CNN BRASIL, 2022).

Ainda em 2022 o Estado de Pernambuco foi também vítima dos desastres causados pelas fortes chuvas que atingiram a região do Agreste e região da Mata Sul, chegando a 7.073 o número de pessoas que se viram obrigadas a abandonar suas casas em razão das enchentes (Portal G1 PE, 2022). O governo declarou ainda que cerca de 30 cidades foram atingidas pelas inundações e destas, 15 decretaram condição de emergência devido aos temporais (PORTAL G1 PE, 2022).

Em relação à cidade de Mogi Mirim, no interior de São Paulo, existem vários registros de problemas enfrentados devido a deficiências no sistema de drenagem urbana. No dia 11 de fevereiro de 2012, um temporal atingiu a cidade causando a maior tragédia já registrada no córrego Santo Antônio, quando uma família que estava em um carro atravessando a Avenida Brasil (margens do Córrego Santo Antônio) foi arrastada pela enxurrada e caiu dentro do córrego, resultando na morte de quatro pessoas (PORTAL DA CIDADE MOGI MIRIM, 2012).

Diante do exposto, compreende-se que é de grande interesse social, ambiental e econômico para os municípios a implantação de técnicas que promovam a infiltração da água no solo diminuindo assim o escoamento superficial das águas da chuva. Entre as técnicas já conhecidas tem-se o *Sustainable Urban Drainage System* (SUDS), em português: Sistema de Drenagem Urbana Sustentável. O SUDS tem por finalidade aumentar a infiltração da água no solo, melhorar o equilíbrio do ciclo hidrológico e promover o aproveitamento das águas pluviais. Trata-se de um contraponto ao modelo convencional de drenagem urbana, em que a infraestrutura construída visa remover rapidamente a água da chuva do convívio das pessoas (AGOSTINHO, 2012).

Faz-se essencial a elaboração de ações que priorizem a implantação de infraestruturas urbanas mais sustentáveis, além da recuperação de áreas livres já existentes, e da preservação ambiental nas microbacias hidrográficas por meio de diretrizes definidas pelo município, que pode ser anexada ao Plano Diretor, considerando que o poder público é o único órgão capaz de assegurar uma política ambiental de qualidade.

Contribuindo com essa discussão, o presente estudo visou além da análise da situação atual, estabelecer uma proposta de diretrizes que podem vir a contribuir na amenização dos problemas de drenagem. Para tanto foi realizado um estudo do meio físico, biótico e antrópico, considerando as tipologias das edificações locais, a infraestrutura urbana e uma contextualização da Sub-Bacia do Córrego Santo Antônio, que converge para o Rio Mogi Mirim, principal curso d'água da cidade.

2. HIPÓTESE E OBJETIVOS

2.1. Hipótese

As técnicas construtivas baseadas em SUDS podem ser soluções eficazes para resolver os problemas de inundações e enchentes na Sub-Bacia do Córrego Santo Antônio, em Mogi Mirim.

2.2. Objetivo Geral

Analisar a situação atual e propor um sistema de drenagem sustentável num trecho urbano da microbacia do córrego Santo Antônio na cidade de Mogi Mirim, que apresenta problemas frequentes com inundações

2.3. Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral estão propostos os seguintes objetivos específicos:

- ✓ Caracterizar as condições de uso e ocupação do solo nas áreas do entorno do Córrego Santo Antônio em Mogi Mirim/SP;
- ✓ Avaliar quais os elementos do estudo são relevantes para a correta compreensão do problema de drenagem pluvial urbana existentes na área;
- ✓ Mapear as áreas de enchentes e discutir propostas de drenagem sustentável;
- ✓ Caracterizar e descrever os SUDS que podem ser aplicados no local;
- ✓ Propor soluções aplicáveis buscando atingir as metas do ODS 11 da ONU.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Evolução urbanística sobre o sistema de drenagem urbana (micro e macrodrenagem)

A evolução urbana traz consigo impactos inevitáveis ao meio ambiente. A utilização de espaços antes ocupados por matas, florestas, rios, lagos, causa alterações no ciclo hidrológico que podem ser maiores ou menores a depender das próprias escolhas humanas (PEREIRA, 2018). Quaisquer que sejam essas escolhas é certo que as edificações, a pavimentação de vias, a canalização de córregos para aumentar a área de ocupação de mais edificações e vias públicas alteram a capacidade do meio em reproduzir o ciclo hidrológico natural (LIVESLEY; McPHERSON; CALFAPIETRA, 2016). O aumento do volume de água em escoamento superficial, a redução da infiltração e da evapotranspiração, devido ao desmatamento, são fatores diretamente responsáveis pelos casos de enxurradas e inundações nas zonas urbanas (TUCCI, 2006).

Conforme o caderno de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais e Urbanas, disponibilizado pela FUNASA (2016, p. 16), o art. 3º da Lei 11.445/2007, define a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

Segundo a FUNASA (2016) é de acordo com a dimensão que se classifica o sistema de drenagem e de manejo de águas pluviais urbanas, sendo duas categorias: microdrenagem e macrodrenagem.

De acordo com Tucci (1997) para solucionar os problemas com o escoamento superficial em novos loteamentos ou até mesmo em áreas urbanizadas que não possuem nenhum tipo de infraestrutura para drenagem das águas pluviais, é implantado o controle por microdrenagem, que consiste, tradicionalmente, em drenar a área desenvolvida através de condutos pluviais até um coletor principal ou riacho urbano. Tucci (1997) cita ainda a importância de se considerar dados sobre plantas, ocupação urbana, características hidrológicas do corpo receptor e dados topográficos durante a elaboração de projetos de rede pluvial de microdrenagem, a fim de serem elaboradas redes de galerias capazes de suprir a necessidade urbanística da região.

Os elementos que compõem o sistema de microdrenagem estão representados no Quadro 1.

Quadro 1. Principais elementos da rede de microdrenagem

TERMINOLOGIA	DESCRIÇÃO
Galeria	Canalizações utilizadas para a condução das águas pluviais que adentram o sistema por meio das bocas-de-lobo e das ligações privadas.
Poços de visita	Dispositivos em pontos estratégicos do sistema de galerias para permitirem a inspeção e limpeza. Estes dispositivos devem ser posicionados, em média a cada 100m, ao longo do sistema, para facilitar a inspeção e limpeza, ou em pontos onde ocorre mudança de direção, declividade e/ou diâmetro das galerias.
Trecho	Porção da galeria situada entre dois poços de visita.
Bocas-de-lobo	Dispositivos localizados das sarjetas, em pontos estrategicamente localizados para a captação de águas pluviais. Podem ser do tipo: com grade de entrada, com grade lateral, com grade e entrada lateral e de fenda longitudinal.
Conduitos de ligação	Canalizações que conduzem as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para as caixas de ligação ou poços de visita à jusante
Caixas de ligação ou de passagem	Caixa de concreto ou alvenaria, sem tampão externo ou visitável no nível da rua.
Meios-fios	Estruturas dispostas entre o passeio e a via de rodagem, paralelas ao eixo da rua, cuja face superior posiciona-se no mesmo nível do passeio.
Sarjetas	Canais situados junto ao meio-fio e ao longo da via, que recebem as águas do escoamento superficial e as conduz para os locais de captação (bocas-de-lobo).
Sarjetões	Calhas localizadas nos cruzamentos de vias que conduzem o fluxo das águas na travessia de ruas transversais ou desviam o fluxo de um lado para outro da rua. Os sarjetões podem ser formados pela própria pavimentação ou de concreto.
Estruturas de dissipação de energia hidráulica	Devem ser utilizadas nas saídas das galerias em cursos d'água para evitar a erosão causada pela concentração do escoamento pluvial.
Conduitos forçados	Elementos que conduzem as águas pluviais sob pressão diferente da atmosférica.
Estações de Bombeamento	Equipamentos utilizados para conduzir as águas pluviais em locais onde o escoamento por gravidade não é possível.

Fonte: Adaptado de Bidone e Tucci (1995) e Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH) (2023).

A microdrenagem propõe a coleta e o afastamento de águas subterrâneas ou da superfície para pequenas e médias galerias, com diâmetros menores do que 1,5m (FUNASA, 2016).

O sistema de microdrenagem, segundo Silva (2016), fica responsável em coletar a água pluvial de redes primárias do território urbano e conduzir até o sistema de macrodrenagem.

Conforme Silva (2016) a macrodrenagem é a etapa final do percurso das águas captadas pela drenagem primária, despejando nos afluentes naturais como rios, lagos, córregos, entre

outros. Além da microdrenagem, o sistema de macrodrenagem inclui “as galerias de grande porte ($\varnothing > 1,5\text{m}$) e os corpos receptores tais como canais e rios canalizados” (FUNASA, 2016, p. 16). Dessa forma, a macrodrenagem pode abranger áreas superiores a 4 Km² (SILVA, 2016).

As obras de macrodrenagem objetivam otimizar as características hidráulicas do sistema de escoamento, caracterizando-se por conduzir as águas captadas pela microdrenagem, ou seja, “dando prosseguimento ao escoamento dos deflúvios oriundos das ruas, sarjetas, sarjetões, valas e galerias” e sendo responsáveis pela evasão do excesso de água do solo, segundo FUNASA, a ausência destes elementos de macrodrenagem é o principal motivo das enchentes. Os elementos que constituem o sistema de macrodrenagem estão descritos no Quadro 2.

Quadro 2. Elementos que compõem o sistema de macrodrenagem.

ELEMENTOS	DESCRIÇÃO
Galerias de grandes dimensões	Direcionam as águas captadas pelo sistema de microdrenagem, transportando-as até pontos de lançamento.
Canais artificiais	Referem-se a valas escavadas para a passagem das águas e que podem ou não serem revestidas.
Canais naturais	Possuem sua morfologia “controlada pela carga e descarga de água submetidas ao clima e à geologia da bacia hidrográfica”.
Reservatórios de detenção	Também conhecidos como piscinões, possuem a função de “regular a vazão de saída num valor desejado, de maneira a atenuar os efeitos a jusante da vazão de entrada”, podendo ser abertos ou fechados e em linha (ao longo do curso fluvial) ou fora de linha (fora do curso do canal fluvial).
Estruturas auxiliares de controle	Podem ser “dissipadores de energia, proteção de cortes e aterros, proteção contra erosões e assoreamento, travessias, estações de bombeamento, etc.”.

Fonte: Funasa (2016, p. 22-25).

Conforme Fanti (2022) em um projeto de drenagem é importante considerar a ocorrência de enchentes, tempestades, chuvas de granizo, secas etc. O autor destaca também a necessidade do cálculo de período de retorno ou tempo de retorno, o qual é descrito como a média do intervalo de tempo que um evento em específico ocorre novamente (igual ou superior) ao menos mais uma vez.

Segundo informações disponibilizadas pela Funasa (2016) para o sistema de microdrenagem, é recomendável o tempo de retorno de 5 a 10 anos e, para o sistema de macrodrenagem, é recomendável o tempo de retorno de 50 ou 100 anos. Além disso, “embora o período de retorno seja definido em esferas políticas, a ausência dessa definição não deverá ser impeditiva para o planejamento, pois a escolha do período de retorno ficará a critério exclusivo da área técnica” (FUNASA, 2016, p. 10). Por meio da Tabela 1 é possível observar

os tempos de retorno em função da área ocupada para obras de microdrenagem e macrodrenagem.

Tabela 1. Tempos de retorno em função da área ocupada.

TIPO DE OBRA	TIPO DE OCUPAÇÃO	TEMPO DE RETORNO (EM ANOS)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Edifícios de serviços públicos	2-5
Microdrenagem	Aeroportos	5-10
Macro drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50-100
Macro drenagem	Área de importância específica	500

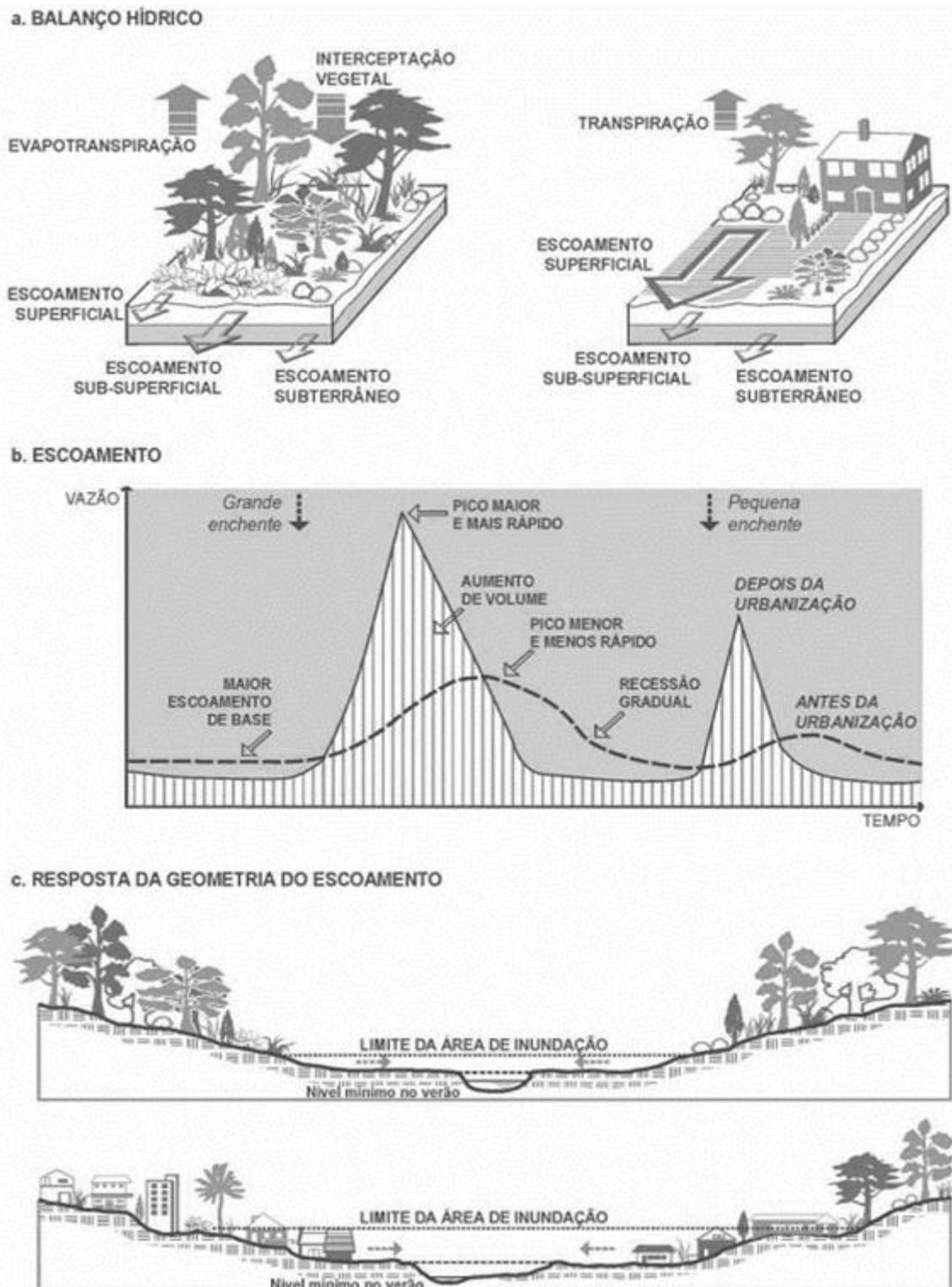
Fonte: Funasa (2016, p. 11).

3.2 Influência das áreas verdes no escoamento superficial urbano

Os principais benefícios ecossistêmicos proporcionados pelos espaços verdes urbanos incluem serviços de suporte, como formação do solo, fotossíntese e ciclagem de nutrientes; serviços de provisão, que englobam produtos tangíveis como alimentos, água e madeira; serviços reguladores, que oferecem benefícios na regulação das condições ambientais, controle do clima, gestão de doenças, tratamento de resíduos e qualidade da água; e serviços culturais, que abrangem benefícios recreativos, estéticos e espirituais. No ambiente urbano, destacam-se especialmente os serviços ecossistêmicos reguladores e culturais, devido à necessidade de purificação do ar, controle de ruídos, regulação térmica do microclima, drenagem de águas pluviais, tratamento de esgoto, áreas de recreação e as contribuições para a saúde mental e física da população. Entre os serviços reguladores, o armazenamento de carbono nas áreas arborizadas e a evapotranspiração são alguns dos principais serviços oferecidos pelos espaços verdes urbanos (TAVARES, 2021).

De acordo com Tucci (1997) os meios urbanos alteram a cobertura vegetal toda vez que se expandem e causam alterações no ciclo hidrológico natural da região afetada. Tucci (1997) afirma que a urbanização altera áreas que antes eram consideradas permeáveis, para pavimentos impermeáveis, sendo necessário introduzir sistemas de escoamento de águas pluviais, gerando desta forma alterações no ciclo da água (Figura 1).

Figura 1. Alterações no uso do solo por urbanização e efeitos sobre o ciclo da água e níveis de inundação.



Fonte: Governo do Estado do Paraná (2002, p.12).

Na Figura 1 vê-se a redução da infiltração da água no solo, sendo que o volume que deixa de infiltrar fica na superfície e isso aumenta o escoamento superficial (TUCCI, 1997). Além disso, como foram construídos condutos pluviais para o escoamento superficial,

tornando-o mais rápido, ocorre redução do tempo de deslocamento (TUCCI, 1997). Desta forma, as vazões máximas também aumentam, antecipando seus picos no tempo. Ainda sobre a Figura 1, Tucci (1997) diz que, com a redução da infiltração, o aquífero tende a diminuir o nível do lençol freático por falta de alimentação (principalmente quando a área urbana é muito extensa), reduzindo o escoamento subterrâneo. As redes de abastecimento e cloacal possuem vazamentos que podem alimentar os aquíferos, tendo efeito inverso do mencionado (TUCCI, 1997).

Devido à substituição da cobertura natural ocorre uma redução da evapotranspiração, já que a superfície urbana não retém água como a cobertura vegetal e não permite a evapotranspiração das folhagens e do solo (TUCCI, 1997).

Conforme Tucci e Clarke (1997) as áreas verdes são fundamentais para o balanço de energia e para fluxo hídrico de uma região. A área verde pode ser caracterizada como qualquer área de vegetação com solo permeável (HIJIOKA *et al.*, 2007). Tucci e Clarke (1997) explicam que uma parte da chuva é absorvida pela vegetação, dessa forma quanto maior o tamanho da área verde, maior será o volume de retenção de precipitação. A ocupação de áreas urbanas, sem o cuidado devido com o sistema de drenagem natural de água, acaba por contribuir com problemas frequentes de enchentes em áreas urbanas (ALVES, 2015). Tais enchentes, em geral, ocorrem devido à impermeabilização das margens dos corpos hídricos urbanos, áreas estas que serviriam para o amortecimento natural das cheias (ALVES, 2015).

A porção de chuva que irá escoar superficialmente ou infiltrar dependerá da capacidade de infiltração do solo, a qual está sujeita a diversas condições, como o tipo do solo, o seu uso e suas características de cobertura e de umidade. Tucci e Clarke (1997) afirmam que solos expostos à ação de compactação, como estradas e caminhos percorridos por gado, possuem menor capacidade de escoamento.

Tucci (2003) estabelece que o desenvolvimento urbano provoca grandes impactos na capacidade de infiltração do solo. No entanto, a presença de áreas verdes, compostas por vegetações rasteiras, arbustos e árvores, em meio urbano interfere diretamente no escoamento superficial pelo processo de interceptação (ALVES, 2015). A interceptação, segundo Arcova, Cicco e Rocha (2003), é o processo pelo qual as árvores recebem as águas da chuva, retendo parte pela cobertura vegetal e logo sendo evaporada para a atmosfera. A parte remanescente alcança o solo por gotejamento, por precipitação interna ou pelo transporte por meio do tronco das árvores (ARCOVA; CICCO; ROCHA, 2003).

Conforme Alves (2015) as florestas urbanas atuam de modo a interceptar e captar a chuva, influenciando desta forma na distribuição de água na superfície do solo. As áreas verdes

em espaços urbanos interceptam considerável volume de água, de modo a aumentar a quantidade que efetivamente chega ao solo, o que consequentemente reduz o fluxo de água corrente em redes de drenagem e de escoamento urbano, contribuindo desta forma para a diminuição de casos de enchentes e inundações nas cidades (ALVES, 2015).

3.3 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), conforme documento disponibilizado pelo GT Agenda 2030 (2015), foram estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) para compor uma nova agenda de desenvolvimento sustentável, substituindo os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, que foram revistos em 2015. Conforme esse documento, os ODS foram estruturados em setembro de 2015, quando os 193 Estados-membros da ONU aderiram a 17 objetivos (Figura 2). Nestes objetivos estão listadas 169 metas a serem atingidas até 2030, como compromisso de erradicar a pobreza, a desigualdade, a injustiça e combater as mudanças climáticas (GT AGENDA 2030, 2015).

Figura 2. Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 da ONU.



Fonte: GT Agenda 2030 (2015).

Segundo o documento da GT Agenda 2030 (2015), o ODS 11 diz respeito a Cidades mais inclusivas, seguras, sustentáveis e resilientes a desastres ou a eventos incomuns, conhecido como ODS das cidades (GT AGENDA 2030, 2015). O Quadro 3 descreve as metas do ODS 11

e, em destaque, as metas relacionadas às questões de infraestrutura verde e sua adaptação para o compromisso brasileiro.

Quadro 3. Metas do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11.

ITENS	META
11.1	Até 2030, garantir o acesso a todos uma habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas.
11.2	Até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos.
11.3	Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países.
11.4	Fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo.
11.5	Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e substancialmente diminuir as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao PIB global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade.
Meta Brasil	Até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por desastres naturais de origem hidrometeorológica e climatológica, bem como diminuir substancialmente o número de pessoas residentes em áreas de risco e as perdas econômicas diretas causadas por esses desastres em relação ao produto interno bruto, com especial atenção na proteção de pessoas de baixa renda e em situação de vulnerabilidade. Indicador: Número de mortes, pessoas desaparecidas e pessoas diretamente afetadas atribuído a desastres por cem mil habitantes (https://www.ipea.gov.br/ods/ods11.html).
11.6	Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros.
11.7	Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, aos espaços públicos verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência.
Meta Brasil	Até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, em particular para as mulheres, crianças e adolescentes, pessoas idosas e pessoas com deficiência, e demais grupos em situação de vulnerabilidade. Indicador: 11.7.1 - Proporção da área construída cidades que é espaço público aberto para uso de todos, por sexo, idade e pessoas com deficiência.
11.a	Apoiar relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, periurbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional de desenvolvimento.
11.b	Até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às alterações climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o “ <i>Sendai Framework</i> ” para a redução do risco de desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis.
Meta Brasil	Até 2030, aumentar significativamente o número de cidades que possuem políticas e planos desenvolvidos e implementados para mitigação, adaptação e resiliência a mudanças climáticas e gestão integrada de riscos de desastres de acordo com o Marco de SENDAI. Indicador: 11.b.2 - Proporção de governos locais que adotam e implementam estratégias locais de redução de risco de desastres em linha com as estratégias nacionais de redução de risco de desastres.
11.c	Apoiar os países menos desenvolvidos, inclusive por meio de assistência técnica e financeira, para construções sustentáveis e resilientes, utilizando materiais locais.

Fonte: GT Agenda 2030 (2015).

Observando as metas entende-se que as técnicas compensatórias de drenagem urbana sustentável podem apresentar-se como ferramenta de auxílio para alcançá-las.

Conforme Rodrigues (2020, p. 20) as técnicas compensatórias de drenagem são, geralmente, “estruturas implantadas na superfície, de pequena profundidade, cujo objetivo é reduzir a formação do escoamento superficial pelo favorecimento da infiltração”.

Para Oliveira (2021, p. 16) técnicas compensatórias de drenagem urbana sustentável buscam “corrigir e prevenir os problemas causados pelas inundações mediante o controle das águas pluviais na fonte”, tais práticas, segundo Oliveira (2021) objetivam seguir as metas estabelecidas pelo ODS.

O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 13 é dedicado à "Ação contra a mudança global do clima". Este ODS reconhece a urgência de enfrentar as mudanças climáticas e seus impactos, bem como a necessidade de promover a resiliência e a adaptação a essas mudanças. A meta específica relacionada ao ODS 13 é a 13.1, que trata da ampliação da resiliência e capacidade adaptativa a riscos e impactos resultantes da mudança do clima e de desastres naturais (GT AGENDA 2030, 2015).

A meta 13.1, adaptada para o Brasil, visa fortalecer a capacidade do país em lidar com os efeitos adversos das mudanças climáticas e eventos climáticos extremos. Isso inclui medidas para prevenir e reduzir os riscos associados a desastres naturais e garantir uma resposta eficaz quando esses eventos ocorrem, seguem abaixo os seus indicadores (GT AGENDA 2030, 2015).

13.1.1 - Número de mortes, pessoas desaparecidas e pessoas diretamente afetadas atribuído a desastres por 100 mil habitantes.

13.1.2 - Número de países que adotam e implementam estratégias nacionais de redução de risco de desastres em linha com o Quadro de Sendai para a Redução de Risco de Desastres 2015-2030.

13.1.3 - Proporção de governos locais que adotam e implementam estratégias locais de redução de risco de desastres em linha com as estratégias nacionais de redução de risco de desastres.

Para alcançar a meta 13.1, o Brasil pode adotar uma série de estratégias e ações, tais como:

Elaboração de Planos de Adaptação: Desenvolver e implementar planos de adaptação que identifiquem áreas vulneráveis, setores sensíveis e estratégias específicas para enfrentar os impactos das mudanças climáticas (GT AGENDA 2030, 2015).

Fortalecimento da Infraestrutura Resiliente: Investir em infraestrutura que seja mais resistente aos eventos climáticos extremos, como inundações, tempestades e secas (GT AGENDA 2030, 2015).

Promoção da Agricultura Sustentável: Implementar práticas agrícolas sustentáveis que sejam adaptadas às condições climáticas locais, reduzindo a vulnerabilidade dos agricultores aos efeitos das mudanças no clima (GT AGENDA 2030, 2015).

Educação e Conscientização: Desenvolver programas educativos para aumentar a conscientização sobre as mudanças climáticas e promover a adoção de comportamentos e práticas mais sustentáveis (GT AGENDA 2030, 2015).

Fortalecimento de Sistemas de Alerta: Estabelecer sistemas de alerta precoce eficazes para avisar as comunidades sobre eventos climáticos extremos iminentes, permitindo uma evacuação adequada e a preparação para enfrentar essas situações.

A adaptação eficaz às mudanças climáticas é fundamental para garantir a sustentabilidade e a resiliência das comunidades, especialmente em um contexto de aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos. A implementação dessas medidas contribuirá não apenas para alcançar o ODS 13, mas também para promover o desenvolvimento sustentável e a segurança das populações em face dos desafios climáticos (GT AGENDA 2030, 2015).

3.4 Dispositivos de drenagem urbana sustentável

Já é de amplo conhecimento da população que a drenagem urbana sustentável ainda não é uma realidade no Brasil, porém observa-se que é um assunto que vem sendo debatido frequentemente. O escoamento das águas superficiais em harmonia com os valores da sustentabilidade é apontado por Woods-Ballard *et al.* (2007) como parâmetro de sustentabilidade, em que do ponto de vista dos processos de tomada de decisões, tanto os custos ambientais quanto as questões econômicas e sociais devem ser levados em consideração.

O sistema de drenagem de águas superficiais busca reduzir a coleta e percurso do escoamento com pequenas e discretas unidades de controle de águas pluviais instaladas em todo território urbano, com uma mescla de elementos semelhantes com a paisagem natural implantado no meio urbano. Com o principal objetivo de minimizar as consequências da urbanização de frente a situação do escoamento superficial, priorizando ao mesmo tempo melhorias e a ecodiversidade (GONÇALVES; NUCCI, 2017).

Neste modelo, pode-se citar técnicas construtivas de infraestrutura sustentável em espaços urbanos e sistemas viários como (SOLERA, 2020)

Pavimentos permeáveis e semipermeáveis, asfálticos ou de concreto, que permitem a infiltração da água da chuva e, com isso, o amortecimento de picos de cheia na bacia hidrográfica;

- Biovaletas - Jardins lineares em cotas mais baixas ao longo de vias e estacionamentos;
- Jardins de chuva - Áreas em cotas mais baixas que recebem as águas da chuva de superfícies impermeáveis adjacentes;

Curbextension – Jardins de chuva, porém com dimensões menores, localizados em cotas mais baixas, e que podem ser projetados junto às vias para receber as águas do escoamento superficial de áreas impermeáveis (MARUYAMA, 2016).

Segundo Machado (2022) há ainda diversas técnicas construtivas de infraestrutura verde que podem ser implantadas no meio urbano pela gestão pública municipal. Os Quadros 4 a 6 destacam as vantagens e desvantagens das técnicas de drenagem urbana.

Quadro 4. Técnicas de drenagem urbana sustentável relacionadas aos espaços verdes urbanos.

Técnicas	Descrição	Aplicação	Limitações	Vantagens
Áreas Verdes Urbanas	Conjunto de áreas intraurbanas com cobertura vegetal arbórea nativa e introduzida, arbustiva ou rasteira contribuindo para a qualidade de vida e equilíbrio ambiental nas cidades.	Áreas públicas não edificadas.	Não identificada.	Melhoria do microclima e da qualidade do ar; Proteção do solo e corpos d'água; Atenuação do desequilíbrio climático; Refúgio para a vida silvestre; Qualidade de vida; Equilíbrio ambiental.
Espaços Naturais Protegidos	Unidades de Conservação (UC) asseguram a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, <i>habitats</i> e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológico existente.	Áreas públicas não edificadas.	Restrição da expansão urbana.	Proteção dos ecossistemas e biodiversidade; Regulação do microclima; Qualidade de vida; Equilíbrio ambiental; Turismo sustentável; Proteção de belezas naturais; Educação ambiental.
Cinturão Verde (greenbelt)	Espaços territorialmente demarcados com a função de conservar e/ou preservar os recursos naturais e/ou culturais a eles associados, utilizados como estrutura para o desenvolvimento e preservação de ecossistemas naturais.	Nas cidades.	Compatibilizar a manutenção do <i>habitat</i> com a agricultura.	Melhoria da qualidade do ar; Qualidade de vida; Manutenção do microclima da região e da diversidade genética; Educação ambiental.
Corredores Verdes Urbanos	Espaços livres lineares servindo como conexão entre fragmentos e que integram equipamentos e outras áreas com funções importantes para a cidade.	Espaços livres para recreação.	Restrição da expansão urbana.	Conexão de fragmentos de vegetação; Melhoria do microclima; Manutenção da biodiversidade; Proteção dos cursos d'água.

Fonte: Adaptado de Solera, (2020) e FGV EAESP, (2022)

Quadro 5. Técnicas de drenagem urbana sustentável relacionadas aos espaços verdes urbanos.

Técnicas	Descrição	Aplicação	Limitações	Vantagens
Ruas Verdes / Caminhos Verdes	Ruas arborizadas que integram o manejo das águas pluviais compostas por canteiros pluviais; circulação viária mais restrita; preferência para pedestres e ciclistas e sem circulação de veículos pesados.	Nas ruas das cidades.	Necessidade de calçada com espaço adequado para plantio de árvores.	Conexão para avifauna e microfauna; Amenização do clima; Limitação do tráfego de veículos pesados; Redução da carga difusa.
Vias de Uso Múltiplo / Ruas Completas	Vias que conciliam a arborização urbana com diversos usos: veículos, pedestres, ciclovias; paradas de ônibus; mobiliário urbano; bancos, áreas com mesas de bares e restaurantes, bancas de jornal.	Nas vias das cidades.	Não identificada.	Conciliação de diversos usos como veículos, pedestres e ciclovias seguras.
Agricultura Urbana / Hortas Comunitárias	Hortas comunitárias ou particulares onde se realizam cultivos, idealmente sem agrotóxicos, em espaços residuais, áreas não ocupadas, fachadas e tetos verdes podendo ser de diferentes tamanhos.	Espaços residuais; áreas não ocupadas; Fachadas.	Não identificada.	Socialização, educação e geração de renda monetária e não monetária.

Fonte: Adaptado de Solera, (2020) e FGV EAESP, (2022)

Segundo Bargas e Matias (2011) existe uma falta de consenso com relação ao uso da nomenclatura área verde urbana. Os autores afirmam que os termos “área verde”, espaço ou área livre, arborização urbana e verde urbano, geralmente, são usados, no meio acadêmico, como sinônimos de vegetação intraurbana. No entanto, os mesmos autores consideram que esses termos não possuem o mesmo significado. Com isso, surge uma dificuldade em mapear e categorizar as áreas verdes (BARGOS; MATIAS, 2011). A Figura 3 mostra um exemplo de área verde urbana.

Figura 3. Parque em Freiburg, Alemanha.

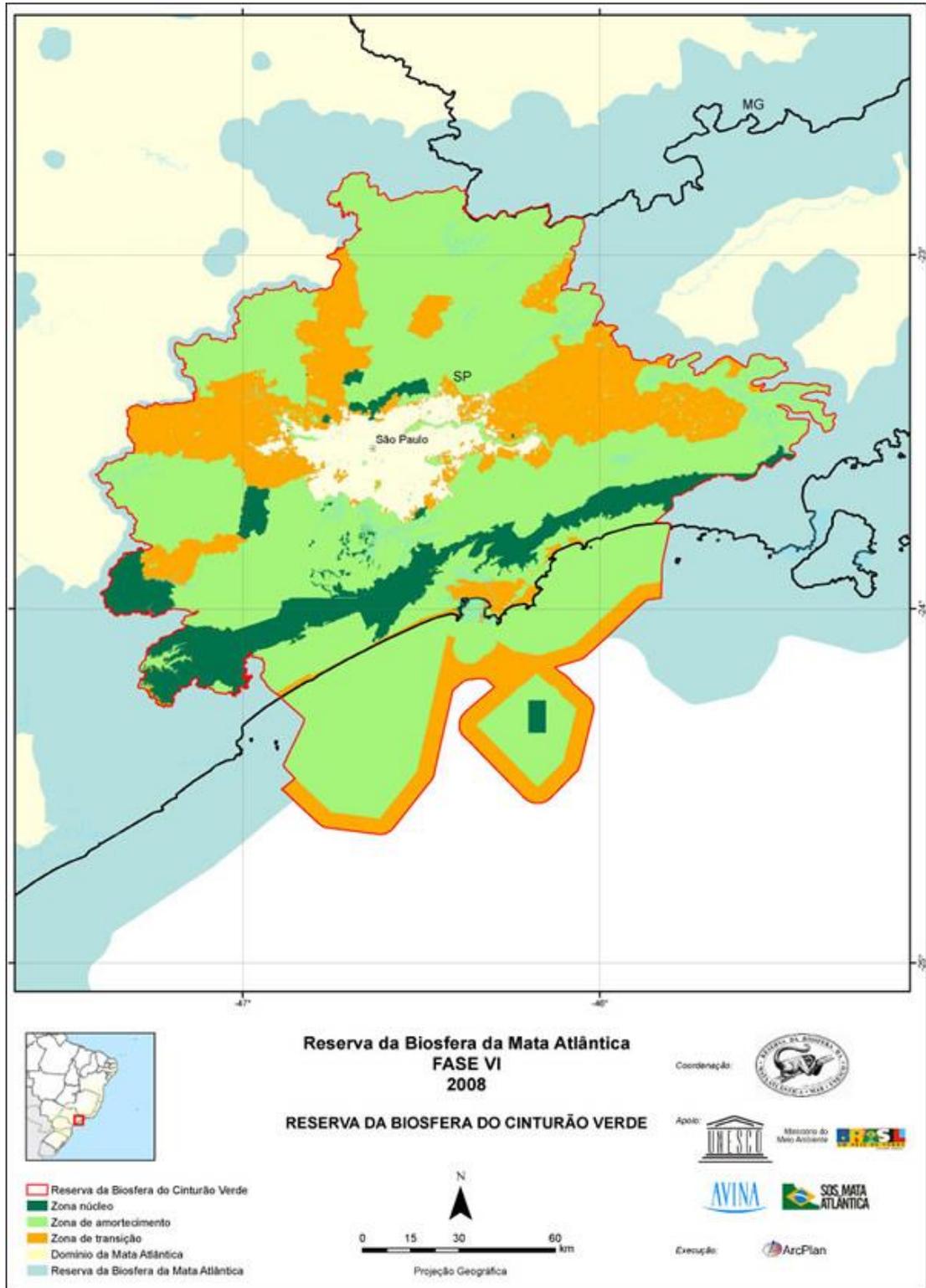


Fonte: Herzog (2013, p.170).

Quanto aos espaços naturais protegidos, Castro e Martins (2011) destacam a sua importância na manutenção dos sistemas ecológicos, na preservação de áreas ricas em espécies e de áreas com espécies silvestres, tendo relevância a investigação científica e a educação ambiental sobre o tema. Além disso, os mesmos autores complementam sobre a possibilidade de atividades turísticas nesses locais, as quais podem contribuir para o desenvolvimento sustentável, tanto no sentido da conscientização ambiental quanto em arrecadamento de verbas e mão de obra em prol da preservação destas áreas.

Ainda sobre as áreas verdes têm-se também os chamados cinturões verdes, que são áreas de preservação responsáveis pela qualidade de vida dos habitantes de seu entorno, pois abrigam os mananciais que abastecem os rios que cortam a área urbana, estabilizam o clima e auxiliam na filtragem do ar poluído (GLOBO, 2011). Por exemplo, na cidade de São Paulo, o cinturão verde foi declarado Reserva da Biosfera e é responsável pela qualidade de vida da metrópole (MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA, 2023). A Figura 4 mostra o mapa da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da cidade de São Paulo.

Figura 4. Croqui da Reserva da Biosfera do Cinturão Verde da cidade de São Paulo.



Fonte: https://www.rbma.org.br/rbma/rbma_fase_vi_07_rbcv.asp

Leite (2012) descreve os corredores verdes urbanos como sendo elementos lineares para a conexão entre um trecho de vegetação e outro e que auxiliam em funções básicas para o meio urbano, sendo elas: manutenção da biodiversidade (auxiliam na movimentação e na disseminação de animais), proteção dos cursos d'água (preservam a qualidade da água e recuperam trechos destinados à drenagem) e desenvolvimento de espaços para recreação e cultura (atuam como locais de lazer e facilitam o uso de transportes alternativos não poluentes). A Figura 5 mostra um exemplo de corredor verde urbano ao longo de nove quilômetros cortando a cidade de Freiburg na Alemanha.

Figura 5. Corredor verde ao longo do rio principal da cidade de Freiburg, Alemanha.



Fonte: Herzog (2013, p. 170).

Conforme Herzog (2013, p. 167), ruas verdes devem ser incorporadas a “um projeto sistêmico, multifuncional e estético adequado à paisagem local”, abrangendo a bacia de drenagem e integrando o manejo de águas pluviais por meio de canteiros pluviais. A autora acrescenta que em ruas verdes a circulação é limitada, dando preferência a ciclistas e pedestres. Além disso, “conectam avifauna e insetos entre fragmentos de vegetação, parques e praças; amenizam o clima; estimulam a circulação de baixo impacto; valorizam a área; e facilitam a educação ambiental” (HERZOG, 2013, p. 168). A Figura 6 mostra um exemplo de corredor verde urbano.

Figura 6. Rua verde com prioridade para pedestres e bicicletas em Freiburg, Alemanha.



Fonte: Herzog (2013, p. 168).

Quanto a vias de uso múltiplo (ruas completas), Herzog (2013, p. 169) descreve que essas vias devem estar adequadas aos “processos naturais, como drenagem das águas pluviais, biodiversidade, amenização das ilhas de calor e sombreamento para os usuários”. O mesmo autor afirma que é necessário conter nessas vias arborização abundante de diversos tipos, como biovaletas, interseções viárias e canteiros pluviais, e priorização para pedestres e ciclistas. A Figura 7 mostra um exemplo de via de uso múltiplo.

Figura 7. Via de uso múltiplo em Barcelona, Espanha.



Fonte: Herzog (2013, p. 169).

A agricultura urbana, segundo Herzog (2013), está inserida no contexto de cidades ecológicas, as quais são autossustentáveis em gerar boa parte dos alimentos que consomem. O

mesmo autor usa o exemplo de Cuba, a qual, após a queda da União Soviética, ficou isolada economicamente pelos Estados Unidos e acredita-se que o país entraria em crise de alimentos. No entanto, com o incentivo do governo ao cultivo de alimentos, o oposto do que era pensado ocorreu e o país conseguiu gerar mais de 200 mil empregos (HERZOG, 2013). A Figura 8 mostra um exemplo de agricultura urbana.

Figura 8. Área de cultivo no *Victory Gardens*, Boston, arrendada por moradores.



Fonte: Herzog (2013, p. 140).

Hortas urbanas são espaços produtivos que congregam uma diversidade de conhecimentos, promovendo convivência e integração na comunidade. Além de reconfigurar a paisagem, essas hortas geram novas funções sociais para o espaço, promovendo sustentabilidade e soberania alimentar no território por meio do engajamento da comunidade.

Objetivos do Programa Hortas Urbanas:

- ✓ Fortalecer a segurança alimentar da população, expandindo as áreas produtivas na cidade.
- ✓ Proporcionar alternativas de renda para a população e fomentar o desenvolvimento local.
- ✓ Estimular a economia solidária e práticas comunitárias em espaços públicos, fortalecendo laços de vizinhança.
- ✓ Aprimorar a qualidade ambiental e paisagística dos espaços públicos.
- ✓ Aproveitar áreas públicas subutilizadas, promovendo a função social da cidade e garantindo o bem-estar dos habitantes por meio da experiência de cultivo da terra.

- ✓ Contribuir para a educação ambiental e nutricional da população, capacitando crianças e adolescentes como agentes de transformação para um mundo sustentável.
- ✓ Apoiar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estabelecidos pela Organização das Nações Unidas na Agenda 2030.

Benefícios Individuais:

- ✓ Renda direta (comercialização) e indireta (autoconsumo).
- ✓ Melhoria dos hábitos alimentares e qualidade da alimentação.

Benefícios Sociais:

- ✓ Fortalecimento dos vínculos afetivos e solidários na comunidade.
- ✓ Valorização, pela comunidade, de alimentos frescos.
- ✓ Estímulo ao mercado local.
- ✓ Geração de emprego e renda.

Benefícios Ambientais:

- ✓ Aprimoramento da paisagem urbana.
- ✓ Conservação do solo.
- ✓ Recuperação de áreas degradadas.
- ✓ Contribuição para a cadeia de carbono.

Implantação das Hortas Urbanas:

- ✓ Em áreas particulares, mediante Certidão de Uso de Solo autorizando a atividade.
- ✓ Em áreas públicas, por meio de cessão de uso de solo concedida pelo Poder Público, de forma precária e não onerosa, sujeita à aprovação no curso de formação.
- ✓ (PREFEITURA MUNICIPAL DE JUNDIAÍ. PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE, 2023).

Nas Figuras 9 e 10 representam a implantação de uma horta comunitária implantada no município de Jundiaí – SP.

Figura 9. Horta Urbana desenvolvida por moradores, como apoio da Prefeitura de Jundiaí.



Fonte: Prefeitura Municipal de Jundiaí (2023).

Figura 10. Horta Urbana desenvolvida por moradores, como apoio da Prefeitura de Jundiaí.



Fonte: Prefeitura Municipal de Jundiaí (2023).

O Quadro 6 apresenta técnicas de drenagem urbana sustentável relacionadas ao manejo das águas pluviais.

Quadro 6. Técnicas de drenagem urbana sustentável relacionadas ao manejo das águas pluviais.

Técnicas	Descrição	Aplicação	Limitações	Vantagens
Lagoa Pluvial /Bacia de Retenção	Lagoas que funcionam como bacias de retenção recebendo o escoamento superficial de outros sistemas, onde a água pluvial permanece retida na estrutura, como se fosse um alagado construído, porém não destinado a receber efluentes.	Grandes áreas abertas.	Necessidade de grandes áreas.	Armazenamento de grandes quantidades de água; Recuperação da qualidade da água; Cooperação com o <i>habitat</i> .
Alagado Construído / Wetland	Superfície vegetada coberta por água formada por zona de entrada: bacia de sedimentação para remover sedimentos grossos e médios; zona macrófita: área rasa com vegetação para remover partículas finas e poluentes solúveis; e canal de “ <i>bypass</i> ”: alto fluxo para proteger a zona de macrófitas.	Ambientes urbanos.	Não identificada.	Purificação das águas pluviais; Promoção da retenção/remoção de contaminantes.
Lagoa Seca	Depressão vegetada que recebe as águas das chuvas contribuindo para diminuir o escoamento superficial, retardando a entrada das águas no sistema de drenagem e possibilitando a infiltração com a recarga de aquíferos.	Vias urbanas; rios; Parques lineares; Jardins públicos e privados.	Não identificada.	Redução do escoamento superficial; quando seca, possibilita o uso para recreação.
Canteiro Pluvial	Jardins de chuva compactados para pequenos espaços auxiliando no processo de evaporação, evapotranspiração e infiltração.	Vias urbanas próximas ao meio fio; Edifícios.	Risco de contaminar o solo; Risco de contaminar o lençol freático.	Purificação das águas pluviais; Redução do escoamento superficial e de ilhas de calor; Promoção da biodiversidade; Captura de CO ₂ .

Fonte: Adaptado de Solera (2020).

Os lagos pluviais, segundo Herzog (2013) têm a capacidade de evitar enchentes e de acomodar o excedente de água da chuva, além de conseguirem aliviar o sistema de águas pluviais, contribuírem na descontaminação de águas poluídas e viabilizarem a infiltração da água e assim o abastecimento dos aquíferos. Podem, ainda, substituir os chamados ‘piscinões’, usados em projetos de drenagem. A Figura 11 mostra um exemplo de lagoa pluvial (bacia de retenção).

Figura 11. Lagoa (bacia) de retenção em área de novo desenvolvimento em Montpellier, França.



Fonte: Herzog (2013, p. 163).

Os alagados construídos (*wetlands*) são locais alagados pela água da chuva e que têm a capacidade de retenção e remoção de agentes contaminantes (HERZOG, 2013). Conforme Salatti (2003, p. 113), “as características e as propriedades desses ecossistemas variam grandemente dependendo da geologia, da geomorfologia e dos solos da área considerada, bem como das condições climáticas”. Devem ser alocados em locais apropriados para a acomodação da chuva e a filtragem da poluição difusa (HERZOG, 2013). A Figura 12 mostra um exemplo de local com um alagado construído para tratar as águas do Sena e ao mesmo tempo, criar espaços para acomodação do excesso de águas em eventos climáticos extremos, dentro do imenso parque Chémim d’Île, em Nanterre, na região metropolitana de Paris.

Figura 12. Alagado construído no parque Chémim d'Île, em Nanterre - Região metropolitana de Paris.



Fonte: Herzog (2013, p. 158).

Herzog (2013) descreve as lagoas secas ou bacias de detenção como sendo depressões com vegetação e/ou permeabilidade que, durante as chuvas, são capazes de desacelerar o fluxo de água no sistema de drenagem, o que possibilita a infiltração para manutenção de aquíferos. Quando não há presença de chuva, as lagoas secas podem ser utilizadas para lazer e recreação (HERZOG, 2013). A Figura 13 mostra um exemplo de lagoa seca sendo usada como campo de futebol.

Figura 13. Campo de futebol que acomoda as águas em tempos de chuva forte.



Fonte: Herzog (2013, p. 163).

Canteiros pluviais são, segundo Vasconcellos (2011) projetados em ruas ou edifícios a fim de receber o fluxo d'água do escoamento superficial de zonas impermeáveis e possui funções hídricas de purificação e detenção. A Figura 14 mostra um exemplo de canteiro pluvial no bairro de WhiereÖst, em Freiburg, na Alemanha.

Figura 14. Canteiro pluvial no bairro de WhiereÖst, Freiburg - Alemanha.



Fonte: Herzog (2013, p. 161).

Nos Quadros 7 e 8 são apresentadas outras técnicas de drenagem urbana sustentável.

Quadro 7. Outras técnicas de drenagem urbana sustentável.

Técnicas	Descrição	Aplicação	Limitações	Vantagens
Jardim de Chuva	Depressões topográficas existentes ou reafeiçoadas para receberem o escoamento da água pluvial proveniente de telhados e demais áreas impermeáveis limítrofes.	Necessidade de grandes espaços para implantação.	Risco de contaminar o solo; Risco de contaminar o lençol freático.	Purificação das águas pluviais; Manutenção da biodiversidade; Redução de ilhas de calor; Captura de CO ₂ ; Redução do escoamento superficial.
Biovaleta	Depressões lineares com vegetação, solo e elementos filtrantes para promover a filtração de poluentes e a infiltração da água, podendo ou não direcionar a água para um outro sistema como o jardim de chuva.	Vias urbanas próximas ao meio fio; Estacionamentos.	Não recomendada para áreas densamente urbanizadas.	Redução do escoamento Superficial; Reposição do lençol freático; Elemento estético.

Fonte: Adaptado de Solera (2020).

Quadro 8. Outras técnicas de drenagem urbana sustentável.

Técnicas	Descrição	Aplicação	Limitações	Vantagens
Bioengenharia de Solos	Tecnologia utilizada para estabilizar e/ou recompor ambientes em diferentes contextos de degradação – encostas e ambientes fluviais, combinando vegetação com materiais inertes, com ganhos ecológicos, estéticos e econômicos.	Taludes, encostas e ambientes fluviais degradados.	Necessidade de obra Especializada; Limitação no período de dormência das sementes; Disponibilidade de espécies adaptadas às condições locais.	Aumento da estabilidade de encosta; Melhoria do regime hídrico do solo; Criação e provisão de <i>habitats</i> .
Pavimento Permeável	Pavimentos que permitem a infiltração da água das chuvas por não possuir agregados miúdos em sua composição.	Calçadas; Estacionamentos; Quintais residenciais; Espaços públicos de lazer.	Risco de contaminar o lençol freático.	Redução do escoamento Superficial; Recarga do lençol freático; Filtragem de alguns poluentes; Redução de acúmulo de água da chuva.
Interseção Viária	Ilhas de distribuição de trânsito viário com áreas vegetadas em seu interior.	Vias urbanas.	Não identificada.	Organização viária; Coleta de água das chuvas; Aumento da biodiversidade; Criação e provisão de <i>habitats</i> ; Amenização do microclima; Melhoria do visual estético.

Fonte: Adaptado de Solera (2020).

Melo *et. al* (2014) afirmam que os jardins de chuva são baseados no sistema de biorretenção e funcionam como mecanismo para compensação de áreas impermeáveis. Os autores descrevem que os sistemas de biorretenção são instalados em áreas escavadas, preenchidos com material granular de alta permeabilidade e material orgânico, beneficiando, assim, as principais funções do sistema: retenção, filtração e infiltração (MELO *et. al*. 2014).

As Figuras 15 e 16 mostram um exemplo de jardim de chuva integrado a uma rede de drenagem naturalizada, que termina em diques vegetados mais abaixo, em Wiehre, Freiburg, Alemanha.

Figura 15. Jardim de chuva integrado (Wiehre, Freiburg, Alemanha).



Fonte: Herzog (2013, p. 160).

Figura 16. Jardim de chuva integrado (Wiehre, Freiburg, Alemanha).



Fonte: Prefeitura Municipal de Jundiaí (2023).

As biovaletas ou valetas de biorretenção vegetadas, segundo Cormier e Pellegrino (2008), são semelhantes aos jardins de chuva, pois também têm a capacidade de promover a infiltração das águas da chuva. Herzog (2013, p. 159) afirma que as biovaletas “recebem as águas de ruas (caixas de rolamento) e calçadas contaminadas por resíduos de óleos, borracha de pneus, partículas de poluição, excrementos de animais e demais detritos”. Cormier e Pellegrino (2008) acrescentam que, apesar dos jardins de chuva serem os maiores responsáveis

pelo trabalho de infiltração no solo, as biovaletas contribuem significativamente na filtragem de agentes poluentes transportados pelo escoamento superficial. A Figura 17 mostra um exemplo de biovaleta.

Figura 17. Biovaleta em Wageningen, Holanda.



Fonte: Herzog (2013, p. 160).

Segundo Herzog (2013) as bioengenharias são uma opção para substituir técnicas tradicionais de engenharia monofuncionais no controle de encostas. São de fácil implementação, custo baixo e corretas do ponto de vista ecológico (SUTILI; DURLO; BRESSAN, 2004). Herzog (2013) acrescenta que várias técnicas podem ser utilizadas na bioengenharia, com o auxílio de troncos finos e flexíveis, bambu, pedras, pneus, etc. A Figura 18 mostra um exemplo do uso da técnica de bioengenharia.

Figura 18. Técnica de bioengenharia para contenção de encostas em estrada ao sul de Berlim, Alemanha.



Fonte: Herzog (2013, p. 159).

Pavimentos permeáveis ou porosos podem ser encontrados de diversas formas, como: “asfalto poroso; concreto permeável; materiais de demolição granulados, como brita em várias cores e textura; blocos intertravados; brita e pedriscos; entre outros” (HERZOG, 2013, p. 165). Conforme Araújo, Tucci e Goldenfum (2000), os pavimentos permeáveis são compostos por uma camada de agregado fino ou médio e por uma camada de agregado mais graúdo, além da camada do pavimento. A Figura 19 mostra um exemplo do uso do pavimento permeável.

Figura 19. Pavimento permeável no estacionamento do Teatro da Ópera de Bayreuth, Alemanha.



Fonte: Herzog (2013, p. 165).

As interseções viárias, com áreas de vegetação ou de permeabilidade, podem ser utilizadas para diversos fins, dentre elas: infiltração da água da chuva, plantio de espécies vegetais, melhoria do clima, da estética do local e do trânsito, proporcionando maior segurança a pedestres e ciclistas (HERZOG, 2009). A Figura 20 mostra um exemplo do uso de uma interseção viária.

Figura 20. Interseção viária em rotatória vegetada, multifuncional (Alemanha).



Fonte: Herzog (2013, p. 162).

Conforme os Quadros de 4 a 8 é notável a diversidade de técnicas construtivas que podem ser aplicadas para amenizar os problemas causados pelas águas pluviais nas cidades. Tais técnicas podem ser aplicadas no meio urbano na forma de microdrenagem e macrodrenagem. Quando se trata de infraestrutura urbana para um município, o gestor público não analisa apenas o sistema que melhor atende aquela região, mas analisa também a melhor relação custo-benefício. Cada técnica citada acima tem uma ou mais características diferentes, fazendo com que a sua aplicabilidade só se define com uma análise individual de cada caso.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: SUB-BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO SANTO ANTÔNIO

Localizada a leste do Estado de São Paulo, Mogi Mirim está 611 metros acima do nível do mar. A temperatura anual varia entre 18°C e 28°C. O território de Mogi Mirim totaliza 497,71 Km² (IBGE, 2022). Pelo censo demográfico do IBGE de 2022, a população era de 92.558 habitantes e a densidade demográfica era de 185,97 habitantes por quilômetro quadrado (<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/mogi-mirim/panorama>). Pelo Município passam três rodovias, a Rodovia Adhemar Pereira de Barros (SP-340) que liga Mogi Mirim a Campinas, São Paulo e Porto de Santos; a Rodovia José Tosello (SP-147), que liga o município à Itapira e com o Sul de Minas Gerais e por último a Rodovia Wilson Finardi (SP-191) que faz ligação com os municípios de Conchal e Araras (ARQUIVOS PREFEITURA DE MOGI MIRIM, 2022).

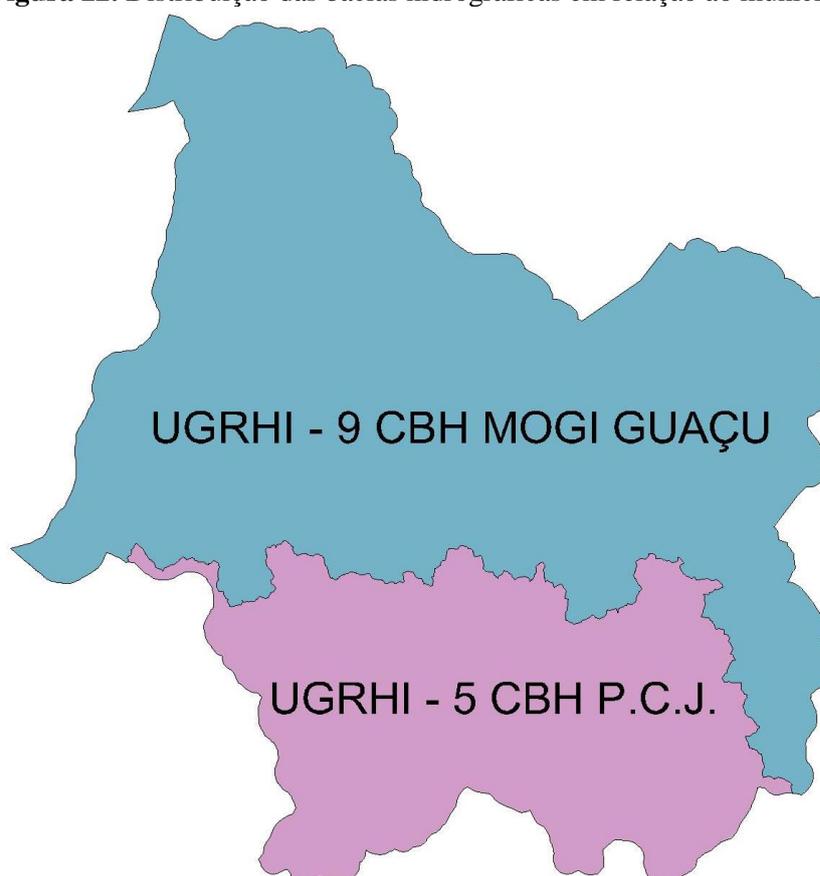
Mogi Mirim foi fundada em meados do século XV pelos bandeirantes que construíram uma plataforma de desembarque antes de seguirem para os estados de Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás. As primeiras áreas habitadas da cidade pertencem à Sun-Bacia hidrográfica do Córrego Santo Antônio, principalmente na foz do rio que desemboca em Mogi Mirim. Segundo relatos da época, a área, exceto pela proximidade com os rios Córrego Santo Antônio e Mogi Mirim era plana, de baixa declividade e de fácil conquista (VITTE; FRAISOLI, 2005). A Figura 21 apresenta a localização do município de Mogi Mirim/SP.



Fonte: Adaptado de Instituto de Pesquisa Ambientais (2023) e Google Earth (2023).

O município possui quatro córregos que passam pelo seu território: Bela Vista, Lavapés, Santo Antônio e Toledo e o Rio Mogi Mirim, pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, na maior parte do território, tendo 40% da área de drenagem na bacia do Rio Piracicaba. Na Figura 22 encontra-se a distribuição das bacias hidrográficas em relação ao Município.

Figura 22. Distribuição das bacias hidrográficas em relação ao município.



Fonte: Adaptado de banco de dados da Prefeitura de Mogi Mirim (2023)

O bioma que predomina na cidade de Mogi Mirim é o Cerrado, com árvores características deste bioma, que são árvores baixas, de forma esparsa, troncos retorcidos; de modo a evitar a perda d'água, suas cascas são duras, grossas e as folhas são cobertas de pelo, suas raízes costumam ser longas chegando a alcançar até 15 metros de profundidade no solo para buscar água nas camadas mais profundas em épocas de seca, de modo a favorecer a sua sobrevivência (Serviços de Saneamento de Mogi Mirim - SESAMN, 2023). O município é caracterizado também por sua baixa umidade do ar durante a maior parte do ano e solo pobre em nutrientes (SESAMN, 2023).

No Quadro 9 pode-se observar as tipologias nível I de áreas verdes existentes no município de Mogi Mirim.

Quadro 9. Caracterização das tipologias das áreas verdes no município de Mogi-Mirim/SP: Nível I - Classes da Cobertura da Terra.

Tipologia	Descrição	Imagem
Cobertura Rasteira	Inclui vegetação herbácea de porte rasteiro, do tipo gramíneas ou leguminosas, além de áreas de pasto melhoradas ou cultivadas destinadas ao pastoreio.	
Cobertura Arbustiva-Herbácea	Inclui formação arbustiva e/ou herbácea. Áreas cobertas por árvores de pequeno porte, cuja altura pode variar até alguns metros, incluindo áreas cultivadas (cultura temporárias, semiperenes e perenes).	
Cobertura Arbórea:	Formação vegetal composta predominantemente por elementos arbóreos. Essa classe inclui as matas ciliares que acompanham os cursos d'água. Inclui ainda formações arbóreas homogêneas plantadas, como <i>pinus</i> , <i>eucalipto</i> , seringueira e citros, entre outras culturas arbóreas em estágio avançado.	
Área Urbana ou Edificada	Áreas estruturadas por edificações e sistema viário. Estão incluídas nessa categoria áreas urbanas de uso residencial, comercial e de serviço, além de condomínios residenciais e ocupações esparsas, com baixa concentração de edificações como chácaras residenciais e de lazer, pequenos sítios, localizados distantes da mancha urbana principal ou ao longo de rodovias e vias de acesso.	
Solo Exposto	Inclui áreas de intervenção antrópica que foram terraplanadas ou aradas, constituindo áreas em transição de uso ou uma fase intermediária do mesmo uso ou ainda áreas onde processos erosivos expuseram o solo.	
Corpos d'Água	Incluem-se todas as águas interiores, como cursos d'água e canais (rios, riachos, canais e outros corpos d'água lineares), corpos d'água naturalmente fechados, sem movimento (lagos naturais regulados) e reservatórios artificiais (represamentos artificiais d'água construídos para irrigação, controle de enchentes, fornecimento de água e geração de energia elétrica).	

Fonte: Adaptado de Instituto de Pesquisas Ambientais (2023).

Já no Quadro 10 é possível observar as tipologias nível II de usos do solo urbano existentes no município.

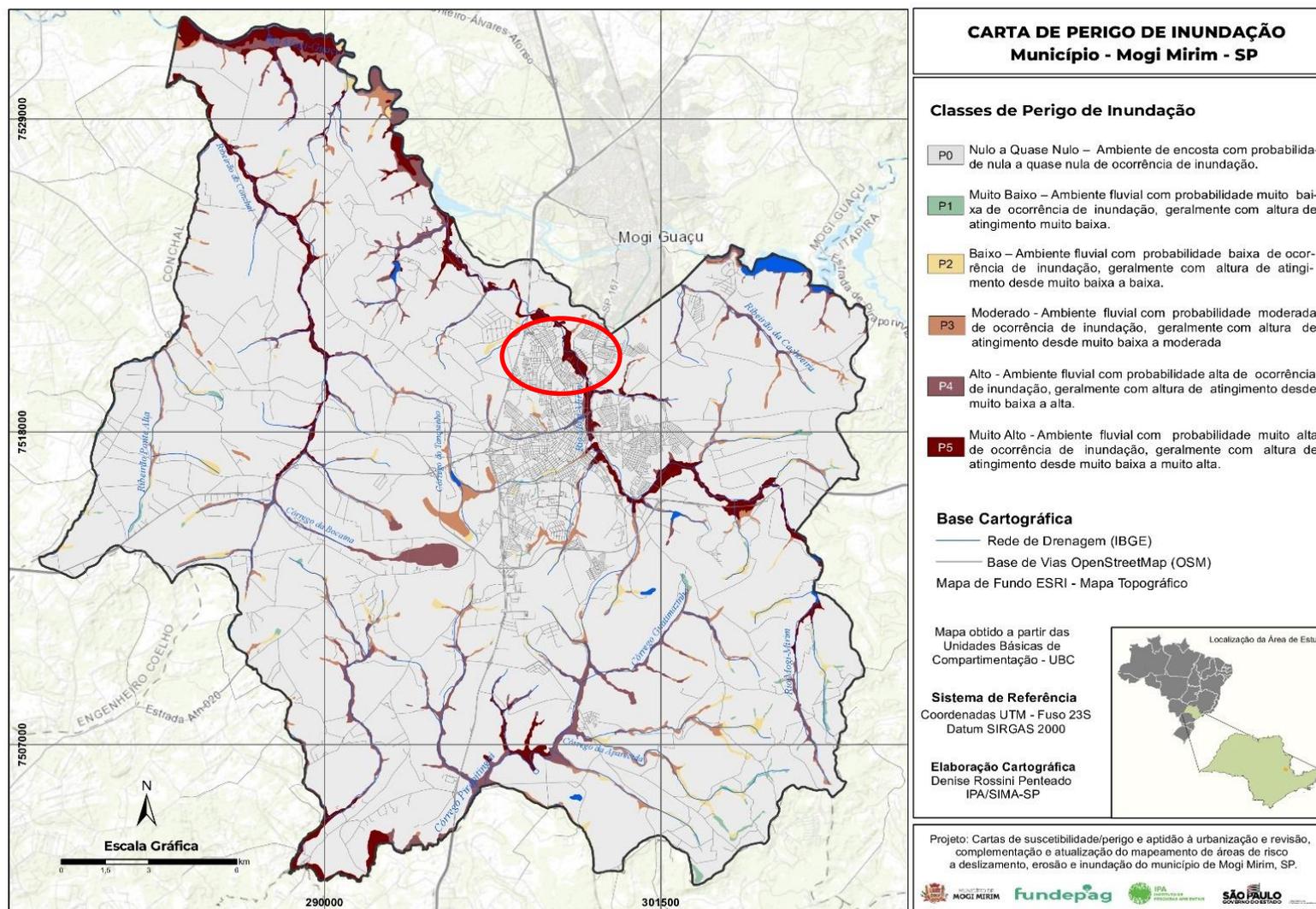
Quadro 10. Uso do Solo Urbano no município de Mogi-Mirim -SP: Nível II - Classes da Cobertura da Terra.

Tipologia	Descrição	Imagem
Residencial/ Comercial/ Serviços	Incluem áreas de uso residencial, de comércio e de serviços, de ocupação contínua ou descontínua em relação à mancha principal. Esta classe foi setorizada e caracterizada quanto ao padrão específico da ocupação.	
Grandes Equipamentos	Incluem áreas ocupadas com edificações de grande porte associadas às indústrias, galpões isolados de comércio e serviços, e equipamentos urbanos como cemitérios, estações de tratamento de água e de esgoto, entre outros.	
Espaço Verde Urbano	Inclui áreas ocupadas com parques, praças e demais áreas verdes públicas.	
Área Desocupada	Inclui áreas terraplanadas situadas dentro da mancha urbana principal, caracterizadas pela ausência de edificações e destinadas à futura ocupação urbana.	
Loteamento	Inclui áreas ocupadas com loteamentos em estágio de implantação, geralmente localizados na área de expansão urbana, caracterizados pela ausência de edificações e existência de quadras e arruamentos com traçado definido, com ou sem pavimentação.	

Fonte: Instituto de Pesquisas Ambientais (2023).

Na Figura 23 pode-se observar a carta de inundações do município de Mogi Mirim - SP.

Figura 23. Carta de Perigo de Inundação mostrando em destaque a área de estudo.



Fonte: Instituto de Pesquisas Ambientais (2023).

Na Figura 24 apresenta-se a delimitação da Bacia Hidrográfica de Santo Antônio na cidade de Mogi Mirim - SP.

Figura 24. Bacia Hidrográfica de Santo Antônio, município de Mogi Mirim - SP.



Fontes: Adaptado de Prefeitura de Mogi Mirim (2023) e Google Earth Pro (2023).

Na Figura 25 apresenta-se a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APP) do córrego Santo Antônio no trecho em estudo.

Figura 25. Bacia Hidrográfica do Santo Antônio, com delimitação das áreas de APP. As cores indicam: verde – presença de vegetação; vermelho – áreas com desmatamento; amarelo – áreas com índice de enchentes ou inundações.



Fontes: Adaptado de Prefeitura de Mogi Mirim (2023) e Google Earth Pro (2023).

A Figura 26 apresenta a carta de risco das áreas de uso residencial/comercial e de serviços, o estudo foi realizado na Área 05 - Setores 1/2/3/4 do Córrego Santo Antônio - Avenida Brasil, Centro, Tucurá, Santa Cruz (Inundação - Inu, Solapamento - Sol). Predominam inundações rápidas, relacionadas ao médio e baixo curso do córrego Santo Antônio. Processos influenciados pela inundação do Rio Mogi-Mirim próximo à Avenida Prof. Adib Chaid. A inundação está associada também à confluência de drenagens e, principalmente a pontos de estreitamento brusco do canal, devido a intervenções (pontes) (FERREIRA, 2023).

Figura 26. Carta de risco de áreas de uso residencial/comercial/serviços aos fenômenos geodinâmicos na escala 1:2.000 de Mogi Mirim.



Fonte: Instituto de Pesquisas Ambientais (2023).

Na Figura 26 é possível observar as ocorrências de desastres nomeadas pelo IPA (Instituto de Pesquisa Ambiental) de A05S1R1Inu e A05S4R1ponteSol na cor verde, e A05S2R2viaInu e A05S3R2Inu na cor amarela (FERREIRA, 2023).

Segundo Ferreira, existem 24 ocorrências registradas na área e nas proximidades nos anos de 1991, 1992, 1993, 1996, 2001, 2008, 2009, 2011, 2013, 2017, 2018, 2020 e 2021. Os meses com maior frequência de ocorrências são dezembro e janeiro, apresentando sete e seis ocorrências, respectivamente. Os relatos descrevem o processo de inundação, alagamento e erosão de margem fluvial, afetando principalmente as avenidas Brasil e Santo Antônio. Os principais impactos encontrados pela pesquisa foram: interrupção do tráfego, danos a veículos, erosão de asfalto e das margens do córrego, abertura de crateras na pista e alagamento de casas. Os índices pluviométricos relatados para provocar as inundações variaram entre 23 mm até 43mm em um intervalo de uma hora (FERREIRA, 2023).

O estudo feito pelo IPA indicou que a área apresenta perigo de inundação predominantemente alto ao longo da planície do córrego Santo Antônio e subordinadamente moderado e baixo com 121 edificações com vulnerabilidade muito baixa e baixa. O risco foi classificado de muito baixo a moderado (FERREIRA, 2023).

No local de estudo são esperados que ocorram os processos de inundação e erosão de margem fluvial, com processos associados a enchente, alagamento, enxurrada, assoreamento.

O perigo de inundação, segundo o estudo do IPA, varia de moderado (P2) para o setor S1, alto (P3) para o setor S4 e muito alto (P4) para os setores S2 e S3; a vulnerabilidade é baixa nos quatro setores; o risco é baixo (R1) no setor S1 e S4 e moderado (R2) nos setores S2 e S3. O nível de atingimento varia de 0,3 a 0,9 m (setas na Figura 26). O número de moradias na área é de 216 para o S1 e 16 para o setor S3. A área tem cerca de 4780 m de comprimento de vias. A inclinação geral do canal é de 4,2° com trechos de máximas em torno de 5°. As vias perpendiculares ao canal têm inclinações variando entre 5°-5,6° (FERREIRA, 2023).

De acordo com Código Setor Recomendações (2023) na área de estudo Córrego Santo Antônio - Avenida Brasil (Área 05 -A05S1R1Inu /A05S2R2via_Inu / A05S3R2Inu / A05S4R1ponte_Sol) estão propostas as seguintes atividades para a áreas:

RECOMENDAÇÕES

Medidas de curto prazo:

- Realizar serviços de limpeza, inspeção e manutenção periódica da drenagem existente, incluindo a desobstrução do canal, por meio da retirada do excesso de sedimentos (desassoreamento) e da remoção de entulho e lixo;
- Promover a recuperação e a proteção da vegetação das margens ao longo do canal, onde possível, frente ao intenso adensamento urbano da área;
- Realizar obras de contenção do talude marginal, com destaque para a manutenção das estruturas de lançamento de disciplinamento das águas pluviais, inibindo vazamentos, favoráveis a instabilidade do talude (setor de solapamento).
- Instalação de estruturas de coleta e direcionamento adequado de águas pluviais, visando o lançamento adequado à drenagem.
- Implantação de plano de contingência de defesa civil, incluindo sistema de monitoramento, previsão e alerta e a interdição antecipada de vias em situação de chuva intensa e inundação e alagamento;

Medidas de médio/longo prazo:

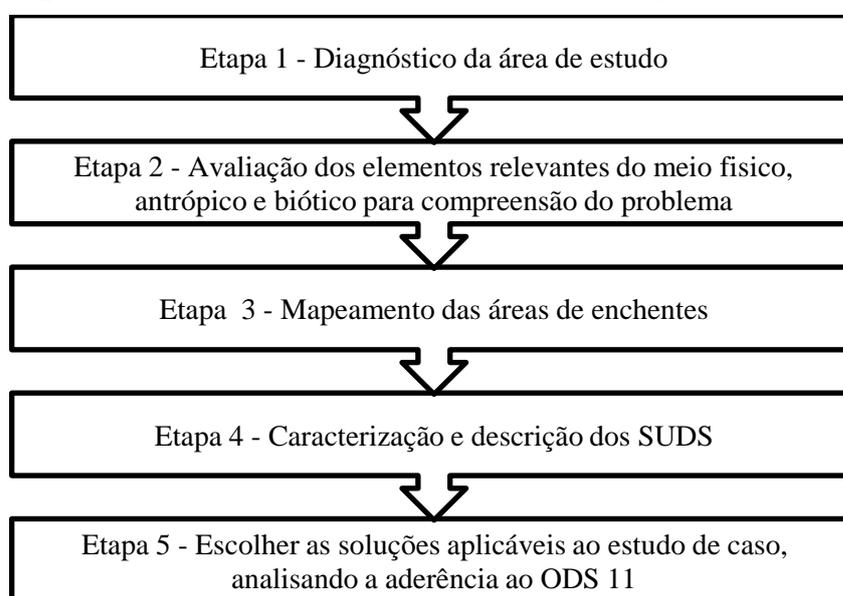
- Adequação do sistema de drenagem superficial ao volume de chuva esperado; em especial nos pontos de estreitamento brusco do canal (em pontes), avaliando a dimensão e o posicionamento das intervenções ao longo a área afetada e, o dimensionamento da canalização (largura e profundidade do canal);
- Recuperação da vegetação nativa ao longo da planície de inundação do córrego;
- Diminuição da vazão de pico e aumento da contenção de águas pluviais e aumento da permeabilidade, por meio do uso de pavimentos permeáveis, ajardinamento e valas de infiltração e aumento da arborização urbana, principalmente nas encostas e vias perpendiculares ao canal fluvial (FERREIRA, 2023).

5. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho de pesquisa pode ser definido como de natureza exploratória a partir de um estudo de caso, além da utilização de materiais bibliográficos. Possui também um cunho experimental com análise de campo a partir de uma abordagem quali-quantitativa dos dados.

O trabalho foi desenvolvido em cinco etapas, conforme apresentado na Figura 27 por meio de uma representação esquemática das principais etapas do trabalho. A primeira etapa é a caracterização da situação atual da drenagem urbana na Sub-Bacia do Ribeirão Santo Antônio no município de Mogi Mirim/SP e identifica as tipologias das áreas verdes existentes. A segunda etapa consiste em conhecer a situação atual dessas áreas verdes por meio de indicadores. A terceira etapa consiste em definir áreas prioritárias para a implantação de tecnologias de drenagem urbana sustentável; a quarta etapa descreve as técnicas SUDS aplicadas na área de estudo e realiza uma estimativa de custo para realizar a implantação da técnica; e a quinta consiste propor a partir dos resultados obtidos nas etapas anteriores sistemas de drenagem sustentáveis para a Sub-Bacia hidrográfica em estudo.

Figura 27. Etapas sequenciais para a execução da pesquisa.



5.1. Etapa 1: Diagnóstico da área de estudo

5.1.1. Delimitação e caracterização da sub-bacia hidrográfica do córrego Santo Antônio

A delimitação da área de estudo foi feita por meio de imagens de satélite do Google Earth registrada no dia 14 de fevereiro de 2023, junto ao banco de imagens da Prefeitura de Mogi Mirim/SP (GOOGLE EARTH, 2023).

Uma vez obtidas as imagens foram então delimitado *buffers* de 100 metros ao longo do eixo principal do córrego nas duas margens, no trecho que sofre os principais alagamentos. Estes foram delimitados e analisados utilizando os softwares AUTOCAD versão 2023 coma licença de estudante e QGIS, um software livre com código-fonte aberto, multiplataforma de sistema de informação geográfica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados disponível para download no site: https://qgis.org/pt_BR/site/. A delimitação preliminar do trecho a ser analisado, bem como a localização dos pontos de estudo são apresentados na Figura 28.

Figura 28. Delimitação preliminar dos pontos de estudo.



Fonte: Imagens de Satélite do Google Earth (2023).

Nesta etapa também foi realizada uma análise preliminar de campo sendo levantados os seguintes aspectos:

✓ Aspectos Antrópicos: uso e ocupação de solo, tendo como referência o Plano Diretor do município de Mogi Mirim (2022), imagens áreas recentes do ano de 2023 e visitas de campo nas margens do córrego ao menos três visitas e no *buffer* delimitado, observando áreas de infiltração e drenagens existentes.

5.2. Etapa 2: Avaliação dos elementos do meio físico, antrópico e biótico relevantes para compreensão do problema

A partir dos levantamentos de curvas de níveis existentes na base cadastral do município e do Instituto Geográfico e Cartográfico (IGC), foi analisado o desempenho da drenagem existente no local.

5.2.1. Declividade

A declividade da área de estudo foi levantada utilizando-se mapas georreferenciados e com curvas de nível fornecidas pela Prefeitura de Mogi Mirim (Instituto Geográfico e Cartográfico - IGC, 2003).

5.2.2. Pluviometria

A pluviometria da área de estudo foi levantada utilizando-se o histórico acervado no Serviço Autônomo de água e Esgoto (SAAE) nos anos 2022, 2023 e início de 2024 de Mogi Mirim, o qual possui uma estação de medição.

5.2.3. Redes de drenagem existentes

O município de Mogi Mirim não apresenta um levantamento de todo o sistema de drenagem urbano, por este motivo o estudo das redes de drenagem existentes foi realizado pelo levantamento em campo a partir de uma análise visual.

5.2.4. Áreas permeáveis e impermeáveis

Foi realizado o levantamento de áreas permeáveis e impermeáveis de grande influência na Sub-Bacia de estudo, delimitando as áreas permeáveis com mapas e imagens

aéreas ao plano de fundo, avaliando a percolação do solo em relação ao armazenamento e o fluxo subterrâneo para retardar o escoamento superficial.

5.2.5. Histórico de inundação

O levantamento do histórico de inundação baseia-se em pesquisa de dados fornecidos pela defesa civil com os registros de inundação da área de estudo e notícias de jornais locais que podem ser encontrados no acervo do município. Foi utilizado o levantamento histórico de inundação do município de Mogi Mirim do ano 2022 realizado pelo Instituto de Pesquisas Ambientais (IPA).

5.3. Etapa 3: Mapeamento das áreas de enchentes

A partir da análise de risco já realizada pelo Instituto de Pesquisas Ambientais (2023) e do “Relatório da Avaliação do trecho urbano de várzea do Rio Mogi Mirim e o estabelecimento de propostas preliminares de uso e ocupação de uma área situada no município de Mogi Mirim – SP, desde a rodovia SP-340 até a SP-147” (2011), foram elaborados mapas temáticos das áreas de enchentes nos pontos previamente definidos. Nesses mapas também foram incluídos os elementos levantados na caracterização do meio físico, antrópico e biótico.

O mapeamento foi realizado com o auxílio de dois softwares: AutoCad e QGIS, trabalhando com arquivos e imagens georreferenciadas.

Para coletar dados ao longo do córrego Santo Antônio em sua extensão na Avenida Brasil, foi estabelecido um *buffer* de 100 metros nas duas margens, subdividindo-se o rio em trechos de 300 metros de comprimento. Para aprimorar a análise, é possível ajustar os 100 metros do *buffer* durante a observação no local, uma vez que a delimitação de 100 metros de cada lado do rio pode resultar na exclusão de áreas relevantes para o estudo.

5.4. Etapa 4: Caracterizar e descrever os SUDS (Sistema Urbano de Drenagem Sustentável)

A partir da bibliografia das fontes de SUDS Woods-Ballard *et al.* (2007) e Digman *et al.* (2012) foi elaborado o Quadro 11 de técnicas ligadas ao SUDS de acordo com as características, fragilidades e potencialidades para cada tipo de terreno.

Quadro 11. Técnicas ligadas ao SUDS.

Infiltração	Faixas de infiltração (<i>filter strips</i>)
	Poço de infiltração (<i>soakaway / drywell</i>)
	Trincheira preenchida com pedras (<i>trench</i>)
	Pavimentos permeáveis (<i>pervious pavements</i>)
	Sistemas geocelular / modular (<i>geocellular / modular systems</i>)
	Filtros de areia (<i>sand filters</i>)
	Bacia de infiltração (<i>infiltration basin</i>)
	Biorretenção (<i>bioretention / storm water bump-out</i>)
	Jardim de chuva (<i>rain garden</i>)
Detenção / Atenuação	Telhado verde (<i>Green roof</i>)
	Tonel de água (<i>water butts</i>)
	Reuso de águas pluviais (<i>rain water harvesting</i>)
	Depressões (<i>swales</i>)
	Sistema geocelular / modular (<i>geocellular / modular systems</i>)
	Filtros de areia (<i>sand filters</i>)
	Bacia de infiltração (<i>infiltration basin</i>)
	Bacia de detenção (<i>detention basin</i>)
	Lago ou Tanque (<i>pond</i>)
	Pântano de águas pluviais (<i>storm water wetlands</i>)
Praça ou Cruzamento afundado (<i>sunken square</i>)	
Transporte	Trincheira preenchida com pedras (<i>trench</i>)
	Depressões (<i>swales</i>)
	Pavimentos permeáveis (<i>pervious pavements</i>)

Fonte: Woods-Ballard *et al.* (2007) e Digman *et al.* (2012).

5.5. Etapa 5: Escolher as soluções aplicáveis ao estudo de caso

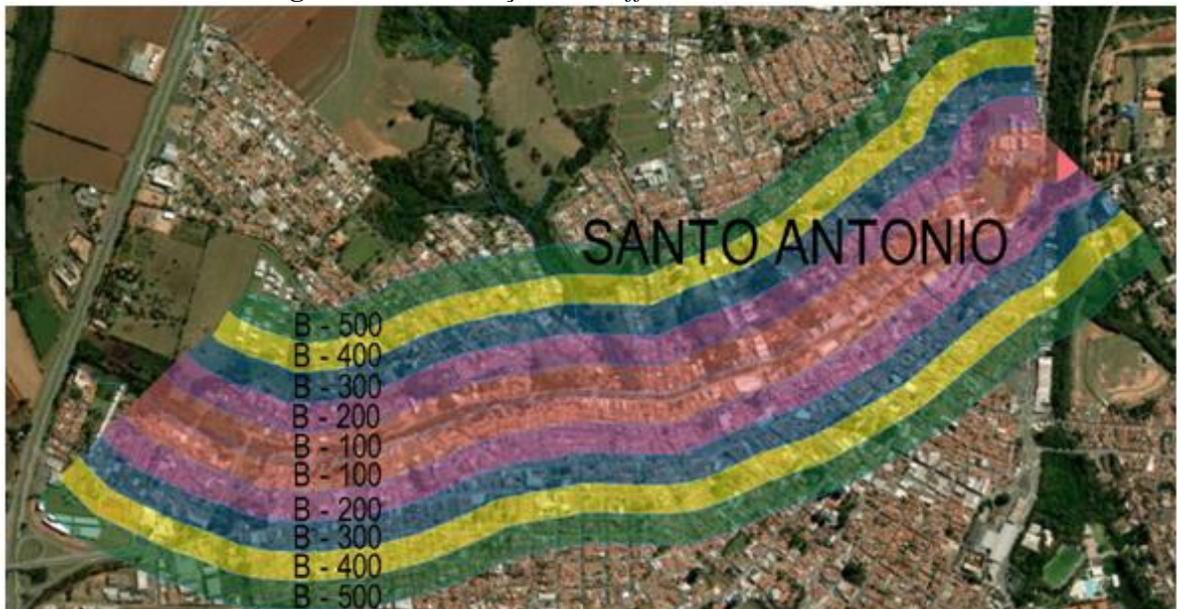
A partir da caracterização realizada trecho a trecho da área definida e do levantamento do Plano Diretor, foram realizadas pranchas (utilizando o software SketchUp®) com o levantamento dos problemas enfrentados e possíveis soluções para cada trecho, sendo selecionados um conjunto de técnicas construtivas sustentáveis, baseadas na própria natureza e aplicáveis a áreas públicas, como por exemplo: praças, áreas verdes, vias públicas e equipamentos públicos.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Caracterização e descrição dos pontos.

O trabalho de campo foi realizado com o objetivo de definir o *buffer* para análise das áreas de inundação ao longo de trecho de inundação na área urbana do córrego Santo Antônio. A Figura 29 e a Tabela 2 apresentam a áreas delimitadas para o presente estudo, sendo definidos onze pontos no total. Na Figura 29 foram delimitados os *buffers* a cada 100 metros da margem do rio em ambos os lados, para o levantamento de dados em campo.

Figura 29. Delimitação dos *buffers* a cada 100 metros.



Fontes: Adaptado de Prefeitura de Mogi Mirim (2023) e Imagens de Satélite do Google Earth (2023).

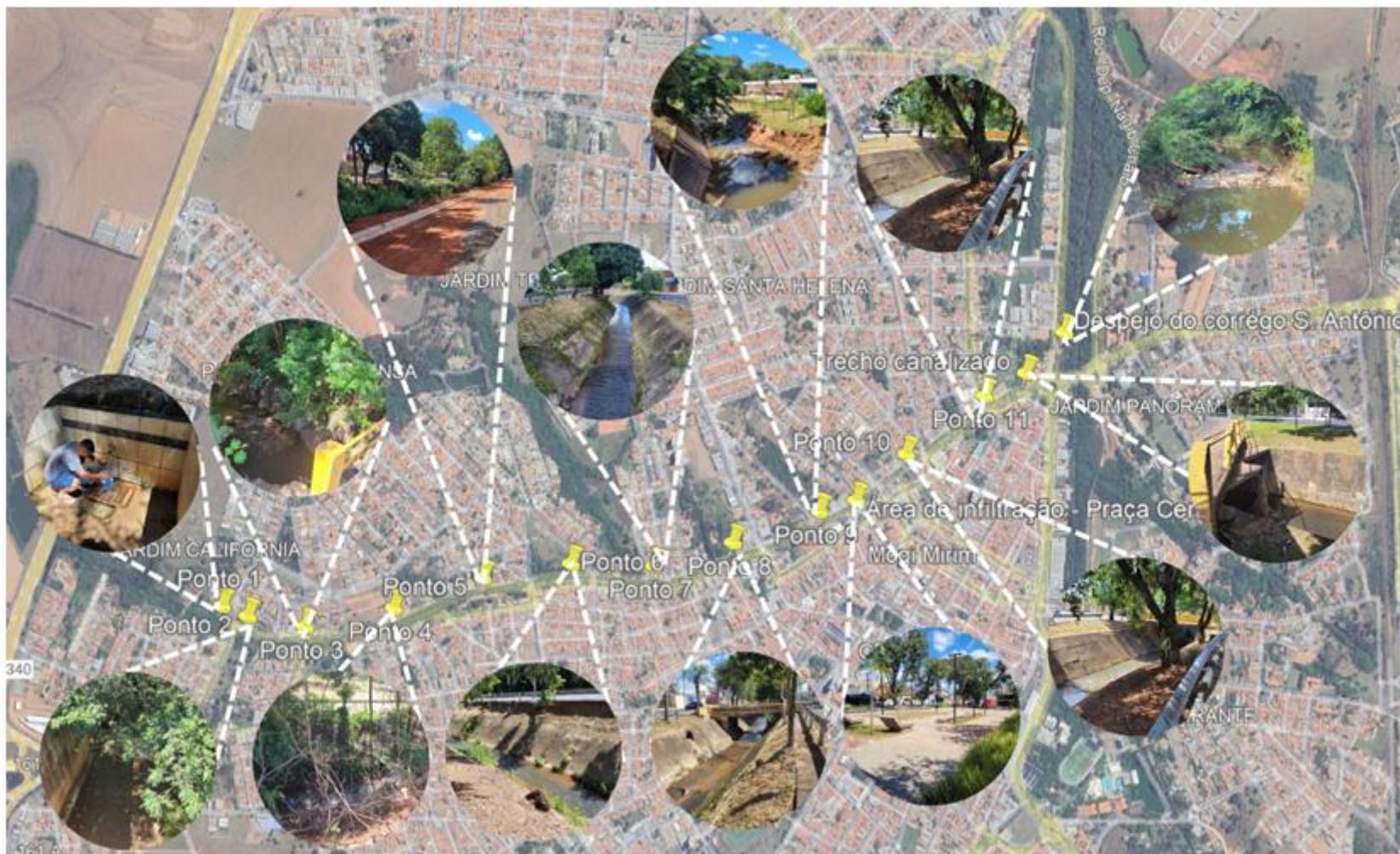
Tabela 2. Coordenadas dos pontos de estudo.

LOCAL	LATITUDE	LONGITUDE
PONTO 1	22°26'1,90"S	46°58'43,70"O
PONTO 2	22°26'2,89"S	46°58'40,80"O
PONTO 3	22°26'3,81"S	46°58'34,35"O
PONTO 4	22°26'1,67"S	46°58'24,45"O
PONTO 5	22°25'58,32"S	46°58'14,57"O
PONTO 6	22°25'56,61"S	46°58'4,73"O
PONTO 7	22°25'56,64"S	46°57'55,38"O
PONTO 8	22°25'54,02"S	46°57'46,62"O
PONTO 9	22°25'50,58"S	46°57'37,00"O
PONTO 10	22°25'44,44"S	46°57'27,41"O
PONTO 11	22°25'38,19"S	46°57'18,76"O
TRECHO CANALIZADO	22°25'35,74"S	46°57'14,12"O
CORREGO SANTO ANTÔNIO	22°25'31,40"S	46°57'9,94"O
ÁREA DE INFILTRAÇÃO - PRAÇA DO CENTRO CULTURAL	22°25'49,34"S	46°57'32,90"O

Fonte: Google Earth, (2023).

A Figura 30 apresenta aspectos gerais dos pontos de estudo na margem do córrego Santo Antônio. Já a Figura 31 mostra a área de estudo com os as demarcações dos pontos de observação de dados e uma legenda demonstrando as características da região em estudo da Sun-Bacia do Santo Antônio.

Figura 30. Panorama geral dos pontos de visita a campo.



Fonte: Adaptado de Google Earth (2023)

Figura 31. Panorama geral dos pontos de visita a campo com legenda da Sub-Bacia do córrego Santo Antônio.



As Figuras 32 a 38 apresentam aspectos individualizados dos pontos de estudo. Para uma análise de campo sobre os sistemas de drenagem existentes foi necessário realizar uma série de etapas e observações. Após a elaboração do Mapeamento da Área com a utilização de fotografias aéreas e mapas topográficos ou levantamentos de campo foi realizada a identificação de elementos do sistema de drenagem, localizando os principais elementos do sistema, como canais, bueiros, córregos, rios, valas e outras estruturas.

De modo geral, esse levantamento foi realizado com uma inspeção visual detalhada dos elementos identificados, observando sinais de danos e de obstruções ou má manutenção. Uma avaliação sobre a capacidade de cada componente do sistema de drenagem para garantir que ele seja adequado para lidar com as condições hidrológicas da área também foi realizada.

Foram observadas a ocorrência de danos e se existiam sinais de erosão nas margens dos canais e entorno das estruturas de drenagem, identificando possíveis áreas vulneráveis a processos erosivos. Também foi realizada uma avaliação da vegetação ao redor das estruturas de drenagem, pois a vegetação excessiva pode obstruir o fluxo da água e comprometer a eficiência do sistema e uma avaliação de áreas propensas a inundações para identificar possíveis causas, como capacidade insuficiente do sistema de drenagem a falta de áreas permeáveis.

Figura 32. Detalhamento dos pontos de visita a campo 1 e 2.



O ponto 1 (Figura 32) foi caracterizado como uma área urbanizada com uma boa preservação nas margens do córrego com uma faixa de aproximadamente 15 metros de vegetação, possui pontos de infiltração em APP, jardins residenciais e praças próximas à área. A drenagem existente consiste em bocas de lobo, um sistema mais convencional, que capta as águas pluviais em vias urbanas e direciona para o córrego Santo Antônio. Os lançamentos de água na área analisada foram aparentemente apenas de águas pluviais e a saída de uma mina próxima à margem do córrego, onde a população coleta água para o

consumo. Vale ressaltar que essa água é regularmente analisada pelo SAAE com relação à sua viabilidade para consumo.

O ponto 2 (Figura 32) é uma área de região urbanizada com baixa preservação nas margens do córrego, apresentando uma faixa de vegetação de aproximadamente 3 metros, abaixo das diretrizes estabelecidas pelo Código Florestal Brasileiro de 2012. A preservação é insuficiente, havendo pontos de infiltração em Áreas de Preservação Permanente (APPs), jardins residenciais e praças próximas. O sistema de drenagem existente utiliza bocas de lobo para captar águas pluviais nas vias urbanas, direcionando-as para o córrego Santo Antônio. Os lançamentos nessa área parecem ser predominantemente de águas pluviais. E observou-se a construção de uma nova pavimentação conectando a Avenida Santo Antônio às margens do córrego.

O Código Florestal Brasileiro de 2012, no que se refere às APPs urbanas em margens de córregos, estabelece critérios específicos, incluindo a largura mínima da faixa de APPs. As diretrizes para as APPs urbanas são fundamentais para a proteção dos recursos naturais e a manutenção de ambientes saudáveis nas áreas urbanas (PLANALTO, 2024).

De acordo com o Código Florestal de 2012, a largura mínima da faixa de APP em margens de córregos em áreas urbanas varia conforme a largura do curso d'água. Em linhas gerais, as faixas de APP urbana são estabelecidas de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3. Áreas de Preservação Permanente (APPs) urbanas em margens de córregos.

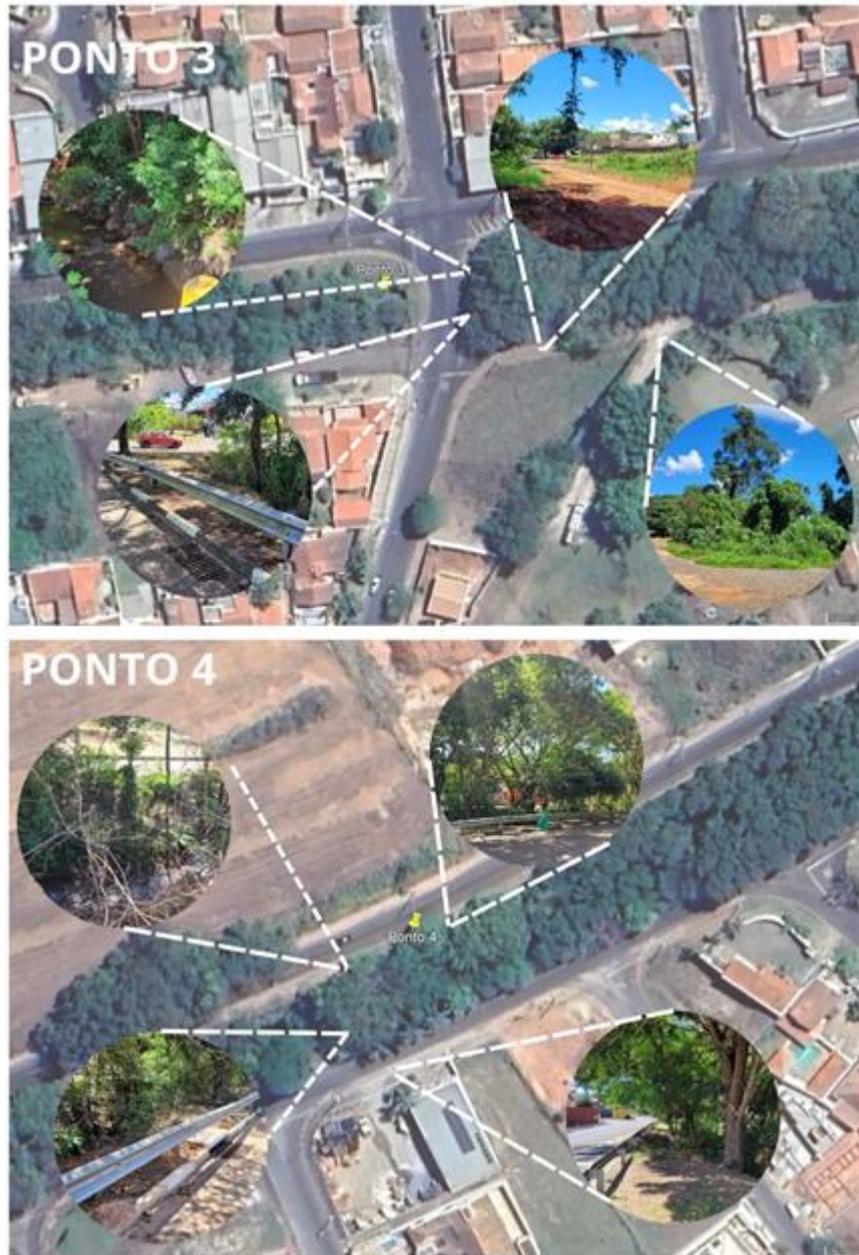
Cursos d'água com até 10 metros de largura	A faixa de APP terá largura mínima de 30 metros.
Cursos d'água com largura entre 10 e 50 metros	A faixa de APP será de 50 metros
Cursos d'água com largura entre 50 e 200 metros	A faixa de APP será de 100 metros
Cursos d'água com largura entre 200 e 600 metros	Nesse caso, a largura mínima da faixa de APP será de 200 metros

Fonte: Adaptado de Código Florestal Brasileiro de 2012

As medidas definidas na Tabela 3 são direcionadas para garantir a proteção das APPs, evitando impactos negativos, como a erosão das margens, a degradação da qualidade da água e a perda de biodiversidade. É essencial observar que esses critérios podem variar de acordo com as legislações estaduais e municipais, uma vez que as autoridades locais têm autonomia para ajustar as regras conforme as características específicas de cada região. Portanto, é sempre recomendável verificar a legislação local para garantir o cumprimento das normas específicas da área em questão (PLANALTO, 2024).

Na Figura 33 são apresentados detalhamentos dos pontos 3 e 4.

Figura 33. Detalhamento dos pontos de visita a campo 3 e 4.



As áreas 3 e 4 (Figura 33) são igualmente urbanizadas, apresentando uma preservação moderada nas margens do córrego, com uma faixa de vegetação de aproximadamente 3 metros. Existem poucos pontos de infiltração em Áreas de Preservação Permanente (APP), além de jardins residenciais e propriedades ainda não ocupadas. O sistema de drenagem existente utiliza bocas de lobo para coletar águas pluviais nas vias urbanas, encaminhando-as para o córrego Santo Antônio. Os lançamentos observados nessa área parecem consistir principalmente em águas pluviais, ademais, observou-se que as margens do córrego apresentam sedimentações.

Na Figura 34 são apresentados detalhamentos dos pontos 5 e 6.

Figura 34. Detalhamento dos pontos de visita a campo 5 e 6.



Os pontos 5 e 6 são áreas urbanizadas também sem preservação nas margens do córrego com uma faixa de aproximadamente 1,5 a 2 metros de vegetação e sem uma APP, possui poucos pontos de infiltração com jardins residenciais e propriedades ainda sem ocupação. A drenagem existente consiste em apenas superficial através de meia cana que capta as águas pluviais em vias urbanas e direciona para o córrego Santo Antônio. Os lançamentos na área analisada são aparentemente apenas de águas pluviais, observou-se ainda que a partir desses pontos o córrego foi canalizado a céu aberto com paredes de concreto. Na Figura 35 são apresentados detalhamentos dos pontos 7 e 8.

Figura 35. Detalhamento dos pontos de visita a campo 7 e 8.



Os pontos 7 e 8 (Figura 35) é uma área urbanizada também sem preservação nas margens do córrego com uma faixa de aproximadamente 1,5 a 2 metros de vegetação e sem uma APP, possui poucos pontos de infiltração com jardins residenciais e propriedades ainda sem ocupação. A drenagem existente consiste em superficial através de meia cana e bocas de lobo que capta as águas pluviais em vias urbanas e direciona para o córrego Santo Antônio. Os lançamentos na área analisada são aparentemente de águas pluviais, mas com tubulações vindo de residências diretamente ao córrego. Na Figura 36 são apresentados detalhamentos do ponto 9.

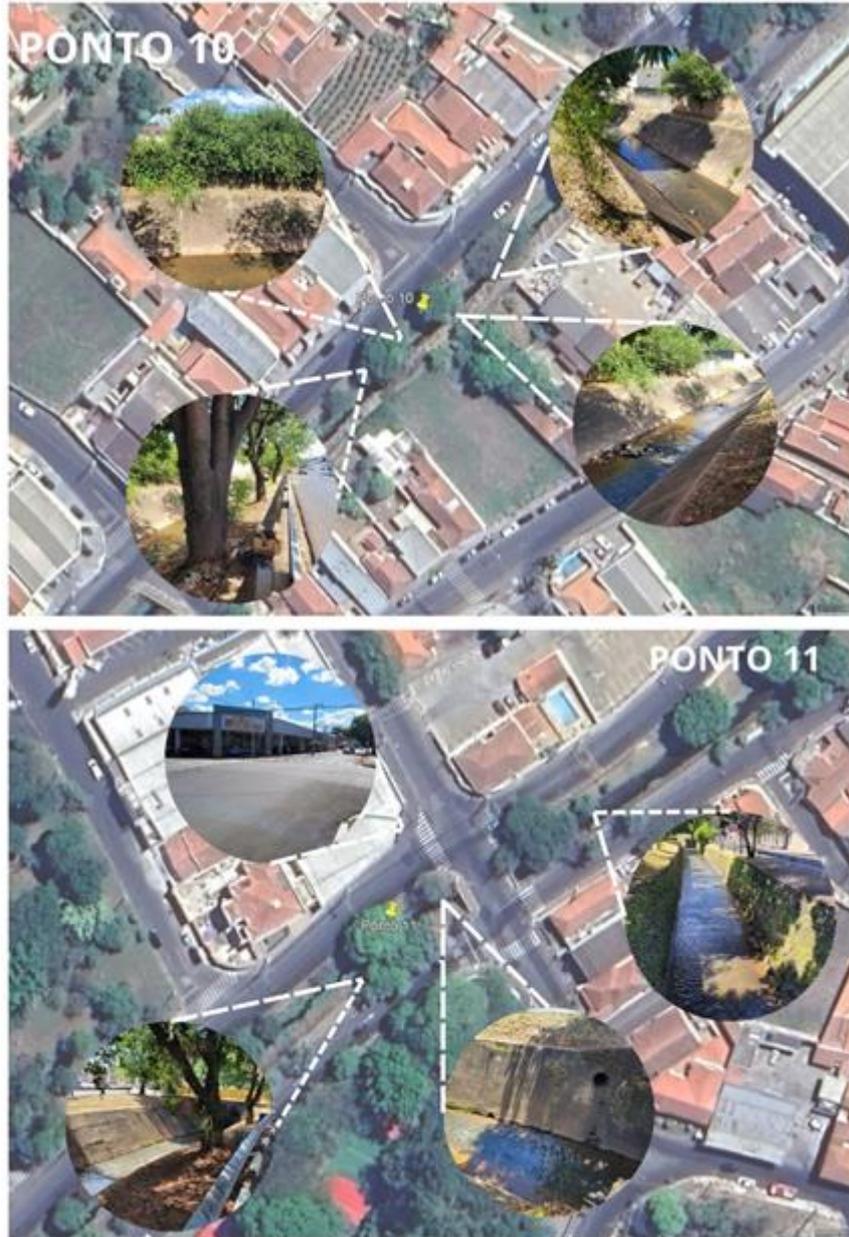
Figura 36. Detalhamento do ponto de visita a campo 9.



O ponto 9 (Figura 36) é uma área urbanizada também sem preservação nas margens do córrego com uma faixa de aproximadamente 1,5 a 2 metros de vegetação e sem uma APP, possui pontos de infiltração através de jardins residenciais, propriedades ainda sem ocupação e uma praça com piso permeável onde fica localizado o Centro Cultural de Mogi Mirim. A drenagem existente consiste em superficial através de bocas de lobo que captam as águas pluviais em vias urbanas e direcionam para o córrego Santo Antônio. Os lançamentos na área analisada são aparentemente de águas pluviais diretamente ao córrego, observou-se uma erosão na margem do córrego com a Avenida Brasil, decorrente aos registros das fortes chuvas que ocorreram nos meses de outubro e novembro de 2023.

Na Figura 37 são apresentados detalhamentos dos pontos 10 e 11.

Figura 37. Detalhamento dos pontos de visita a campo 10 e 11.



Os pontos 10 e 11 (Figura 37) repetem os cenários anteriores onde consiste em uma área urbanizada também sem preservação nas margens do córrego com uma faixa de aproximadamente 1,5 a 2 metros de vegetação e sem uma APP, possui poucos pontos de infiltração como duas praças próximas dos pontos. A drenagem existente consiste em superficial através de bocas de lobo que captam as águas pluviais em vias urbanas e direcionam para o córrego Santo Antônio. Os lançamentos na área analisada são aparentemente de águas pluviais.

Na Figura 38 são apresentados detalhamentos do trecho canalizado e das áreas de exultório do local de estudo.

Figura 38. Detalhamento do trecho canalizado e das áreas de exultório/exultório/despejo do córrego Santo Antônio.



No trecho canalizado e no exultório/despejo do Santo Antônio (Figura 38) repete os cenários anteriores, também com uma área urbanizada sem preservação nas margens do córrego com uma faixa de aproximadamente 1,5 a 3 metros de vegetação até o exultório/despejo, onde volta a possuir uma APP com uma faixa de 30 metros. O trecho canalizado é fechado, passando por baixo da Avenida Brasil, pontos de infiltração ocorrem apenas em seus canteiros centrais da avenida. A drenagem existente consiste em superficial através de bocas de lobo que captam as águas pluviais em vias urbanas e direcionam para o

córrego Santo Antônio. Os lançamentos na área analisada são aparentemente de águas pluviais, com grande quantidade de lixo residual em seu leito.

6.2. PROPOSTA DE SOLUÇÕES BASEADAS EM SUDS E ADERENTES AOS ODS 11 E 13

A Sub-Bacia urbana analisada apresenta diversos problemas de drenagem sendo necessária uma análise para compreender e abordar os desafios associados ao manejo inadequado das águas pluviais e assim definir propostas de SUDS para mitigar os problemas ali enfrentados.

Para isso foi realizado um estudo referente à declividade do terreno, assim avaliou-se a inclinação na Sub-Bacia para entender como a água flui e se acumula. No levantamento em campo observou-se os tipos de infraestruturas urbanas existentes, examinando através de relatos ou acontecimentos, diante os índices pluviométricos de maior intensidade, a capacidade e eficácia dos sistemas de drenagem existentes, incluindo bueiros, canais, valas e tubulações.

Os dados pluviométricos referentes aos anos de 2022 e 2023 foram disponibilizados pelo SAAE nas Tabelas 4, 5 e 6. Além disso, foram obtidos registros referentes ao início de janeiro de 2024, período em que ocorreram chuvas intensas nos dias 27 e 28 de setembro. Essas precipitações resultaram em significativos problemas para a população, afetando a circulação viária e causando diversos danos materiais, possíveis ver na Figura 39.

Tabela 4. Precipitação pluviométrica de Mogi Mirim em 2022.



SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO
SISTEMA MORRO VERMELHO

Prefixo DAEE	Altitude	Latitude	Longitude
D3-008	640	22° 24' 41"	46° 56' 38"

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DIÁRIA

2022

DIA	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	36,0	16,1	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	14,0	3,1
2	19,0	16,2	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	6,3	9,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3
4	17,2	12,6	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
5	14,5	4,1	0,0	0,0	14,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,7
6	4,4	28,2	13,0	86,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,5
7	32,6	52,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,5	0,0	18,4
8	0,0	0,0	3,3	0,0	0,0	0,5	0,0	3,4	0,2	0,0	0,0	34,4
9	33,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	25,5	0,0	8,6	0,0	0,0
11	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	6,3	0,0	7,1
12	33,4	7,5	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,3	0,3
13	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3
14	3,2	0,0	0,0	1,8	0,1	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	15,2	10,9
15	3,8	0,0	0,0	1,5	19,3	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	2,1	0,0
16	1,7	0,0	52,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	0,0	2,7
18	5,8	8,6	2,4	0,0	0,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	19,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0
20	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	8,6	2,9	0,5
21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,3	0,0	19,0
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,6	5,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,0	7,4	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0	0,0
25	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
26	10,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	64,2
27	1,9	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,8	0,0	22,0	6,8
28	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,6	5,6	0,0	54,6
29	26,5		14,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,1	1,7	41,7
30	37,3		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,9	15,9	0,0
31	55,7		0,0		17,2		0,0	0,0		0,0		6,6
TOTAL	374,7	155,4	92,7	115,5	56,4	3,1	0,0	35,2	72,5	150,8	105,5	330,1
MÁXIMA	55,7	52,1	52,9	86,0	19,3	2,2	0,0	25,5	25,8	56,3	22,0	64,2
MÍNIMA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MÉDIA	12,1	5,6	3,0	3,9	1,8	0,1	0,0	1,1	2,4	4,9	3,5	10,6
DIAS ≥ 1,0 mm	20	9	8	4	4	1	0	3	8	11	10	18

Tabela 5. Precipitação pluviométrica de Mogi Mirim em 2023.



SERVIÇO AUTÔNOMO DE ÁGUA E ESGOTO
SISTEMA MORRO VERMELHO

Prefixo DAEE	Altitude	Latitude	Longitude
D3-008	640	22° 24' 41"	46° 56' 38"

PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DIÁRIA

2023

DIA	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	0,0	31,7	43,0	0,0	0,0	6,3	0,0	0,0	0,0	40,2	17,5	0,0
2	1,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	13,2	0,0	0,0
3	18,7	71,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0
4	1,6	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	1,8
5	12,9	0,0	38,8	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9	16,5	0,0	27,6
6	5,0	0,0	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9	0,0	0,4
7	0,0	15,5	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	4,5	0,0	18,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,3	0,0	19,5
9	0,0	6,9	0,0	1,4	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	54,9	0,0	0,0
10	38,9	0,0	2,9	1,7	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0
11	0,2	9,9	58,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0
12	21,0	4,6	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	3,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	19,8	0,0	0,0
14	28,0	3,2	12,5	8,3	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,7	14,1	2,5	39,4	0,0	44,0	0,0	0,0	6,9	0,0	1,2	0,0
16	35,0	3,0	0,0	0,4	0,0	28,9	0,0	0,0	0,0	0,0	21,8	0,0
17	0,5	7,1	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	5,8	0,0	0,0
18	6,4	0,0	0,0	7,5	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0
19	16,5	22,0	0,0	58,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	0,0	2,0	0,0
20	9,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	57,0	0,0
21	11,0	3,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0
22	17,0	19,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	12,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	25,6
24	4,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,1	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	29,2	0,0	0,0
26	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	7,2	0,0	5,9	0,0	0,0	0,0	2,2	4,3	21,7	0,0	17,9
28	0,0	0,0	0,0	3,1	0,0	0,0	1,5	2,0	58,5	73,0	5,9	1,0
29	4,5		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	32,5	0,0
30	3,8		25,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,9	8,2	0,0
31	15,9		0,0		71,9		0,0	0,1		0,0		0,0
TOTAL	255,3	272,0	223,3	146,9	71,9	84,1	15,3	15,1	91,5	336,3	192,7	119,8
MÁXIMA	38,9	71,8	58,9	58,0	71,9	44,0	6,8	6,8	58,5	73,0	57,0	27,6
MÍNIMA	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MÉDIA	8,2	9,7	7,2	4,9	2,3	2,8	0,5	0,5	3,1	10,8	6,4	3,9
DIAS ≥ 1,0 mm	19	18	12	10	1	4	4	5	6	15	11	7

Figura 39. Chuva forte no Córrego Santo Antônio entre os dias 27/09/2023 e 28/09/2023



Fonte: Adaptado de desconhecidos, imagens retiradas em rede sociais.

Na Figura 40 observa-se a delimitação da Sub-Bacia do Santo Antônio e com os recursos do software QGIS® foi possível fazer o levantamento da área impermeabilizada, sendo essa área 1.011.995 m², cerca de 13,94% da área da Sub-Bacia, referente à impermeabilização de áreas urbanas, como pavimentos e edificações, que contribuem para o aumento do escoamento superficial. Tucci (2003) estabelece que o desenvolvimento urbano provoca grandes impactos na capacidade de infiltração do solo, sendo que a porção de chuva que deveria escoar superficialmente ou infiltrar depende da capacidade de infiltração do solo, a qual está sujeita a diversas condições, como o tipo do solo, o seu uso e suas características de cobertura e de umidade.

Tucci e Clarke (1997) afirmam que solos expostos à ação de compactação, como estradas e caminhos, possuem menor capacidade de escoamento, favorecendo a ampliação

de enchentes ou inundações. A análise desses fatores permite uma compreensão mais profunda dos problemas de drenagem na Sub-Bacia urbana. Com base nessa análise, estratégias e soluções sustentáveis podem ser aplicadas, considerando a resiliência urbana e a gestão integrada das águas pluviais (GONÇALVES; NUCCI, 2017).

A Figura 41 apresenta a localização das áreas com potencial para a implantação de técnicas de drenagem alternativas, que fogem do convencional, voltadas a ações mais sustentáveis e aderentes ao ODS 11, GT Agenda 2030 (2015).

A princípio a solução se baseia no entendimento que o fluxo natural da água na natureza se faz de montante a jusante, A jusante significa em direção à foz, ou seja, o fluxo normal da água e a montante significa em direção à nascente, ou seja, contracorrente. Seguindo essa linha de raciocínio foi definido que todas nas áreas a montante foram propostas as técnicas de retenção ou detenção de águas pluviais a fim de armazenar essa água o maior tempo possível, garantindo um tempo de retorno capaz de suprir a drenagem local (FANTI, 2022).

Figura 40. Sub-bacia do Santo Antônio e área impermeável urbana.

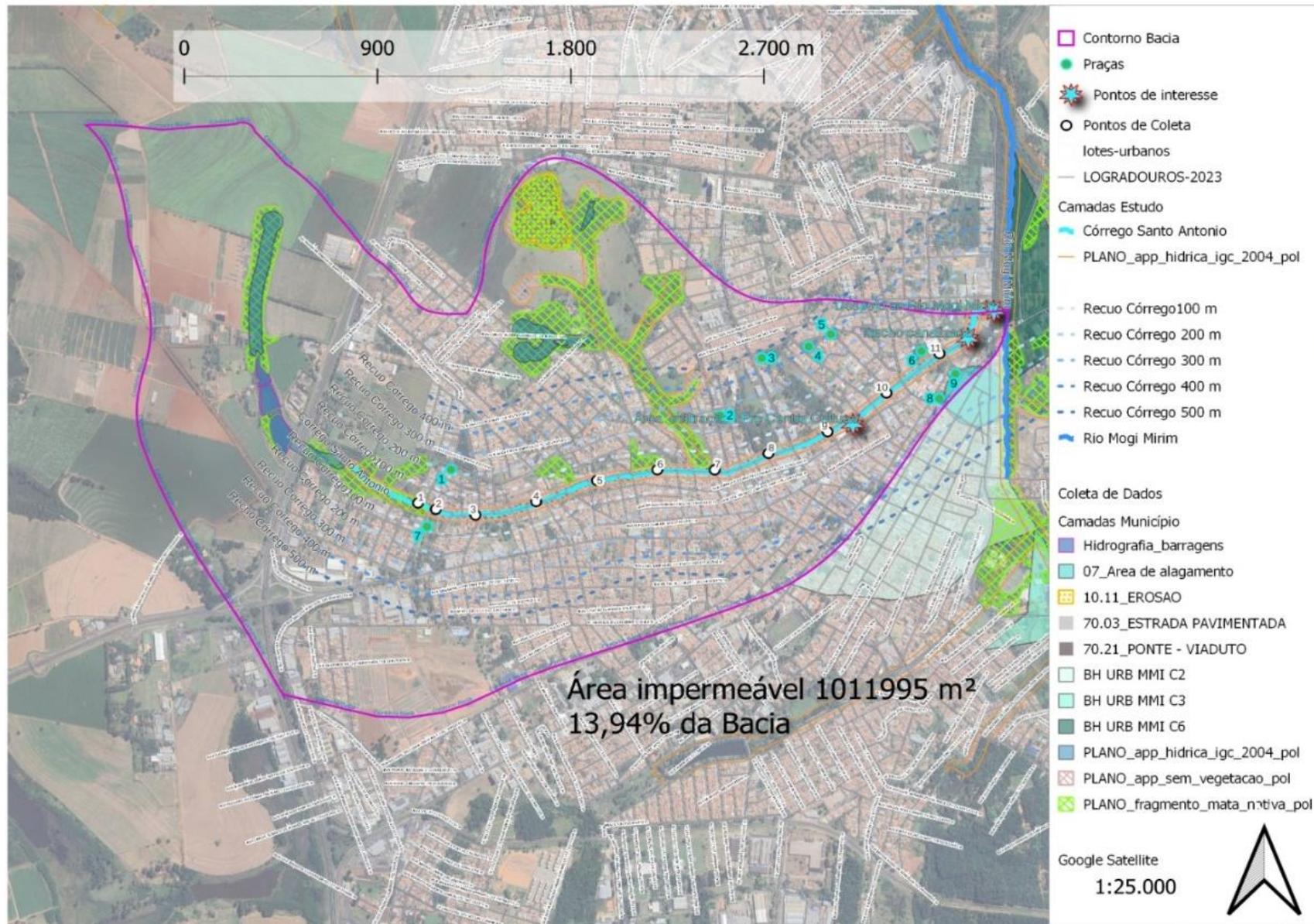


Figura 41. Pontos de intervenção da Sub-Bacia do Santo Antônio.



Nas figuras 42, 43, 44 e 45 é possível observar as técnicas de reservatórios de água, implantadas em áreas públicas como praças ou áreas de lazer. Nas Figuras 42 e 45 destacam um reservatório que capta as águas pluviais do escoamento pela superfície das ruas, na montante da Sub-Bacia em estudo, retardando o escoamento dessa água para a jusante, a mesma é liberada por tubos de diâmetros diferentes instalados na parede do reservatório um sobre o outro, sendo o de menor diâmetro instalado próxima a base inferior do reservatório e os demais acima.

Herzog (2013) descreve as lagoas secas ou bacias de detenção como sendo depressões com vegetação e/ou permeabilidade que, durante as chuvas, são capazes de desacelerar o fluxo de água no sistema de drenagem, o que possibilita a infiltração para manutenção de aquíferos. Quando não há presença de chuva, as lagoas secas podem ser utilizadas para lazer e recreação

Nas figuras 43 e 45, a proposta permanece consistente, mas a implementação do reservatório é feita a céu aberto. Nesse caso, a captação da água pluvial ocorre da mesma maneira que nas técnicas das figuras 42 e 44. No entanto, devido à sua natureza a céu aberto, esse reservatório também recolhe o volume da chuva que incide diretamente sobre ele. A distinção principal entre essas abordagens construtivas reside no fato de que esse reservatório pode ser utilizado como uma quadra de futsal nos dias sem chuva, promovendo assim a integração social e a implementação de soluções sustentáveis.

A análise da aplicação de reservatórios de retenção de água pluvial em praças revela uma estratégia eficiente e sustentável para a gestão das águas pluviais em ambientes urbanos. Essa prática inovadora oferece uma série de benefícios que englobam aspectos ambientais, sociais e urbanísticos.

Benefícios Ambientais:

- ✓ **Conservação de Recursos Hídricos:** Os reservatórios de retenção permitem a coleta e armazenamento temporário de água pluvial, reduzindo a necessidade de utilizar água potável para irrigação ou outros fins, contribuindo para a conservação dos recursos hídricos (FUNASA, 2016).
- ✓ **Melhoria da Qualidade da Água:** Ao reter a água da chuva, esses reservatórios ajudam na filtragem de poluentes e sedimentos, promovendo a melhoria da qualidade da água antes que ela alcance os sistemas de drenagem convencionais (FUNASA, 2016).

- ✓ Mitigação de Inundações: A capacidade de armazenamento temporário dos reservatórios reduz o volume de água que escoar rapidamente para os sistemas de drenagem, minimizando o risco de inundações em áreas urbanas (FUNASA, 2016).

Benefícios Sociais:

- ✓ Melhoria Estética e Recreativa: A integração de reservatórios em praças proporciona uma melhoria estética, criando espaços agradáveis e relaxantes. Além disso, essas áreas podem ser usadas para atividades recreativas, promovendo o bem-estar da comunidade (FUNASA, 2016).
- ✓ Resfriamento Urbano: A presença de água em reservatórios contribui para o resfriamento microclimático, ajudando a atenuar o efeito de ilha de calor urbano e proporcionando um ambiente mais confortável para os habitantes locais (FUNASA, 2016).
- ✓ Engajamento Comunitário: A participação da comunidade no planejamento e manutenção desses reservatórios promove o engajamento cívico, fortalecendo os laços sociais e fomentando um senso de responsabilidade compartilhada pela preservação ambiental (FUNASA, 2016).

Benefícios Urbanísticos:

- ✓ Planejamento Integrado: A integração de reservatórios de retenção no design de praças permite uma abordagem mais integrada e sustentável no planejamento urbano, considerando aspectos ambientais desde o início do processo (FUNASA, 2016).
- ✓ Paisagismo Sustentável: Os reservatórios podem ser incorporados de forma harmoniosa ao paisagismo, criando elementos visuais atraentes que também, desempenham um papel funcional na gestão das águas pluviais (FUNASA, 2016).

Desafios e Considerações:

- ✓ Manutenção Adequada: É essencial garantir a manutenção adequada dos reservatórios para evitar problemas, como, entupimentos e assegurar o funcionamento eficiente ao longo do tempo (FUNASA, 2016).
- ✓ Educação da Comunidade: A comunidade deve ser educada sobre a importância dos reservatórios e como o seu comportamento pode impactar positivamente a eficácia do sistema (FUNASA, 2016).

Em resumo, a aplicação de reservatórios de retenção de água pluvial em praças representa uma abordagem inovadora e sustentável para a gestão de águas pluviais em ambientes urbanos, proporcionando benefícios ambientais, sociais e urbanísticos. Essa prática exemplifica a importância da integração de soluções verdes no desenvolvimento urbano para promover cidades mais resilientes e sustentáveis.

Figura 43. Praça 2 - Reservatório de retenção de águas pluviais, aplicado em uma quadra poliesportiva.



Figura 44. Praça 3 - Reservatório de retenção de águas pluviais.



A Tabela 7 representa uma estimativa de custo para a implantação da técnica apresentada na Figura 43, tendo em vista os itens básicos para a execução da mesma, a base de preço utilizada foi SINAPI 11/23 e CDHU 192. No orçamento foi considerado uma área de estudo com as dimensões de 25 metros por 40 metros e uma quadra de tamanho oficial padrão FDE (Fundação para o Desenvolvimento da Educação) de 600m².

O piso Outdoor foi cotado no mercado, pois ele é próprio para áreas descobertas ou com incidência de chuva e traz uma série de benefícios, sendo um piso que drena a água de forma instantânea e segura, pois tem superfície antiderrapante, de rápida instalação, sem custo de manutenção. Essa solução foi pensada, para que a quadra pudesse ser utilizada durante um período curto de chuva, a qual não fosse o suficiente para encher o a sua capacidade de reservatório.

Tabela 7. Estimativa de custo - Reservatório de retenção de águas pluviais (quadra).

							Sem Desoneração Fonte:		SINAPI 11/23 CDHU 192		
Objeto:		ESTIMATIVA DE CUSTO DE UM RESERVATÓRIO ABERTO/QADRA DE FUTSAL				BDI:		23.54%			
Local:		ÁREAS DE ESTUDOS EM MOGI MIRIM - SP				Atualizado:		14/01/2024			
ITEM	FONTE / CÓDIGO		DESCRIÇÃO	UNID	QUANT	VALOR UNITÁRIO	VALOR UNITÁRIO C/ BDI	CUSTO TOTAL	(%) ITENS		
1			RESERVATÓRIO ABERTO/QADRA DE FUTSAL				SUBTOTAL:		R\$ 605,852.72	100.000%	
1.1	CDHU	02.08.020	Placa de identificação para obra	m²	3.00	R\$ 925.95	R\$ 1,143.92	R\$ 3,431.76	0.57%		
1.2	CDHU	02.02.150	Locação de container tipo depósito - área mínima de 13,80 m²	und/mes	6.00	R\$ 865.04	R\$ 1,068.67	R\$ 6,412.02	1.06%		
1.3	CDHU	02.09.130	Limpeza mecanizada do terreno, inclusive troncos com diâmetro acima de 15 cm até 50 cm, com caminhão à disposição dentro da	m²	1000.00	R\$ 4.24	R\$ 5.24	R\$ 5,240.00	0.86%		
1.4	CDHU	05.07.060	Remoção de entulho de obra com caçamba metálica - material rejeitado e misturado por vegetação, isopor, manta asfáltica e lâ de	m³	30.00	R\$ 124.66	R\$ 154.00	R\$ 4,620.00	0.76%		
1.5	SINAPI	101236	ESCAVAÇÃO VERTICAL PARA INFRAESTRUTURA, COM CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE DE SOLO DE 1ª CATEGORIA, COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA: 0,8 M³ / 111HP), FROTA DE 6 CAMINHÕES BASCULANTES DE 14 M³, DMT DE 3 KM E	m³	1600.00	R\$ 21.64	R\$ 26.73	R\$ 42,768.00	7.06%		
1.6	CDHU	54.01.050	Compactação do subleito mínimo de 95% do PN	m²	48.00	R\$ 22.36	R\$ 27.62	R\$ 1,325.76	0.22%		
1.7	SINAPI	95240	LASTRO DE CONCRETO MAGRO, APLICADO EMPISOS, LAJES SOBRE SOLO OU RADIERS, ESPESSURA DE 3 CM. AF_07/2016	m²	65.00	R\$ 16.38	R\$ 20.24	R\$ 1,315.60	0.22%		
1.8	SINAPI	92415	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA, 2	m²	208.00	R\$ 134.26	R\$ 165.86	R\$ 34,498.88	5.69%		
1.9	CDHU	10.01.040	Armadura em barra de aço CA-50 (A ou B) fyk = 500 Mpa	kg	2496.00	R\$ 11.19	R\$ 13.82	R\$ 34,494.72	5.69%		
1.10	CDHU	11.01.170	Concreto usinado, fck = 35 Mpa	m³	31.20	R\$ 520.64	R\$ 643.20	R\$ 20,067.84	3.31%		
1.11	CDHU	32.16.010	Impermeabilização em pintura de asfalto oxidado com solventes orgânicos, sobre massa	m²	208.00	R\$ 19.78	R\$ 24.44	R\$ 5,083.52	0.84%		
1.12	CDHU	14.11.231	Alvenaria de bloco de concreto estrutural 19 x 19 x 39 cm	m²	208.00	R\$ 115.67	R\$ 142.90	R\$ 29,723.20	4.91%		
1.13	CDHU	14.20.010	Vergas, contravergas e pilaretes de concreto armado	m³	19.50	R\$ 1,819.00	R\$ 2,247.19	R\$ 43,820.21	7.23%		
1.14	CDHU	11.18.040	Lastro de pedra britada	m³	60.00	R\$ 193.79	R\$ 239.41	R\$ 14,364.60	2.37%		
1.15	CDHU	54.04.393	Piso em placa de concreto permeável drenante, cor natural - espessura de 8 cm	m²	600.00	R\$ 134.61	R\$ 166.30	R\$ 99,780.00	16.47%		
1.16	COT.	1	Piso Outdoor drenante, modular para quadras	m²	600.00	R\$ 173.00	R\$ 213.72	R\$ 128,232.00	21.17%		
1.17	CDHU	35.01.150	Trave oficial completa com rede para futebol de salão	cj	1.00	R\$ 2,173.07	R\$ 2,684.61	R\$ 2,684.61	0.44%		
1.18	CDHU	46.12.320	Tubo de concreto (PA-1), DN= 300mm	m	80.00	R\$ 142.31	R\$ 175.81	R\$ 14,064.80	2.32%		
1.19	CDHU	46.12.260	Tubo de concreto (PA-1), DN= 400mm	m	80.00	R\$ 157.06	R\$ 194.03	R\$ 15,522.40	2.56%		
1.20	CDHU	46.12.070	Tubo de concreto (PS-2), DN= 500mm	m	80.00	R\$ 166.23	R\$ 205.36	R\$ 16,428.80	2.71%		
1.21	CDHU	46.12.080	Tubo de concreto (PA-1), DN= 600mm	m	80.00	R\$ 260.81	R\$ 322.20	R\$ 25,776.00	4.25%		
1.22	CDHU	46.12.100	Tubo de concreto (PA-1), DN= 800mm	m	100.00	R\$ 454.90	R\$ 561.98	R\$ 56,198.00	9.28%		
CUSTO TOTAL								R\$	605,852.72		

As biovaletas ou valetas de biorretenção vegetadas, segundo Cormier e Pellegrino (2008), são semelhantes aos jardins de chuva, pois também têm a capacidade de promover a infiltração das águas da chuva. Herzog (2013, p. 159) afirma que as biovaletas “recebem as águas de ruas (caixas de rolamento) e calçadas contaminadas por resíduos de óleos, borracha de pneus, partículas de poluição, excrementos de animais e demais detritos”. Cormier e Pellegrino (2008) acrescentam que, apesar dos jardins de chuva serem os maiores responsáveis pelo trabalho de infiltração no solo, as biovaletas contribuem significativamente na filtragem de agentes poluentes transportados pelo escoamento superficial.

Neste sentido, a proposta de aplicação de pomar comunitário com reservatório de água na Figura 46, destaca uma abordagem integrada e sustentável que oferece uma série de benefícios tanto para a natureza quanto para a sociedade. Essa prática inovadora não apenas fornece alimentos frescos para a comunidade, mas também contribui para a gestão eficiente dos recursos hídricos, promovendo uma coexistência harmoniosa entre o ambiente natural e as necessidades humanas (GT AGENDA 2030, 2015).

Conforme apontado por Alves (2015) as florestas urbanas atuam de modo a interceptar e captar a chuva, influenciando desta forma na distribuição de água na superfície do solo. As áreas verdes em espaços urbanos interceptam considerável volume de água, de modo a aumentar a quantidade que efetivamente chega ao solo, o que conseqüentemente reduz o fluxo de água corrente em redes de drenagem e de escoamento urbano, contribuindo desta forma para a diminuição de casos de enchentes e inundações nas cidades (ALVES, 2015).

Benefícios para a Natureza:

- ✓ **Conservação da Água:** O reservatório associado ao pomar comunitário permite a captação e armazenamento de água da chuva, reduzindo a dependência de fontes externas e promovendo a conservação dos recursos hídricos (SOLERA, 2020).
- ✓ **Promoção da Biodiversidade:** O pomar comunitário, se planejado com atenção à diversidade de espécies vegetais, pode atuar como um *habitat* propício para à biodiversidade local, incentivando a presença de polinizadores, pássaros e outros animais benéficos (SOLERA, 2020).
- ✓ **Ciclo de Nutrientes:** A prática agrícola sustentável adotada em pomares comunitários pode promover a ciclagem de nutrientes no solo, melhorando a

saúde do ecossistema e reduzindo a necessidade de insumos químicos prejudiciais (SOLERA, 2020).

Benefícios para a Sociedade:

- ✓ **Segurança Alimentar:** O pomar comunitário fornece acesso direto a alimentos frescos e saudáveis, contribuindo para a segurança alimentar da comunidade e promovendo hábitos alimentares mais saudáveis (SOLERA, 2020).
- ✓ **Fortalecimento Comunitário:** O envolvimento da comunidade no cultivo e cuidado do pomar promove o trabalho em equipe, a cooperação e o senso de pertencimento, fortalecendo os laços sociais e melhorando a qualidade de vida (SOLERA, 2020).
- ✓ **Resiliência à Mudanças Climáticas:** A gestão sustentável da água através do reservatório do pomar ajuda a comunidade a lidar com períodos de seca ou chuvas intensas, aumentando a resiliência local diante das mudanças climáticas (SOLERA, 2020).
- ✓ **Educação Ambiental:** O pomar comunitário pode servir como um local de educação ambiental, onde os membros da comunidade aprendem sobre práticas agrícolas sustentáveis, conservação da água e a importância da biodiversidade (SOLERA, 2020).
- ✓ **Economia Local:** A produção excedente do pomar pode ser comercializada localmente, gerando oportunidades econômicas para a comunidade e incentivando a economia local (SOLERA, 2020).

Desafios e Considerações:

É crucial abordar desafios potenciais, como a gestão adequada do reservatório de água, a manutenção do pomar e a participação ativa da comunidade. Além disso, a seleção de espécies vegetais apropriadas e práticas agrícolas sustentáveis é essencial para garantir o sucesso a longo prazo.

Em conclusão, a análise da aplicação de pomar comunitário com reservatório de água destaca uma abordagem holística que contribui para a sustentabilidade ambiental, a segurança alimentar e o bem-estar social. Essa prática representa um exemplo valioso de como a integração inteligente da natureza nas práticas cotidianas pode gerar benefícios duradouros para a comunidade e o meio ambiente (SOLERA, 2020).

Oliveira (2021, p. 16) destaca que as técnicas compensatórias de drenagem urbana sustentável têm como objetivo "corrigir e prevenir os problemas causados pelas inundações mediante o controle das águas pluviais na fonte". Essas práticas visam atender às metas estabelecidas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), conforme observado por Oliveira (2021).

Figura 46. Praça 7 – Pomar Comunitário com reservatório.



A análise da aplicação de Jardins de Chuva nas figuras 47, 48 e 49 revela uma estratégia inovadora e eficaz para integrar a natureza ao ambiente urbano, proporcionando benefícios significativos para a sociedade e o meio ambiente. Jardins de Chuva são elementos de infraestrutura verde projetados para capturar, filtrar e direcionar as águas pluviais, imitando processos naturais e contribuindo para uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos. A avaliação de sua aplicação oferece insights valiosos sobre os impactos positivos nas esferas ambiental e social.

Melo *et. al* (2014) afirmam que os Jardins de Chuva são baseados no sistema de biorretenção e funcionam como mecanismo para compensação de áreas impermeáveis. Os autores descrevem que os sistemas de biorretenção são instalados em áreas escavadas, preenchidos com material granular de alta permeabilidade e material orgânico, beneficiando, assim, as principais funções do sistema: retenção, filtração e infiltração (MELO *et. al.*, 2014).

Do ponto de vista ambiental, os Jardins de Chuva demonstram eficácia na redução do escoamento superficial, minimizando a poluição da água e favorecendo a recarga de aquíferos locais. Essas características contribuem para a preservação da qualidade da água, promovendo ecossistemas aquáticos saudáveis e sustentáveis. Além disso, a integração de vegetação em Jardins de Chuva oferece benefícios adicionais, como a promoção da biodiversidade urbana e a criação de corredores ecológicos (GONÇALVES; NUCCI, 2017).

Na esfera social, a implementação de Jardins de Chuva pode melhorar significativamente a qualidade de vida nas áreas urbanas. A criação de espaços verdes multifuncionais não apenas proporciona ambientes agradáveis para recreação e interação social, mas também contribui para a redução do calor urbano, melhorando o conforto térmico e a saúde da comunidade. Além disso, a conscientização pública sobre a importância da gestão sustentável das águas pluviais pode ser promovida por meio da visibilidade e educação associadas aos Jardins de Chuva.

A análise econômica também destaca a viabilidade financeira dos Jardins de Chuva, possível observar nas Tabelas 8 e 9, uma vez que essas estratégias não apenas reduzem os custos associados à infraestrutura de drenagem convencional, mas também oferecem economias relacionadas à saúde pública e ao bem-estar social. A valorização de propriedades adjacentes a áreas verdes e a redução de gastos com o tratamento de águas pluviais contaminadas são aspectos econômicos adicionais a serem considerados.

No entanto, a implementação bem-sucedida dos Jardins de Chuva requer planejamento cuidadoso, considerando fatores como topografia local, tipo de solo, demandas hídricas e participação comunitária. A colaboração entre autoridades municipais, especialistas em design urbano, engenheiros e a população local é fundamental para superar desafios e garantir a sustentabilidade a longo prazo dessas intervenções (BARGOS; MATIAS, 2011).

De maneira geral, a análise da aplicação de Jardins de Chuva destaca seu papel na promoção da coexistência harmoniosa entre natureza e sociedade nas áreas urbanas. Essas práticas não apenas contribuem para a gestão sustentável das águas pluviais, mas também proporcionam benefícios tangíveis à qualidade de vida, biodiversidade e resiliência urbana, alinhando-se assim aos objetivos mais amplos de desenvolvimento sustentável.

Figura 47. Praça 5 – Jardim de Chuva drenante (Faixa de 1 metro)



Figura 48. Praça 6 – Jardim de Chuva drenante (Faixa de 1 metro)

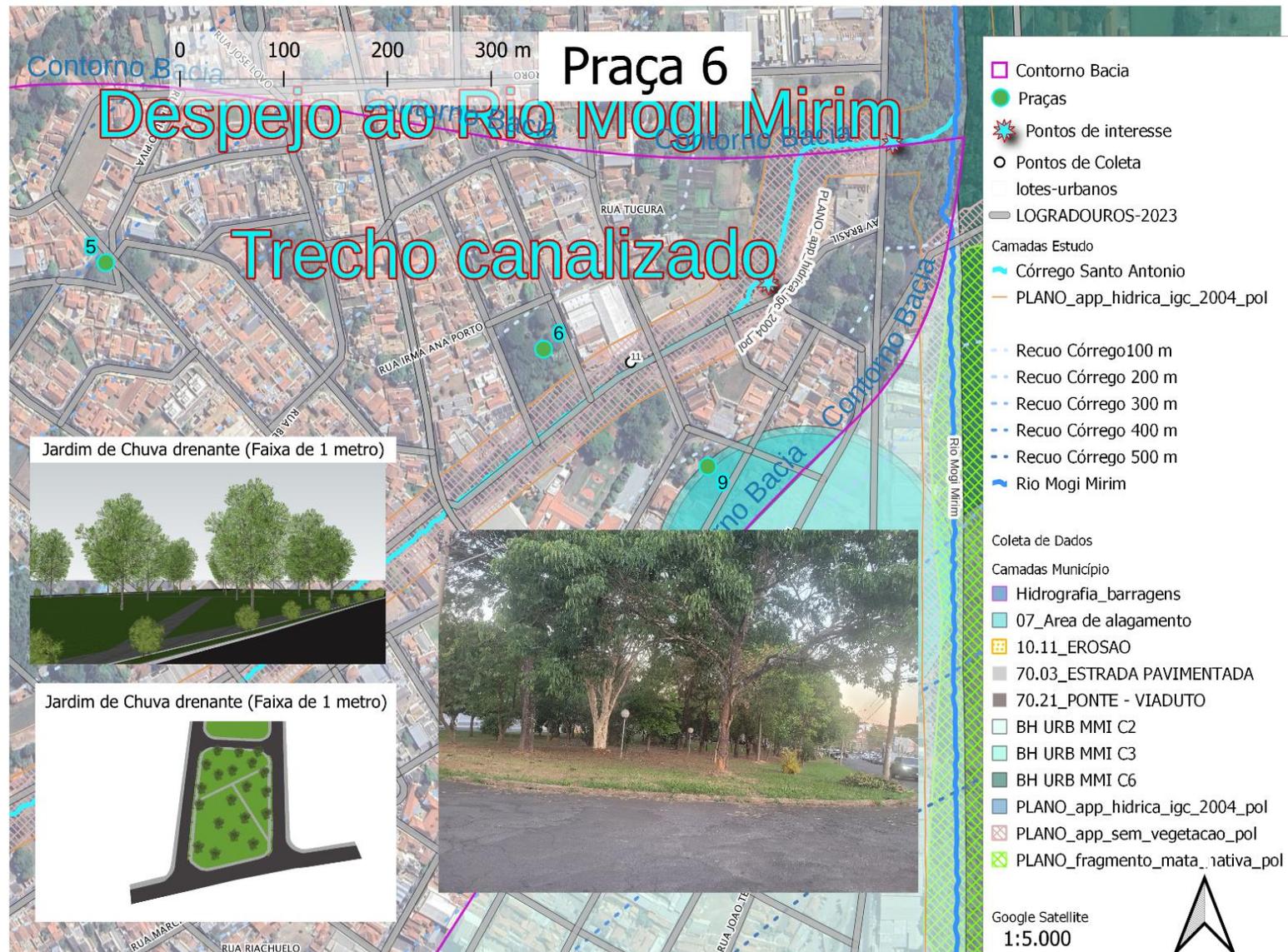
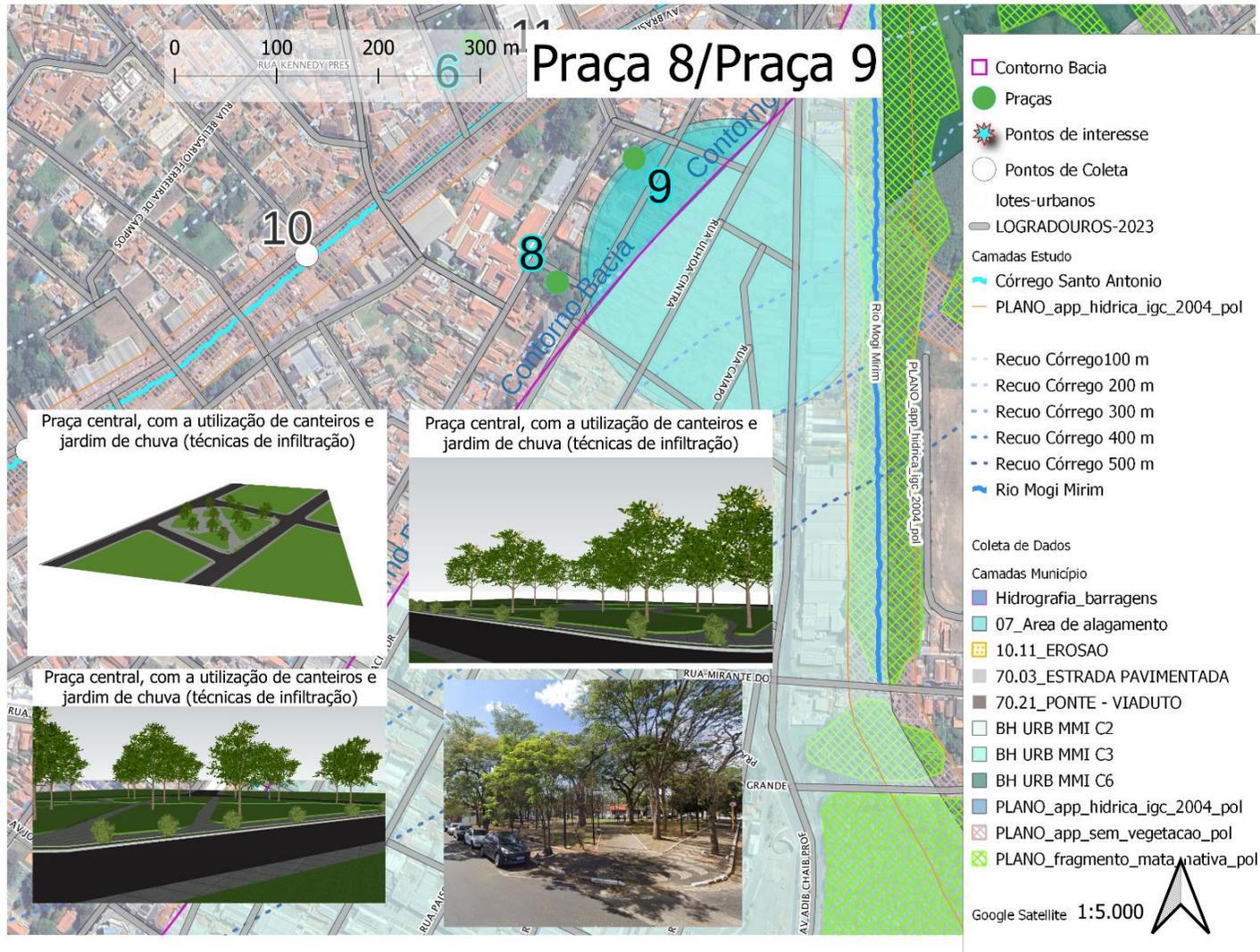


Figura 49. Praças 8 e 9 – Praças centrais, com a utilização de canteiros e Jardim de Chuva (técnicas de infiltração).



As Tabelas 8 e 9 oferecem uma estimativa de custos para a implementação de duas técnicas ilustradas nas figuras 47 e 48. Foram considerados os elementos básicos necessários para a execução, utilizando como referência os preços do SINAPI 11/23 e CDHU 192. No orçamento apresentado na Tabela 8, a estimativa foi elaborada para a implementação de um Jardim de Chuva drenante ao longo da Praça 6, com uma faixa de 1 metro em ambas as laterais. Cada lateral possui 84 metros lineares e está posicionada no sentido do fluxo das águas pluviais, direcionando-as para as margens do córrego Santo Antônio.

Por outro lado, o orçamento descrito na Tabela 9 refere-se à Figura 47, representando também um Jardim de Chuva, mas com características mais próximas a uma trincheira e dimensões menores. Durante a análise in loco, observou-se a presença de uma canaleta de concreto nessa área, que conduz um considerável volume de água sem permitir a infiltração no solo. Ambas as técnicas propostas têm como objetivo reter a água, promovendo a absorção no solo por meio dos jardins e direcionar o escoamento para poços de infiltração (sumidouros) que deverão ser implantados ao redor da praça.

Tabela 8. Estimativa de custo de um Jardim de Chuva de 168 metros lineares.

							Sem Desoneração Fonte:		SINAPI 11/23	
Objeto:	ESTIMATIVA DE CUSTO DE UM JARDIM DE CHUVA DE 168 METROS COM FAIXA DE 1 METRO					BDI:	23.54%		CDHU 192	
Local:	ÁREAS DE ESTUDOS EM MOGI MIRIM - SP					Atualizado:	20/01/2024			
ITEM	FONTE / CÓDIGO		DESCRIÇÃO	UNID	QUANT	VALOR UNITÁRIO	VALOR UNITÁRIO C/ BDI	CUSTO TOTAL	(%) ITENS	
1			JARDIM DE CHUVA COM FAIXA DE 168 METROS LINEARES				SUBTOTAL:		R\$ 136,413.89	100.000%
1.1	CDHU	02.08.020	Placa de identificação para obra	m ²	3.00	R\$ 925.95	R\$ 1,143.92	R\$ 3,431.76	2.52%	
1.2	CDHU	02.09.130	Limpeza mecanizada do terreno, inclusive troncos com diâmetro acima de 15 cm até 50 cm, com caminhão à disposição dentro da obra, até o raio de 1 km	m ²	168.00	R\$ 4.24	R\$ 5.24	R\$ 880.32	0.65%	
1.3	CDHU	05.07.060	Remoção de entulho de obra com caçamba metálica - material rejeitado e misturado por vegetação, isopor, manta asfáltica e lâ de vidro	m ³	67.20	R\$ 124.66	R\$ 154.00	R\$ 10,348.80	7.59%	
1.4	SINAPI	101236	ESCAVAÇÃO VERTICAL PARA INFRAESTRUTURA, COM CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE DE SOLO DE 1ª CATEGORIA, COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA: 0,8 M ³ / 111HP), FROTA DE 6 CAMINHÕES BASCULANTES DE 14 M ³ , DMT DE 3 KM E VELOCIDADE MÉDIA 20 KM/H. AF_05/2020	m ³	67.20	R\$ 21.64	R\$ 26.73	R\$ 1,796.26	1.32%	
1.5	CDHU	54.01.050	Compactação do subleito mínimo de 95% do PN	m ²	168.00	R\$ 22.36	R\$ 27.62	R\$ 4,640.16	3.40%	
1.6	CDHU	54.06.040	Guia pré-moldada reta tipo PMSP 100 - fck 25 Mpa	m	172.00	R\$ 55.04	R\$ 68.00	R\$ 11,696.00	8.57%	
1.7	CDHU	54.04.393	Dreno com pedra britada	m ³	50.40	R\$ 134.61	R\$ 166.30	R\$ 8,381.52	6.14%	
1.8	CDHU	08.05.190	Manta geotêxtil com resistência à tração longitudinal de 16kN/m e transversal de 14kN/m	m ²	84.00	R\$ 21.93	R\$ 27.09	R\$ 2,275.56	1.67%	
1.9	CDHU	08.06.060	Barbacã em tubo de PVC com diâmetro 75 mm	m	168.00	R\$ 34.20	R\$ 42.25	R\$ 7,098.00	5.20%	
1.10	CDHU	46.12.320	Tubo de concreto (PA-1), DN= 300mm	m	50.00	R\$ 142.31	R\$ 175.81	R\$ 8,790.50	6.44%	
1.11	CDHU	46.12.260	Tubo de concreto (PA-1), DN= 400mm	m	60.00	R\$ 157.06	R\$ 194.03	R\$ 11,641.80	8.53%	
1.12	CDHU	46.12.070	Tubo de concreto (PS-2), DN= 500mm	m	60.00	R\$ 166.23	R\$ 205.36	R\$ 12,321.60	9.03%	
1.13	CDHU	49.14.061	SMD1 Sumidouro - poço absorvente	m	8.00	R\$ 2,223.89	R\$ 2,747.39	R\$ 21,979.12	16.11%	
1.14	CDHU	49.14.071	Tampão pré-moldado de concreto armado para sumidouro com diâmetro externo de 2,00 m	und	4.00	R\$ 1,004.83	R\$ 1,241.37	R\$ 4,965.48	3.64%	
1.15	CDHU	34.01.010	Terra vegetal orgânica comum	m ³	33.60	R\$ 223.88	R\$ 276.58	R\$ 9,293.09	6.81%	
1.16	CDHU	34.02.070	Forração com Lírio Amarelo, mínimo 18 mudas / m ² - h= 0,50 m	m ²	168.00	R\$ 81.30	R\$ 100.44	R\$ 16,873.92	12.37%	
CUSTO TOTAL								R\$	136,413.89	

Tabela 9. Estimativa de custo de um Jardim de Chuva tipo trincheira.

								Sem Desoneração	SINAPI	
Objeto:	ESTIMATIVA DE CUSTO DE UM JARDIM DE CHUVA TIPO TRINCHEIRA DE 18 METROS LINEARES						BDI:	23.54%	Fonte:	SINAPI 11/23
Local:	ÁREAS DE ESTUDOS EM MOGI MIRIM - SP						Atualizado:	20/01/2024		CDHU 192
ITEM	FONTE / CÓDIGO		DESCRIÇÃO	UNID	QUANT	VALOR UNITÁRIO	VALOR UNITÁRIO C/ BDI	CUSTO TOTAL	(%) ITENS	
1			JARDIM DE CHUVA TIPO TRINCHEIRA 18 METROS LINEARES			SUBTOTAL:	R\$	20,441.04	100.000%	
1.1	CDHU	02.08.020	Placa de identificação para obra	m ²	3.00	R\$ 925.95	R\$ 1,143.92	R\$ 3,431.76	16.79%	
1.2	CDHU	02.09.130	Limpeza mecanizada do terreno, inclusive troncos com diâmetro acima de 15 cm até 50 cm, com caminhão à disposição dentro da	m ²	21.60	R\$ 4.24	R\$ 5.24	R\$ 113.18	0.55%	
1.3	CDHU	05.07.060	Remoção de entulho de obra com caçamba metálica - material rejeitado e misturado por vegetação, isopor, manta asfáltica e lã de	m ³	6.48	R\$ 124.66	R\$ 154.00	R\$ 997.92	4.88%	
1.4	SINAPI	101236	ESCAVAÇÃO VERTICAL PARA INFRAESTRUTURA, COM CARGA, DESCARGA E TRANSPORTE DE SOLO DE 1ª CATEGORIA, COM ESCAVADEIRA HIDRÁULICA (CAÇAMBA: 0,8 M ³ / 111HP), FROTA DE 6 CAMINHÕES BASCULANTES DE 14 M ³ , DMT DE 3 KME	m ³	6.48	R\$ 21.64	R\$ 26.73	R\$ 173.21	0.85%	
1.5	CDHU	54.01.050	Compactação do subleito mínimo de 95% do PN	m ²	21.60	R\$ 22.36	R\$ 27.62	R\$ 596.59	2.92%	
1.6	CDHU	54.04.393	Dreno com pedra britada	m ³	6.48	R\$ 134.61	R\$ 166.30	R\$ 1,077.62	5.27%	
1.7	CDHU	08.05.190	Manta geotêxtil com resistência à tração longitudinal de 16kN/m e transversal de 14kN/m	m ²	12.00	R\$ 21.93	R\$ 27.09	R\$ 325.08	1.59%	
1.8	CDHU	08.06.060	Barbacã em tubo de PVC com diâmetro 75 mm	m	24.00	R\$ 34.20	R\$ 42.25	R\$ 1,014.00	4.96%	
1.9	CDHU	49.14.061	SM01 Sumidouro - poço absorvente	m	2.00	R\$ 2,223.89	R\$ 2,747.39	R\$ 5,494.78	26.88%	
1.10	CDHU	49.14.071	Tampão pré-moldado de concreto armado para sumidouro com diâmetro externo de 2,00 m	und	1.00	R\$ 1,004.83	R\$ 1,241.37	R\$ 1,241.37	6.07%	
1.11	CDHU	34.01.010	Terra vegetal orgânica comum	m ³	4.32	R\$ 223.88	R\$ 276.58	R\$ 1,194.83	5.85%	
1.12	CDHU	34.02.070	Forração com Lírio Amarelo, mínimo 18 mudas / m ² - h= 0,50 m	m ²	21.60	R\$ 81.30	R\$ 100.44	R\$ 2,169.50	10.61%	
1.13	CDHU	54.06.040	Guia pré-moldada reta tipo PMSP 100 - fck 25 Mpa	m	38.40	R\$ 55.04	R\$ 68.00	R\$ 2,611.20	12.77%	
CUSTO TOTAL								R\$	20,441.04	

6.3. ANÁLISE DAS SOLUÇÕES BASEADAS EM SUDS

A análise da aplicação de Soluções Urbanas de Drenagem Sustentável (SUDS) revela uma abordagem inovadora e eficaz para lidar com os desafios relacionados à gestão das águas pluviais em ambientes urbanos. As SUDS representam um conjunto de práticas que mimetizam os processos naturais, promovendo a infiltração, a retenção e o tratamento das águas pluviais no local de origem. Ao examinar sua aplicação em diferentes contextos urbanos, observa-se uma série de conclusões significativas (GONÇALVES; NUCCI, 2017).

Primeiramente, a eficácia das SUDS na redução do escoamento superficial e na minimização do impacto das inundações demonstra sua capacidade de promover resiliência urbana. A implementação dessas soluções pode resultar em uma gestão mais sustentável e equitativa dos recursos hídricos, contribuindo para a mitigação dos efeitos adversos das mudanças climáticas (MACHADO, 2022).

Além disso, a análise destaca a importância da adaptação das SUDS às características específicas de cada local. A consideração cuidadosa dos fatores climáticos, topográficos, geológicos e sociais é essencial para maximizar os benefícios e superar possíveis desafios. A personalização das soluções SUDS para atender às necessidades locais é crucial para garantir a aceitação e a eficácia a longo prazo dessas soluções.

A avaliação dos custos e benefícios das SUDS revela uma perspectiva positiva, uma vez que essas práticas não apenas oferecem vantagens ambientais, mas também podem resultar em economias financeiras a longo prazo. Segundo dados do *International Institute for Sustainable Development* (IISD), a utilização de infraestruturas baseada na natureza pode custar cerca de 50% menos do que a infraestrutura construída tradicional, ao mesmo tempo em que oferecem benefícios adicionais como aumento da resiliência da cidade, redução das ilhas de calor e uma maior resistência aos eventos extremos ocasionados pelas mudanças climáticas. Além disso, a redução da pressão sobre as infraestruturas convencionais de drenagem, a preservação da qualidade da água e a criação de espaços verdes urbanos são benefícios tangíveis que podem compensar os investimentos iniciais.

No entanto, a implementação bem-sucedida das SUDS enfrenta desafios, como a falta de conscientização, a resistência à mudança e a necessidade de coordenação entre diferentes partes interessadas. A superação desses desafios requer uma abordagem integrada que envolva a comunidade, o setor público, o setor privado e os profissionais de planejamento urbano.

As Soluções Urbanas de Drenagem Sustentável (SUDS) desempenham um papel crucial na abordagem de várias metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Assembleia Geral das Nações Unidas. A implementação de práticas sustentáveis de drenagem urbana contribui para alcançar diversas ODS, com ênfase especial em:

ODS 3 - Saúde e Bem-Estar:

SUDS melhoram a qualidade de vida nas cidades, reduzindo a propagação de doenças relacionadas à água e criando ambientes urbanos mais saudáveis.

ODS 6 - Água Potável e Saneamento:

SUDS promovem a gestão sustentável da água, minimizando a poluição da água e melhorando a qualidade da água disponível para consumo humano.

ODS 9 - Indústria, Inovação e Infraestrutura:

A implementação de infraestrutura de drenagem sustentável envolve inovação em projetos urbanos, incentivando práticas mais eficientes e ecologicamente corretas.

ODS 11 - Cidades e Comunidades Sustentáveis:

SUDS contribuem para o desenvolvimento de cidades resilientes e sustentáveis, melhorando a gestão urbana e reduzindo os riscos de inundação em áreas urbanas.

ODS 12 - Consumo e Produção Sustentáveis:

Ao adotar práticas de gestão de água sustentáveis, SUDS contribuem para o uso eficiente de recursos hídricos e promovem um modelo mais sustentável de consumo e produção.

ODS 13 - Ação contra a Mudança Global do Clima:

SUDS ajudam a mitigar os efeitos das mudanças climáticas, reduzindo as inundações e aumentando a resiliência urbana diante de eventos climáticos extremos.

ODS 15 - Vida Terrestre:

SUDS promovem a preservação dos ecossistemas terrestres, ao contribuir para a conservação do solo, biodiversidade e *habitats* naturais.

Portanto, as Soluções Urbanas de Drenagem Sustentável desempenham um papel multifacetado no alcance das metas globais de desenvolvimento sustentável, proporcionando benefícios ambientais, sociais e econômicos para as comunidades urbanas. À medida que se avança em direção a cidades mais sustentáveis, as SUDS emergem como uma ferramenta valiosa na promoção da resiliência urbana e na busca pelos objetivos mais amplos de desenvolvimento sustentável.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A adoção de práticas de drenagem sustentável baseadas na natureza emerge como uma abordagem promissora para lidar com os desafios associados à gestão de águas pluviais, ao mesmo tempo em que contribui para o alcance de alguns Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Este estudo teve como objetivo investigar e compreender os benefícios e desafios associados à integração de técnicas de drenagem sustentável, inspiradas em processos naturais, no contexto urbano.

Retomando a hipótese, as técnicas construtivas fundamentadas em Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana (SUDS) revelam-se soluções eficazes para enfrentar as questões de inundação na Sub-Bacia do Córrego Santo Antônio, em Mogi Mirim. Após todo o processo desta pesquisa foi possível afirmar que as técnicas dos SUDS oferecem soluções eficazes para inundações em bacias por várias razões:

- ✓ Infiltração de Água: Favorecem o aumento da infiltração no solo, possibilitando a absorção de parte da água da chuva, reduzindo o volume superficial.
- ✓ Redução do Escoamento Superficial: Ao contrário de sistemas tradicionais, controlam o escoamento superficial, minimizando a velocidade e o volume da água que atinge rios e córregos.
- ✓ Melhoria da Qualidade da Água: Incluem medidas para filtrar poluentes antes de chegarem aos corpos d'água, contribuindo para a preservação da qualidade da água.
- ✓ Gestão Integrada das Águas Pluviais: Adotam uma abordagem integrada considerando paisagem, uso do solo e infraestrutura urbana de maneira holística na gestão de águas pluviais.
- ✓ Preservação do Ciclo Hidrológico Natural: Imitam processos naturais, preservando o ciclo hidrológico natural por meio da promoção de infiltração, evaporação e retenção da água na paisagem urbana.
- ✓ Resiliência Climática: Desenvolvidas para lidar com eventos climáticos extremos, como chuvas intensas, contribuindo para a resiliência urbana diante das mudanças climáticas.
- ✓ Aumento da Biodiversidade: Muitas técnicas SUDS incorporam elementos paisagísticos que promovem a biodiversidade, criando ambientes propícios para o crescimento de plantas e *habitats* naturais.

- ✓ Custos Menores a Longo Prazo: Apesar do investimento inicial mais elevado, a manutenção e a operação geralmente são mais econômicas a longo prazo, reduzindo a necessidade de infraestruturas complexas de drenagem.
- ✓ Aceitação Social: SUDS frequentemente são socialmente aceitas, proporcionando benefícios ambientais, paisagísticos e de lazer à comunidade local.

A adoção dessas técnicas não apenas mitiga os impactos das inundações, mas também promove práticas sustentáveis e resilientes na gestão das águas pluviais urbanas.

Ao longo da pesquisa observou-se que as soluções de drenagem sustentável baseadas na natureza não apenas contribuem para uma gestão eficiente das águas pluviais, mas também estão alinhadas com diversos ODS, como a promoção de cidades sustentáveis (ODS 11), a proteção da vida terrestre e aquática (ODS 15), e o combate às mudanças climáticas (ODS 13). A replicabilidade dessas práticas em diferentes contextos urbanos sugere um potencial significativo para a promoção de ambientes mais resilientes e ecologicamente equilibrados.

No entanto, a implementação adequada das SUDS enfrenta diversos percalços, que variam desde a conscientização pública até questões técnicas e de infraestrutura. A educação ambiental e a participação comunitária surgem como ferramentas cruciais para superar esses obstáculos, destacando a importância de envolver os cidadãos no processo de adoção e manutenção de práticas de drenagem sustentável.

Diante dos resultados obtidos, este estudo reforça a necessidade de políticas públicas que incentivem a integração de práticas de drenagem sustentável baseadas na natureza nos projetos urbanos, garantindo a sinergia entre o desenvolvimento urbano e a conservação ambiental. Ao fazê-lo, pode-se vislumbrar não apenas melhorias na gestão das águas pluviais, mas também contribuições concretas para o alcance dos ODS, promovendo um futuro mais sustentável e resiliente para as comunidades urbanas.

8. REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, M. S. P.; POLETO, C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. *Holos Environment*, v. 12, n. 2, p. 121-131, 2012.

ALVES, P. L. Capacidade de interceptação pelas árvores e suas influências no escoamento superficial urbano. 2015. 100 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M; GOLDENFUM, J. A. Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. *RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 5, n. 3, p. 21-29, 2000.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V.; ROCHA, P. A. B. Precipitação efetiva e interceptação das chuvas por floresta de Mata Atlântica em uma microbacia experimental em Cunha-São Paulo. *Revista Árvore*, v. 27, p. 257-262, 2003.

Consulta e cópia de documentos acessados no Arquivo Público e na Secretaria de Planejamento da prefeitura de Mogi Mirim, acesso em 2022 e 2023. AutoCAD Acadêmico. Versão 2022. Autodesk Inc. 2022. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/education/home>. Acesso em: 10 junho. 2022.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. *Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana*, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011.

BASTOS, P. C. Efeitos da Urbanização sobre Vazões de Pico de Enchente. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2009.

BIDONE, F.; TUCCI, C. E. M. Microdrenagem, *In: Drenagem Urbana*, Editora da Universidade ABRH, 1995, cap. 3.

BRADY, N. C. WEIL, R. R. Elementos da natureza e propriedades dos solos. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BRANCHER, K. P. T.; *et al.* Urbanização e abundância de recursos florais afetando as comunidades de abelhas em cidades neotropicais de médio porte. *Ecologia Austral*, p. 1-18, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/aec.13339>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/aec.13339>. Acesso em: 05. jun. 2023.

CASTRO, J. P. R; MARTINS, F. M. C. P. F. Turismo sustentável em espaços naturais protegidos: os parques naturais de Montesinho e Douro Internacional. *Rosa dos Ventos*, v. 3, n. 2, p. 255-265, 2011.

CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. *Paisagem e Ambiente*, n. 25, p. 127-142, 2008.

CNN BRASIL. Tragédia em Petrópolis completa três meses neste domingo. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/tragedia-em-petropolis-completa-tres-meses-neste-domingo/>. Acesso em: 17 set. 2022.

DA SILVA, G. J. A.; SILVA, S. E. Cidade e mobilidade: por um novo desenho urbano no Brasil. Revista do Tribunal de Contas do Estado de Minas Gerais, v. 34, n. 3, 2016.

DE OLIVEIRA, G. T., *et al.* PROBLEMAS CAUSADOS PELA IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO DEVIDA À URBANIZAÇÃO. Salão do Conhecimento, v. 6, n. 6, 2020.

DRUMOND, R. A. S., *et al.* Mudanças climáticas e Plano Diretor: mitigação de inundações em Belo Horizonte. Cadernos Metrópole, v. 25, n. 58, p. 899-9222, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2023-5806>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cm/a/KjDDdSjZX3tCvXkbxx5yLfK/#>. Acesso em: 05 out. 2023.

FANTI, E. Período de retorno: o que é e por que é tão importante? EFCT Cursos, 2022. Disponível em: <https://www.efct-cursos.com.br/post/periodo-de-retorno>. Acesso em: 5 mai. 2023.

FERREIRA, C. J.; ROSSINI-PENTEADO, D.; RAFAELLI, C. B. S.; VEDOVELLO, R. Cartas de suscetibilidades/perigos de deslizamento ou escorregamento, erosão e inundação. 2023. In: Ferreira, C. J. (coordenador): Cartas de suscetibilidade /perigo e aptidão à urbanização e revisão, complementação e atualização do mapeamento de áreas de risco a deslizamento, erosão e inundação do município de Mogi Mirim, SP. IPA-Prefeitura de Mogi Mirim.

FGV EAESP. Cinturão + verde. 2022. Disponível em: <https://eaesp.fgv.br/centros/centro-estudos-sustentabilidade/projetos/cinturao-verde>. Acesso em: 10 mai. 2023.

FUNASA. Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Caderno temático saneamento básico, 2016. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/documents/20182/300120/Drenagem+e+Manejo+das+%C3%81guas+Pluviais+Urbanas.pdf/72c03623-99ee-40d8-b1e8-107c182daf8e?version=1.0>. Acesso em: 4 mai. 2023.

FUNDAÇÃO CENTRO DE TECNOLOGIA. 2023. Disponível em: <https://www.fcth.br/>. Acesso em: 10 agosto. 2023.

GLOBO ECOLOGIA. Saiba o que é o Cinturão Verde da Região Metropolitana de São Paulo. 2011. Disponível em: <http://redeglobo.globo.com/globoecologia/noticia/2011/12/saiba-o-que-e-o-cinturao-verde-da-regiao-metropolitana-de-sao-paulo.html>. Acesso em: 9 mai. 2023.

GONÇALVES, F. T; NUCCI, J. C. Sistemas de drenagem sustentável (suds): propostas para a bacia do rio Juvevê, Curitiba-PR. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 42, p. 192-209, 2017.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Manual de drenagem urbana: região metropolitana de Curitiba-PR. 2002. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/mdu_versao01.pdf. Acesso em: 7 mai. 2023.

Google LLC. Google Earth. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 15, ago., 2023.

GREY, G. W. et. al. Urban forestry. John Wiley and Sons, 1978.

GT AGENDA 2030. ODS. 2015. Disponível em: <https://gtagenda2030.org.br/ods/>. Acesso em: 1 mai. 2023

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Brasileiro de 2021.

International Institute for Sustainable Development. IISD. 2023. Disponível em: <https://www.iisd.org/articles/nature-based-infrastructure>. Acesso em: 18 dez. 2023

HERZOG, C. P. Guaratiba verde: subsídios para o projeto de uma infra-estrutura verde em área de expansão urbana na cidade do Rio de Janeiro. 2009. 189 f. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

HERZOG, C. P. Cidades para Todos: (re)aprendendo a conviver com a natureza. Mauad X: Rio de Janeiro, 2013.

HIJIOKA, A. *et al.* Espaços livres e espacialidades da esfera de vida pública: uma proposição conceitual para o estudo de sistemas de espaços livres urbanos no país. *Paisagem e Ambiente*, n. 23, p. 116-123, 2007.

LEITE, J. R. Corredores ecológicos na reserva da biosfera do cinturão verde de São Paulo: Possibilidades e Conflitos. 2012. Tese (Doutorado em Paisagem e Ambiente) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

LIVESLEY, S. J.; McPHERSON, E. G.; CALFAPIETRA, C., The urban forest and ecosystem services: Impacts on urban water, heat and pollution cycles at the tree, street and city scale. *Journal of Environmental Quality*. v.45, p.119-124, 2016. Disponível em: https://www.fs.fed.us/psw/publications/mcpherson/psw_2016_mcpherson001_livesley.pdf. Acesso em: 22 abr. 2021.

MACHADO, S. S.; SANTOS, C. M.; CABRAL, E. H. de S. Urban planning and housing policy: analyzing the relationship between land regularization, real estate speculation and socio-environmental problems in Brazilian cities. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 16, p. 1-16, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i16.38080>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/38080>. Acesso em: 09 jul. 2023.

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

MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA. O cinturão verde. 2023. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutoflorestal/o-instituto/rbcv/o-cinturao-verde/>. Acesso em: 9 mai. 2023.

MELO, T. A. T.; COUTINHO, A. P.; CABRAL, J. J. da S. P.; ANTONINO, A. C. D.; CIRILO, J. A. Jardim de chuva: sistema de biorretenção para o manejo das águas pluviais

SILVA, W. B. Propor a implantação de poços drenantes para redução do impacto causado por águas pluviais na micro e macrodrenagem. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2016.

SOLERA, M. L. *et al.* (Orgs). Guia Metodológico para Implantação de Infraestrutura Verde. São Paulo: Fundação Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas – FIPT, 2020.

SUTILI, F. J.; DURLO, M. A.; BRESSAN, D. A. Potencial biotécnico do sarandi-branco (*Phyllanthus sellowianus* Müll. Arg.) e vime (*Salix viminalis* L.) para revegetação de margens de cursos de água. *Ciência Florestal*, v. 14, p. 13-20, 2004.

TAVARES, Fabiany Sampaio Bertucci; BERGIER, Ivan; GUARALDO, Eliane. Análise cienciométrica de espaços verdes urbanos e seus serviços ecossistêmicos. *Interações (Campo Grande)*, v. 22, p. 103-114, 2021.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. *Rbrh: Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. *In: Livro água doce*, 1997, cap. 14, p. 1-40. *Gestão de águas pluviais urbanas*. Brasília: Ministério das Cidades, 2005. *Drenagem urbana*. *Ciência e cultura*, v. 55, n. 4, p. 36-37, 2003.

VASCONCELLOS, A. A. Infraestrutura verde aplicada ao planejamento da ocupação urbana na Bacia Ambiental do Córrego D’Antas, Nova Friburgo–RJ. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Departamento de Engenharia Civil, PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2011.

VITTE, A. C.; FRAISOLI, C. Bacia hidrográfica como lugar: a percepção dos moradores da bacia hidrográfica do córrego Santo Antônio, município de Mogi Mirim (SP). *In: ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA*, 10., 2005. Anais [...]. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005.

WOODS-BALLARD, B.; KELLAGHER, R.; JEFFERIES, C.; BRAY, R.; SHAFFER, P. *The SuDS Manual*. Londres: Ciria, 2007.