

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

GIOVANNI DE MENEZES NOVAES FERRAZ SILVA

REQUALIFICAÇÃO DE UM CANAL NO MUNICÍPIO DE DELMIRO GOUVEIA/AL –
ANÁLISE DE ALTERNATIVAS MAIS SUSTENTÁVEIS

Delmiro Gouveia
2023

GIOVANNI DE MENEZES NOVAES FERRAZ SILVA

REQUALIFICAÇÃO DE UM CANAL NO MUNICÍPIO DE DELMIRO
GOUVEIA/AL – ANÁLISE DE ALTERNATIVAS MAIS SUSTENTÁVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Colegiado do Curso
de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Alagoas – Campus do
Sertão, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Dr. Odair Barbosa
de Moraes.

Delmiro Gouveia

2023

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4 2209

S586r Silva, Giovanni de Menezes Novaes Ferraz

Requalificação de um canal no município de Delmiro Gouveia /
AL – Análise de alternativas mais sustentáveis / Giovanni de Mene-
zes Novaes Ferraz Silva. - 2023.
55 f. : il.

Orientação: Odair Barbosa de Moraes.
Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas.
Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2023.

1. Drenagem urbana. 2. Canal urbano. 3. Requalificação. 4. Sus-
tentabilidade. 5. Delmiro Gouveia – Alagoas. I. Moraes, Odair Bar-
bosa de. II. Título.

CDU: 628.14

Folha de Aprovação

GIOVANNI DE MENEZES NOVAES FERRAZ SILVA

REQUALIFICAÇÃO DE UM CANAL NO MUNICÍPIO DE DELMIRO GOUVEIA/AL –
ANÁLISE DE ALTERNATIVAS MAIS SUSTENTÁVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à banca examinadora do curso
de Engenharia Civil da Universidade
Federal de Alagoas – Campus do Sertão, e
aprovado em 26 de abril de 2023.



(Orientador(a) – Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes, Universidade Federal de
Alagoas – UFAL Campus Sertão

Banca examinadora:

(Examinador(a) Externo(a) – Engenheiro Civil Lucas da Silva Teixeira, Universidade
Federal de Alagoas/UFAL, Companhia de Saneamento de Alagoas - CASAL Sertão

(Examinador(a) Interno(a) – Prof. Dra. Viviane Regina Costa Sá, Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas - FAU/UFAL

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, permitindo que conseguisse finalizar esse trabalho e ultrapassar todos os desafios encontrados na graduação. Aos amigos, que me apoiaram e fizeram acreditar na minha capacidade, proporcionaram momentos incríveis e compartilharam ensinamentos de vida. Aos familiares que, apesar das dificuldades, estiveram presentes e abraçaram o sonho de me tornar engenheiro civil.

Agradecer, também, ao orientador professor Dr. Odair Barbosa de Moraes por todo apoio no desenvolvimento e finalização do trabalho de conclusão de curso, além de todo ensinamento em sala de aula.

Não poderia deixar de agradecer ao engenheiro civil Lucas da Silva Teixeira e à professora Dra. Viviane Regina Costa Sá, que disponibilizaram seu tempo para compartilhar conhecimentos acerca desse trabalho e durante minha formação.

RESUMO

O adensamento populacional nos centros urbanos é um tema de extrema relevância e de preocupação, pois, atrelado à falta de planejamento urbano, trará inúmeras consequências para a drenagem urbana de águas pluviais. Diferentes problemas surgem com a ocupação populacional irregular, a exemplo disso: erosão do solo, degradação e alteração dos leitos de mananciais, o agravamento da qualidade da água, bem como efeitos em episódios de cheias e inundações. Estes problemas não são exclusivos das grandes cidades. Pequenas cidades, como Delmiro Gouveia em Alagoas, apresentam situações mal resolvidas de drenagem urbana que podem se transformar em grandes problemas em períodos de chuvas intensas. Este trabalho tem como objetivo explorar possibilidade de requalificação de um canal urbano na cidade de Delmiro Gouveia/AL, por meio de medidas estruturais e não estruturais mais sustentáveis. O método de trabalho associou pesquisa bibliográfica e levantamento exploratório de campo e remoto para verificar possíveis alternativas para a drenagem urbana e manejo de águas pluviais do referido canal. As análises mostram que as medidas tanto estruturais como intervenções no canal e em suas margens, quanto a definição de programas de educação ambiental e de incentivo à adoção de tecnologias de drenagem mais sustentáveis são essenciais para corrigir e evitar problemas sociais e ambientais na região.

Palavras-chave: Drenagem urbana; requalificação; sustentabilidade.

ABSTRACT

Population density in urban centers is a topic of extreme relevance and concern, because, linked to the lack of urban planning, it will have numerous consequences for urban drainage of rainwater. Different problems arise with the irregular population occupation, for example: soil erosion, degradation and alteration of the beds of springs, the worsening of the water quality, as well as effects in episodes of floods and floods. These problems are not unique to big cities. Small towns, such as Delmiro Gouveia in Alagoas, have unresolved urban drainage situations that can turn into major problems in periods of heavy rainfall. This work aims to explore the possibility of requalification of an urban canal in the city of Delmiro Gouveia/AL, through more sustainable structural and non-structural measures. The work method associated bibliographical research and exploratory field and remote surveys to verify possible alternatives for urban drainage and management of rainwater in the referred channel. The analyzes show that both structural measures and interventions in the channel and on its banks, as well as the definition of environmental education programs and incentives for the adoption of more sustainable drainage technologies are essential to correct and avoid social and environmental problems in the region.

Key-words: Urban drainage; requalification; Sustainability

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Impactos gerados no ciclo hidrológico em função das consequências do processo de aumento da malha urbana.....	16
Figura 2 – Diferenças do escoamento de águas em uma área urbana e em uma área rural.....	17
Figura 3 – Concepção geral dos SUDS.....	21
Figura 4 – Sistemas de Micro e Macrodrenagem.	22
Figura 5 – Classificação e exemplificação das medidas para o controle e prevenção de inundações e enchentes.	24
Figura 6 – Telhado verde no <i>Virginia Living Museum</i> em <i>Newport News</i> , Virginia.....	26
Figura 7 – Vista de um pavimento permeável e seus diferentes componentes.....	27
Figura 8 – Jardim de chuva instalado no bairro de Elmhurst em Nova York.....	28
Figura 9 – Faixa gramada instalada no bairro de Woodberry Down, em Londres.....	29
Figura 10 – Vala de infiltração instalada no bairro de Woodberry Down, em Londres.....	30
Figura 11 – Etapas de implantação de trincheira de infiltração no campus da USP/São Carlos.	31
Figura 12 – Localização Geográfica do município de Delmiro Gouveia, Alagoas.....	32
Figura 13 – Sub bacia do Riacho área de estudo.	33
Figura 14 – Localização da Bacia do Maxixe com município de Delmiro Gouveia.	33
Figura 15 – Lançamento de esgoto doméstico ao longo do canal escolhido.....	35
Figura 16 – Sub-bacias do objeto de estudo.	37
Figura 17 – Trechos do canal no ano de 2022.....	40
Figura 18 – Trechos do canal no ano de 2019.	41
Figura 19 – Ilustração de uma calha viária inadequada (superior) e outra adequada (inferior).	43

Figura 20 – Características necessárias para que um dispositivo consiga captar adequadamente as águas pluviais.	44
Figura 21 – Aspecto visual externo de uma trincheira de infiltração.....	46
Figura 22 – Representação da estrutura de uma trincheira de infiltração.....	46
Figura 23 – Escolas municipais localizadas na sub-bacia escolhida para o estudo do presente trabalho.	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Taxas de cobertura dos serviços de abastecimento de água, esgoto e resíduos sólidos – Brasil 2010-2021.....	18
Tabela 2 – Taxas de cobertura dos serviços de drenagem.....	19
Tabela 3 – Estimativa da capacidade de armazenamento do solo, estimativa para o ano de 2017 (situação 1) e para o futuro de urbanização máxima (situação 2)	37
Tabela 4 – Saldo Hídrico para a situação 2.	38
Tabela 5 – Largura necessária do canal para Rugosidade 2.....	39

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	15
1.1.1	OBJETIVO GERAL.....	15
1.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO	16
2.1	Drenagem e manejo de águas pluviais	18
2.2	Microdrenagem, macrodrenagem e medidas estruturais e não estruturais em drenagem urbana.....	22
2.3	Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis	24
2.3.1	Telhados verdes.....	25
2.3.2	Microrreservatórios.....	26
2.3.3	Pavimentos permeáveis e porosos	27
2.3.4	Poços de infiltração	27
2.3.5	Jardim de chuva ou biorretenção	28
2.3.6	Faixa gramada	28
2.3.7	Valas de Infiltração.....	30
2.3.8	Trincheiras de infiltração	30
3	METODOLOGIA	32
3.1	Área de Estudo.....	32
3.2	Levantamento do Entorno	34
3.3	Levantamento e análise de dados secundários	34
3.4	Análise de alternativas de drenagem sustentáveis	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35

4.1	Análise das recomendações de Farias (2017) e possibilidades de intervenção	36
4.2	Recomendações de medidas para a melhoria da drenagem da sub-bacia em estudo	41
4.2.1	Manutenção e limpeza	41
4.2.2	Adequação das calhas viárias	42
4.2.3	Trincheiras de infiltração	44
4.2.4	Pavimentos porosos	47
4.2.5	Incentivo à implantação de jardins drenantes e telhados verdes	47
4.2.6	Programas de educação ambiental nas escolas	47
4.2.7	Plano Diretor	48
5	CONCLUSÕES	50
6	REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O adensamento populacional nos centros urbanos é um tema de grande relevância e preocupação para a hidrologia urbana, visto que, atrelado à falta de planejamento urbano, pode trazer diferentes consequências para a drenagem urbana.

Diferentes problemas surgem com a ocupação populacional irregular, tais como, a erosão do solo, a degradação e alteração dos leitos de mananciais, e o agravamento da qualidade da água, bem como efeitos em episódios de cheias e inundações. Estes problemas estão relacionados às mudanças do balanço hídrico que implicará na drenagem das bacias.

As ocupações decorrentes das construções provocam o processo de impermeabilização do solo das áreas urbanas, levando à diminuição da infiltração da água nessas regiões. Consequentemente, os aquíferos sofrem uma diminuição do seu abastecimento, levando a um elevado escoamento superficial. Todos esses pontos sobrecarregam os sistemas de drenagens urbana e acarretam o aumento do volume de água nos corpos hídricos (ZANANDREA, 2016).

Toda bacia hidrográfica é composta por diferentes subunidades, denominadas de elementos de drenagem, que são de grande importância para o balanço hídrico. Rios, riachos, córregos ou pântanos e várzeas são as subunidades que são formadas a partir das chuvas e em função das características do terreno. Quando a malha urbana vai aumentando, o balanço desse sistema é alterado e daí a necessidade da gestão da drenagem urbana para evitar problemas ambientais e danos à sociedade (MARTINS, 2012).

A forma de gerir uma bacia é de extrema importância e segundo Tucci (2012), “a visão moderna da gestão desenvolve a integração dos recursos hídricos na bacia hidrográfica e das águas urbanas (incluída a drenagem urbana)”, demonstrando assim que há uma integração entre a gestão hídrica e o bem-estar social.

O entendimento do manejo de águas pluviais urbanas passou por evoluções conceituais e pode ser dividido em três etapas. Na primeira, conhecida como drenagem urbana tradicional, o principal propósito era dirimir o impacto das cheias; na segunda etapa, o entendimento passou a ser mais amplo e é denominado de drenagem urbana sustentável, no qual o controle das águas das chuvas na fonte, a indução à infiltração e à retenção das águas passaram a ser fontes de recomposição

do ciclo hídrico; por fim, a terceira etapa se faz com o entendimento de que a gestão dos recursos hídricos precisa levar em consideração a “voz” da água, que fazemos parte do ecossistema hídrico (CHRISTOFIDIS, ASSUMPÇÃO, KLIGERMAN, 2020).

Sendo assim, é de extrema importância que a gestão hídrica seja levada a sério, principalmente, quando se trata de regiões em que, naturalmente, há uma escassez elevada de água, como o sertão alagoano. Dentro desse contexto surgem os denominados Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS) como alternativas para uma gestão eficiente, que respeite o meio ambiente e traga benefícios para a sociedade.

Os SUDS são considerados uma solução de gestão hídrica que buscam reproduzir da forma mais fidedigna possível o ciclo hidrológico anterior às atividades antrópicas na busca de solucionar os problemas de qualidade e quantidade de escoamento de águas pluviais (FERREIRA, 2021).

Ressalta-se que os problemas de drenagem urbana não estão apenas relacionados aos grandes centros urbanos. A sede do município de Delmiro Gouveia tem apresentado reiterados episódios de cheias em alguns dos seus canais, provocando situações de transbordamento e inundações em áreas adjacentes aos mesmos. Tais episódios relacionam-se tanto à ocorrência de chuvas intensas, quanto à ação antrópica de impermeabilização do solo.

Em trabalho anterior, Farias (2017) avaliou a capacidade de escoamento de um canal urbano na cidade de Delmiro Gouveia, apontando possibilidades de inundações em tempos de retorno recomendados para obras de macrodrenagem.

Diante do exposto, o presente trabalho busca pesquisar possíveis soluções baseadas nos Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável para a requalificação do referido canal localizado na cidade de Delmiro Gouveia, Sertão alagoano.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GERAL

Estabelecer medidas potenciais para a drenagem e manejo de águas pluviais em um canal localizado no município de Delmiro Gouveia - Alagoas.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar análise das condições do canal
- Levantar medidas estruturais e não estruturais de drenagem urbana sustentáveis
- Avaliar medidas possíveis de aplicação na drenagem urbana da sub-bacia do canal em estudo.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Além desta introdução, este trabalho possui mais quatro capítulos. No Capítulo, 2 é apresentada uma revisão de literatura acerca do tema, realizando uma análise sistemática e crítica dos trabalhos publicados na área de drenagem urbana.

Já, no Capítulo 3, é apresentada a metodologia utilizada no levantamento e interpretação dos dados utilizados para o apontamento de soluções em relação à drenagem urbana do município de Delmiro Gouveia.

No Capítulo 4, são apresentados os problemas identificados na área escolhida, bem como as possíveis alternativas para a resolução das questões identificadas e no Capítulo 5, são apresentadas as conclusões.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO

O crescimento populacional desordenado nos centros urbanos acarreta diferentes e graves prejuízos socioambientais, isto é, com o passar dos anos a ocupação irregular e desenfreada do solo leva a diferentes prejuízos como a contaminação de águas superficiais e de lençóis freáticos. Esses diferentes prejuízos estão, também, atrelados à falta de políticas públicas que consigam minimizar os impactos, bem como planejar a ocupação dos centros urbanos (SILVA et al.; 2020).

O aumento da malha urbana implica na impermeabilização do solo, isto é, toda a água que antes conseguia escoar pelo solo, infiltrar ou ser retida pela vegetação, passa a escoar em um ambiente impermeável (TUCCI, 2005). Este processo provoca impactos negativos acumulativos, que afetam também a evapotranspiração, agravando ainda mais os problemas ligados ao escoamento superficial como pode-se ver na Figura 1, na qual estão relacionados os elementos do ciclo hidrológico e os impactos gerados no processo de urbanização.

Figura 1 – Impactos gerados no ciclo hidrológico em função das consequências do processo de aumento da malha urbana.

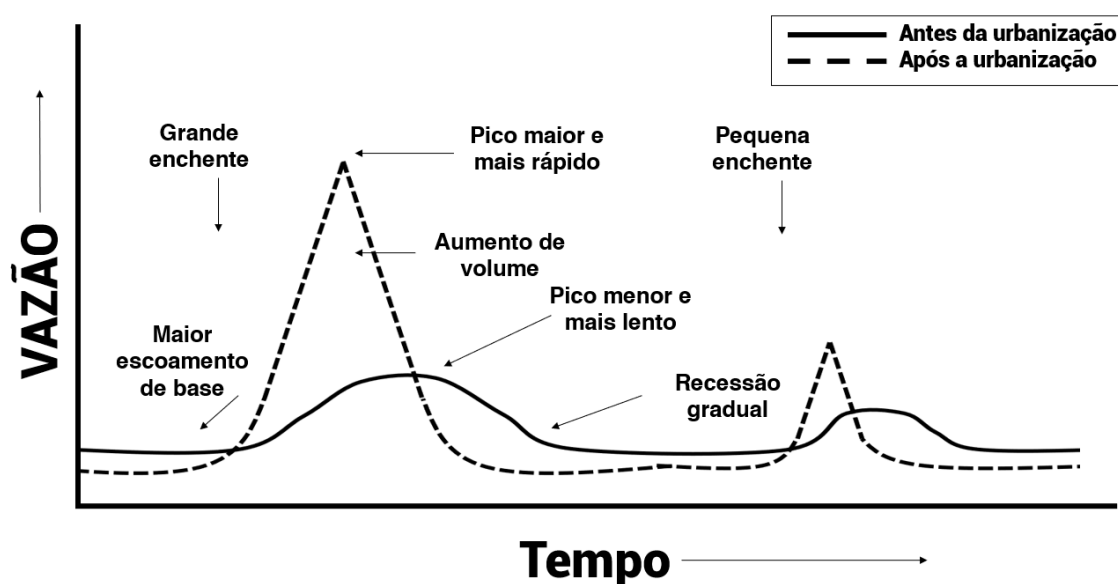


Dos elementos que compõem o ciclo hidrológico, aquele que sofre o maior impacto e que traz as consequências mais negativas é o escoamento superficial, ou

seja, as variáveis afetadas pela falta de escoamento superficial são aquelas que mais trazem prejuízos socioeconômicos (MAYER, 2021).

Por meio da Figura 2 fica visível o desbalanço na vazão de uma área urbana (alto grau impermeabilização) para uma área rural (baixo grau impermeabilização). Os efeitos são sentidos de diferentes formas à medida em que o adensamento populacional aumenta aliado às políticas públicas ineficientes de ordenamento e uso do solo. Eventos de inundação são aqueles que mais são sentidos e que trazem os maiores prejuízos (MAYER, 2021).

Figura 2 – Diferenças do escoamento de águas em uma área urbana e em uma área rural.



Fonte: Adaptado de TUCCI (2005)

O poder público tem papel primordial na contenção desses impactos, uma vez que os efeitos dessa ocupação irregular não são vistos no local onde ocorrem, mas à jusante – mostrando que os afetados são justamente aqueles que não causam o problema (TUCCI, 2005; MAYER, 2021).

Neste sentido, a drenagem urbana enquanto componente do saneamento básico tem papel fundamental na solução dos problemas, no entanto, devido a sua sazonalidade não tem recebido a devida importância dentre as políticas públicas, refletidas nos mais baixos indicadores de cobertura nas cidades.

2.1 Drenagem e manejo de águas pluviais

O Saneamento Básico é composto pelo abastecimento de água potável, o esgotamento sanitário, a limpeza urbana, o manejo de resíduos sólidos e a drenagem e manejo de águas pluviais.

No Brasil, a Lei 14.026 de 2020, chamada de Novo Marco Legal do Saneamento Básico dá nova redação ao Marco Legal de Saneamento de 2007 e define quais são as diretrizes nacionais que ordenam o saneamento básico bem como a política de saneamento básico em nível federal. Em seu 2º parágrafo, Artigo 7º. define como um dos serviços básicos:

Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes. (BRASIL, 2020)

Mesmo com a existência de um Marco Legal de 2007, observa-se que a drenagem urbana obteve poucos avanços, apresentando os piores indicadores dentre os componentes do saneamento básico. Verifica-se na Tabela 2 que apenas 43,5% dos municípios da amostra possuem sistema exclusivo de drenagem das águas pluviais urbanas.

Tabela 1 - Taxas de cobertura dos serviços de abastecimento de água, esgoto e resíduos sólidos – Brasil 2010-2021.

	Atendimento com rede Água		Atendimento com rede Esgoto		Cobertura de coleta domiciliar Resíduos Sólidos	
	2010	2021	2010	2021	2010	2021
População	147,7	177,0	82,7	117,3	119,3	191,3
Total*	81,1%	84,2%	46,2%	55,8%	93,4%	89,9%
População	143,9	167,5	82,3	114,8	113,9	177,8
Urbana*	92,5%	93,5%	53,5%	64,1%	97,2%	98,3%

*em milhões de habitantes

Fonte: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MDR) (2022)

Tabela 2 – Taxas de cobertura dos serviços de drenagem – Brasil 2021.

Sistema de Drenagem Urbana
43,5% dos municípios possuem sistema exclusivo de drenagem
11,9% dos municípios possuem sistema unitário (misto com esgotamento sanitário)
22,1% dos municípios possuem sistema combinado para drenagem
17,0% dos municípios não possuem sistema de drenagem

Fonte: MDR (2022).

Para o município de Delmiro Gouveia, destaca-se que os dados de drenagem urbana constantes no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) apresenta inconsistências, tais como redução do número de bocas de lobo (de 50 para 5, em 2020 e 2021 respectivamente) e diversas lacunas de dados, de forma que não é possível precisar a situação do município nesta questão (MDR, 2022). Assim, há a necessidade de desenvolvimento de estudos e ações para melhoria da qualidade da infraestrutura de drenagem no município, tanto na produção de dados e diagnósticos que municiem o município na tomada de decisão nas políticas públicas de infraestrutura.

Porém, apesar dos poucos avanços, principalmente nas cidades de menor porte, nas últimas décadas também foram identificados avanços na abordagem da drenagem urbana, houve uma mudança de visão havendo a substituição do sistema tradicional por um que busca a integração de manejo sustentável das águas pluviais, aliado ao planejamento urbano. Como solução, surgem os denominados sistemas livres buscando criar projetos multifuncionais, acumulando características e solucionando problemas de drenagem, além de organizar o crescimento urbano e unir áreas fragmentadas (BATTEMARCO et al.; 2018).

Durante a metade do século XX houve um movimento de retificação e canalização de rios, no qual as margens foram drenadas e planificadas, a fim de maximizar o processo de urbanização. Esse processo causou a perda da mata ripária e conseqüente alterações das vazões desses rios, levando a uma maior velocidade do escoamento das águas, o aumento dos processos de erosão e enchentes (MEDEIROS, ULIANA, ARAÚJO, 2020).

Os diferentes problemas relacionados à ocupação irregular do espaço urbano são traduzidos em forma de enchentes e inundações, pois embora sejam problemas antigos, somente no final do século XX se começou a compatibilizar planejamento urbano com planos de drenagem, como o uso de parques lineares para manutenção das várzeas (MACHADO, 2017).

O processo de recuperação de rios e riachos urbanos vem se mostrando cada vez mais importante para o desenvolvimento de sustentabilidade dos centros urbanos. A literatura especializada aponta a necessidade de aliar e integrar abordagens urbanísticas, tecnológicas e ambientais para que aconteça a requalificação e revitalização desses corpos hídricos (BAPTISTA, CARDOSO, 2013).

Sabe-se que a requalificação e revitalização de corpos hídricos, como riachos e canais ao longo dos centros urbanos, trazem diversos benefícios, pois, recuperam as funções hidráulicas, hidrológicas, ecológicas e sociais desses locais (CABRAL, PREUSS, FONSECA NETO, 2014). Os projetos que buscam atuar no processo de recuperação de corpos hídricos devem ser elaborados de forma objetiva e realista, pois podem causar diversos impactos socioambientais, daí a necessidade de realizar análises em diferente escalas e projetos que tragam múltiplos objetivos para a garantia da melhor execução (TRAVASSOS, 2010).

O Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), ligado ao Ministério do Meio Ambiente, diz que a requalificação de riachos e canais:

Compreende o processo de recuperação, de conservação e de preservação ambiental, por meio da implementação de ações integradas e permanentes, que promovam o uso sustentável dos recursos naturais, a melhoria das condições socioambientais, o aumento da quantidade e a melhoria da qualidade da água para usos múltiplos (MMA/FNMA, 2005, apud LIMEIRA; DA SILVA; CÂNDIDO, 2010)

Portanto, são diversas as vantagens envolvidas no processo de recuperação e revitalização de córregos, pois haverá a recuperação do conforto térmico, melhora na drenagem de águas pluviais, retorno de características ecológicas originais, bem como retornos sociais, além do uso desses lugares pela população em geral (CERQUINHA et al., 2015).

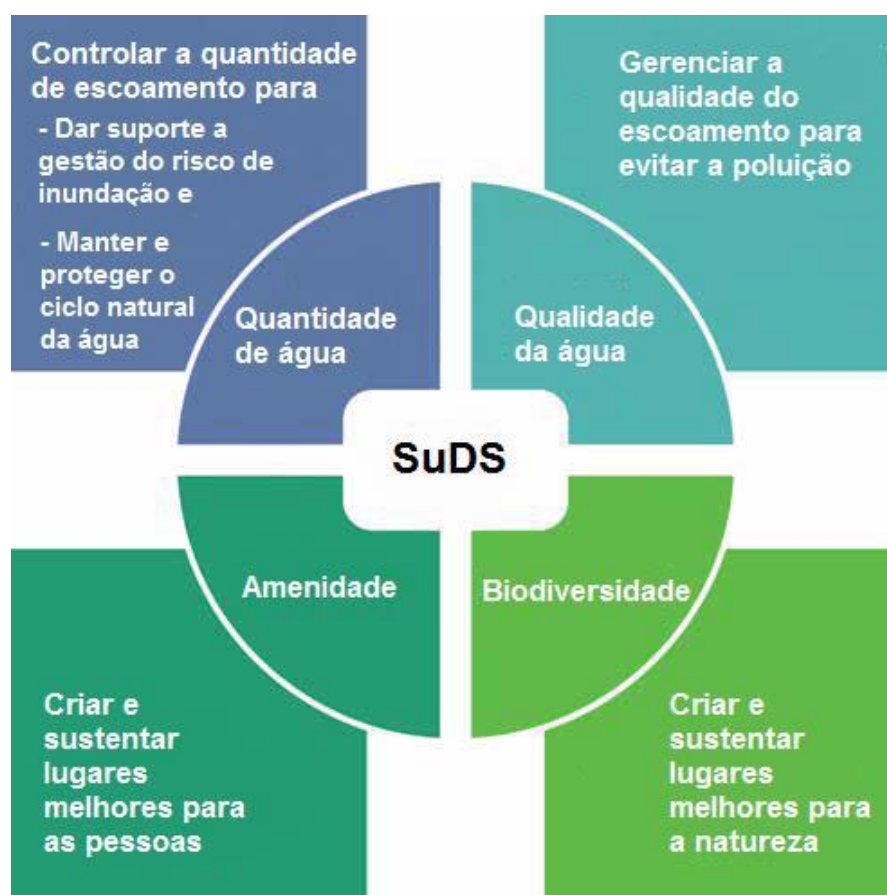
Outrossim, a recuperação desses corpos hídricos, bem como de suas matas ciliares, é extremamente importante para a manutenção da saúde dos lençóis freáticos, uma vez que estes possuem caráter regulador e componente importante no balanço hidrológico por garantir que a água da chuva seja retida, participar da regulação do escoamento superficial, e consequentemente atuar no abastecimento do lençol freático (ROSIN, 2016).

A recuperação e requalificação de rios urbanos inserem-se numa abordagem que chamamos de Drenagem Urbana Sustentável, ou Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS). Os SUDS são definidos como:

elementos integrantes da infraestrutura hidráulica urbana, preferivelmente vegetados (naturalizados), e destinados a filtrar, reter, infiltrar, transportar e armazenar água de chuva, de forma que não sofra nenhuma degradação, ou inclusive permita a eliminação, de forma natural, de parte da carga contaminante que possa ter adquirido por processos de escoamento urbano prévio” (GONZALO, 2008, APUD GUTIERREZ; RAMOS, 2019).

Os SUDS são dispositivos e técnicas desenvolvidos acerca dos seguintes objetivos: quantidade, qualidade, amenidade e biodiversidade, as quais devem ser alcançadas de maneira equilibrada (WOODS-BALLARD et al.,2007).

Figura 3 – Conceção geral dos SUDS.



Fonte: Woods-Ballard et al. (2007).

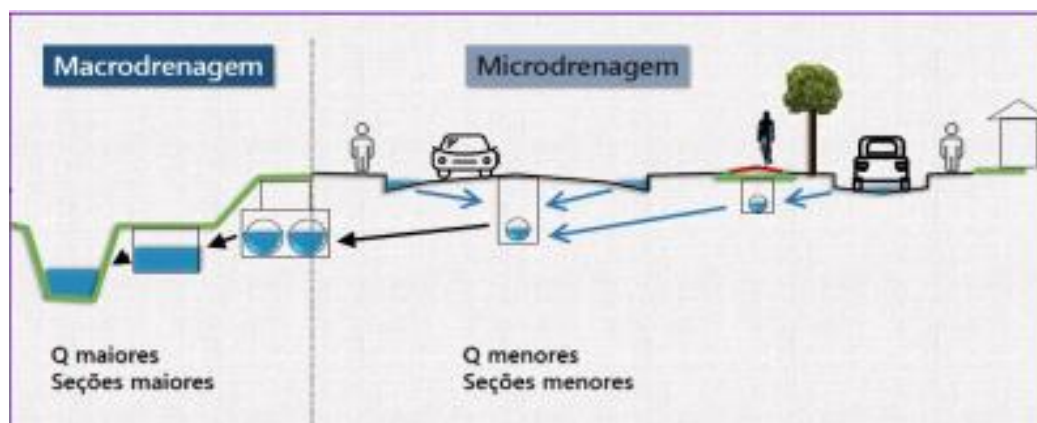
As medidas que podem ser tomadas como drenagem sustentável, podem ser também classificadas como estruturais e não estruturais, as quais serão discutidas a

seguir juntamente com alguns conceitos básicos de drenagem necessários à compreensão do trabalho.

2.2 Microdrenagem, macrodrenagem e medidas estruturais e não estruturais em drenagem urbana

Basicamente, os sistemas de drenagem de águas pluviais são compostos pela microdrenagem, compreendida por condutos que captam, de forma local e de forma distribuída, as águas superficiais escoadas superficialmente; são exemplos os canais, meio-fio, sarjetas e bocas de lobo. Já a macrodrenagem é a responsável por destinar as águas acumuladas no sistema de microdrenagem a fim de evitar enchentes; além disso, esse sistema pode ser constituído por estruturas construídas, como galerias, ou aproveitar estruturas naturais, como os talwegues (SILVA et al., 2018).

Figura 4 – Sistemas de Micro e Macrodrenagem.



Fonte: DA SILVA MIRANDA, DA SILVA, 2022.

Uma outra definição é encontrada na publicação do Governo Federal Cadernos temáticos Saneamento Básico - Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas para micro e macrodrenagem. Neste caderno a microdrenagem é definida como os sistemas iniciais de drenagem que considera a coleta e afastamento das águas superficiais ou subterrâneas através de pequenas e medias galerias ($\phi < 1,5m$) e todos os componentes para que isso ocorra. E a macrodrenagem inclui, além da microdrenagem, as galerias de grande porte ($\phi > 1,5m$) e os corpos receptores tais como canais e rios canalizados (BRASIL, 2016).

As medidas estruturais e não estruturais são formas de controle e prevenção de inundações e enchentes. As medidas estruturais ocorrem quando o ser humano realiza intervenções e provoca mudanças no curso natural de corpos hídricos; já as não estruturais, é quando não houve mudanças no curso natural desses corpos hídricos, isto é, os seres humanos convivem com esse corpo hídrico (SETTI, 2016).

Medidas estruturais e não estruturais são duas categorias de ações utilizadas para prevenir ou mitigar impactos ambientais, sociais ou econômicos decorrentes de eventos naturais, como enchentes, secas, deslizamentos de terra, entre outros. As medidas estruturais são aquelas que envolvem a construção de infraestrutura, enquanto as medidas não estruturais são aquelas compreendidas em ações que não envolvem a construção de estruturas físicas (SETTI, 2016).

Alguns exemplos de medidas estruturais são:

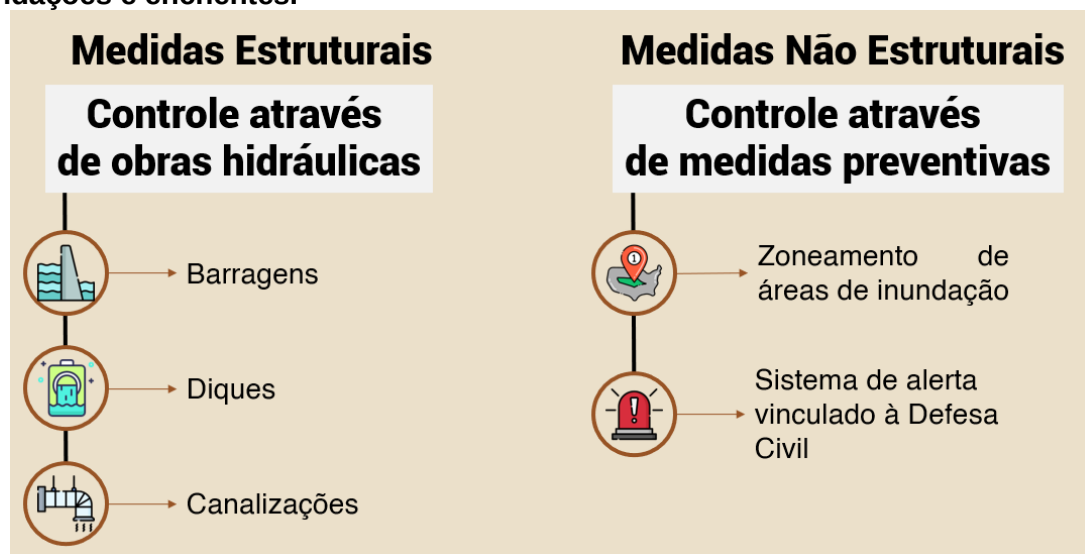
- Construção de barragens, diques, canais e outras estruturas para controle de enchentes e secas;
- Instalação de sistemas de drenagem pluvial, como galerias, bueiros e poços de infiltração;
- Proteção de margens de rios e córregos, com o uso de muros, enrocamentos e plantio de vegetação;
- Reforço de encostas e taludes, com a construção de muros de contenção e instalação de redes de drenagem.

Já alguns exemplos de medidas não estruturais são:

- Campanhas de conscientização da população para a redução do consumo de água;
- Implantação de programas de educação ambiental para comunidades afetadas por eventos naturais;
- Monitoramento e previsão de eventos climáticos e hidrológicos, com o uso de sistemas de alerta e prevenção;
- Revisão de leis e normas de uso e ocupação do solo para evitar ocupações em áreas de risco.

Em geral, a combinação de medidas estruturais e não estruturais é a mais eficaz para a prevenção e redução de impactos decorrentes de eventos naturais, pois cada uma dessas ações pode trazer benefícios específicos e complementares para a gestão de riscos e para a promoção da sustentabilidade ambiental, social e econômica. A Figura 10 apresenta essas medidas.

Figura 5 – Classificação e exemplificação das medidas para o controle e prevenção de inundações e enchentes.



Fonte: O autor, 2023.

A combinação dessas medidas mitigará ao máximo situações de inundações. É preciso que o poder público esteja ciente de que somente a combinação dessas duas classes de medidas será capaz de evitar perdas materiais e humanas, proporcionando a convivência harmoniosa com aquele corpo hídrico (SETTI, 2016).

2.3 Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentáveis

Como afirmado, a combinação de medidas estruturais e não estruturais podem gerar soluções mais sustentáveis de drenagem urbana. Os SUDS são capazes de oferecer diferentes soluções para problemas na gestão de águas pluviais. Esses sistemas oferecem uma gama de benefícios para a população em termos de serviços ecológicos ou ambientais, são aqueles ofertados pela natureza aos seres humanos e que são extremamente importantes para sua sobrevivência, sendo relacionados à qualidade de vida e bem-estar social (JOHNSON; GEISENDORF; 2022).

Sabe-se que as diferentes atividades antropogênicas causam diferentes impactos ambientais graves e extremamente complexos de se resolver. Há autores sugerindo que a crise da biodiversidade está completamente ligada à habitação fragmentada dos centros urbanos bem como a intensificação das práticas agrícolas (CHAPMAN; HALL; 2022).

As cidades brasileiras se expandiram de forma espalhada, o que levou à periferização, fragmentação e dispersão desses centros urbanos. Essa problemática está diretamente relacionada aos diferentes problemas sociais observados ao longo do território brasileiro, isto é, uma população que sofre sem acesso à infraestrutura adequada, por exemplo, de redes de coleta de águas pluviais (MAIA, 2010).

Sendo assim, é de extrema importância buscar soluções que sejam benéficas para o meio ambiente e para a sociedade, estando aí a questão da aplicação e viabilização dos SUDS, buscando integrar meio ambiente e sociedade através de práticas que visam diminuir o impacto das atividades antropogênicas.

A literatura mostra que existem diferentes exemplos de SUDS já sendo aplicados; drenos de árvore, esverdeamento de fachadas, valas, telhados verdes, pavimento permeável e filtros de retenção de solo são alguns desses exemplos (FLETCHER et al.; 2015). São estratégias importantes, pois, elas são responsáveis por garantir uma maior naturalidade do ciclo da água e, conseqüentemente, melhorando a qualidade da água nos corpos d'água receptores.

A seguir podem ser vistos exemplos de soluções que têm sido utilizadas em SUDS.

2.3.1 Telhados verdes

Os telhados verdes são uma técnica de arquitetura sustentável consistindo em transformar a cobertura de edifícios em áreas verdes. Essas coberturas são compostas por camadas de solo, plantas e sistemas de drenagem que permitem a retenção e a infiltração da água da chuva, além de contribuir para a melhoria da qualidade do ar e do conforto térmico (CORREA & GONZALEZ, 2002).

Figura 6 – Telhado verde no Virginia Living Museum in Newport News, Virginia



Fonte: GUTIERREZ, RAMOS, 2019.

Os telhados verdes apresentam diferentes benefícios ambientais e sociais, como: a redução da poluição do ar, melhoria na qualidade do ar de ambientes internos (como residências), diminuição dos efeitos das ilhas de calor, redução do consumo de energia, incentivo à biodiversidade urbana e redução do escoamento superficial. Além disso, esses dispositivos podem ser instalados em diferentes tipos de edifícios (GUTIERREZ, RAMOS, 2019).

2.3.2 Microrreservatórios

São pequenos reservatórios de água, com capacidade para armazenar volumes entre 1 e 100 m³. Essa técnica de armazenamento de água pluvial tem como objetivo reter a água da chuva em locais próximos aos pontos de uso, como residências, comércios e indústrias, reduzindo o escoamento superficial e o risco de enchentes (DE PAULA DRUMOND, 2019).

Além disso, os microrreservatórios também contribuem para a redução do consumo de água potável, uma vez que a água armazenada pode ser utilizada para fins não potáveis, como irrigação de jardins, descarga de vasos sanitários, lavagem de pisos e carros, entre outros (DE PAULA DRUMOND, 2019).

Os microrreservatórios podem ser construídos em diferentes materiais, como concreto, fibra de vidro, polietileno, entre outros. É importante que o material seja resistente e impermeável, garantindo a qualidade da água armazenada (DRUMOND, 2012).

2.3.3 Pavimentos permeáveis e porosos

Os pavimentos permeáveis e porosos são uma técnica utilizada na gestão da água pluvial em áreas urbanas. Diferentemente dos pavimentos convencionais, que são impermeáveis e contribuem para o escoamento superficial da água da chuva, os pavimentos permeáveis e porosos permitem a infiltração da água no solo, contribuindo para a recarga dos aquíferos e a redução do risco de enchentes (FERGUSON, 2005).

Figura 7 – Vista de um pavimento permeável e seus diferentes componentes.



Fonte: GUTIERREZ, RAMOS, 2019.

Os pavimentos permeáveis e porosos são uma técnica eficiente para a gestão da água pluvial, contribuindo para a redução do impacto ambiental causado pelo escoamento superficial, a recarga dos aquíferos e a melhoria da qualidade de vida nas áreas urbanas.

2.3.4 Poços de infiltração

Os poços de infiltração são uma técnica utilizada na gestão da água pluvial em áreas urbanas. Trata-se de uma estrutura subterrânea que permite a infiltração da água da chuva no solo, contribuindo para a recarga dos aquíferos e a redução do escoamento superficial. São construídos em locais estratégicos, como em áreas de maior concentração de água da chuva, como estacionamentos, pátios e jardins (REIS; OLIVEIRA; SALES, 2008).

2.3.5 Jardim de chuva ou biorretenção

O jardim de chuva, também conhecido como biorretenção, é uma técnica de gestão de águas pluviais que tem como objetivo reduzir o escoamento superficial, melhorar a qualidade da água e promover a infiltração da água da chuva no solo. Essa técnica consiste em uma área plantada com vegetação adaptada a ambientes úmidos, sendo projetada para receber e armazenar a água da chuva que escoar de superfícies impermeáveis, como telhados, pátios e ruas (TROWSDALE & SIMCOCK, 2011).

Figura 8 – Jardim de chuva instalado no bairro de Elmhurst em Nova York.



Fonte: GUTIERREZ, RAMOS, 2019.

2.3.6 Faixa gramada

É uma técnica de paisagismo urbano que consiste na utilização de áreas gramadas em espaços urbanos, como canteiros centrais de avenidas, praças e parques. Tem como objetivo melhorar a qualidade ambiental e paisagística das cidades, contribuindo para a redução do impacto ambiental causado pelo desenvolvimento urbano (FCTH, 1999).

São compostas por gramíneas, sendo plantas adaptadas a ambientes abertos e que requerem pouca manutenção. As gramíneas têm a capacidade de absorver a

água da chuva e ajudam a reduzir o escoamento superficial, contribuindo para a recarga dos aquíferos (RODRIGUES et al., 2017).

Figura 9 – Faixa gramada instalada no bairro de Woodberry Down, em Londres.



Fonte: GUTIERREZ, RAMOS, 2019.

2.3.7 Valas de Infiltração

As valas de infiltração são uma técnica de gestão de águas pluviais que consiste na construção de valas escavadas no solo, preenchidas com material poroso, como pedra, cascalho ou areia, que permitem a infiltração da água da chuva no solo. Essa técnica é especialmente útil em áreas urbanas com grande quantidade de superfícies impermeáveis, como ruas, calçadas e edifícios, onde o escoamento superficial pode causar enchentes e danos ao meio ambiente (TUCCI, 1997).

Figura 10 – Vala de infiltração instalada no bairro de Woodberry Down, em Londres.

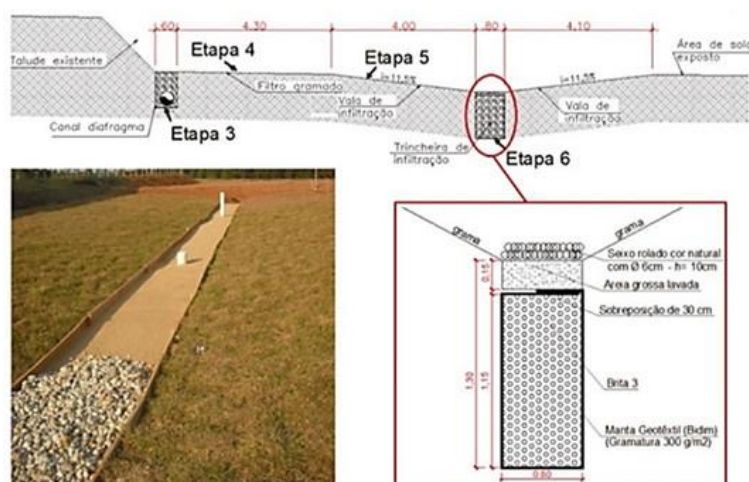


Fonte: GUTIERREZ, RAMOS, 2019.

2.3.8 Trincheiras de infiltração

As trincheiras de infiltração são uma técnica de gestão de águas pluviais que consiste na construção de valas rasas no solo, preenchidas com material poroso, como pedra, cascalho ou areia, que permitem a infiltração da água da chuva no solo. Essa técnica é especialmente útil em áreas urbanas com grande quantidade de superfícies impermeáveis, como ruas, calçadas e edifícios, onde o escoamento superficial pode causar enchentes e danos ao meio ambiente. (MIKKELSEN et al., 1997).

Figura 11 – Etapas de implantação de trincheira de infiltração no campus da USP/São Carlos.



Fonte: Gutierrez et al., 2011.

As trincheiras de infiltração são uma técnica eficiente e sustentável para a gestão da água pluvial em áreas urbanas, contribuindo para a redução do impacto ambiental causado pelo escoamento superficial, a recarga dos aquíferos e a melhoria da qualidade de vida nas cidades (KUMAR et al., 2022).

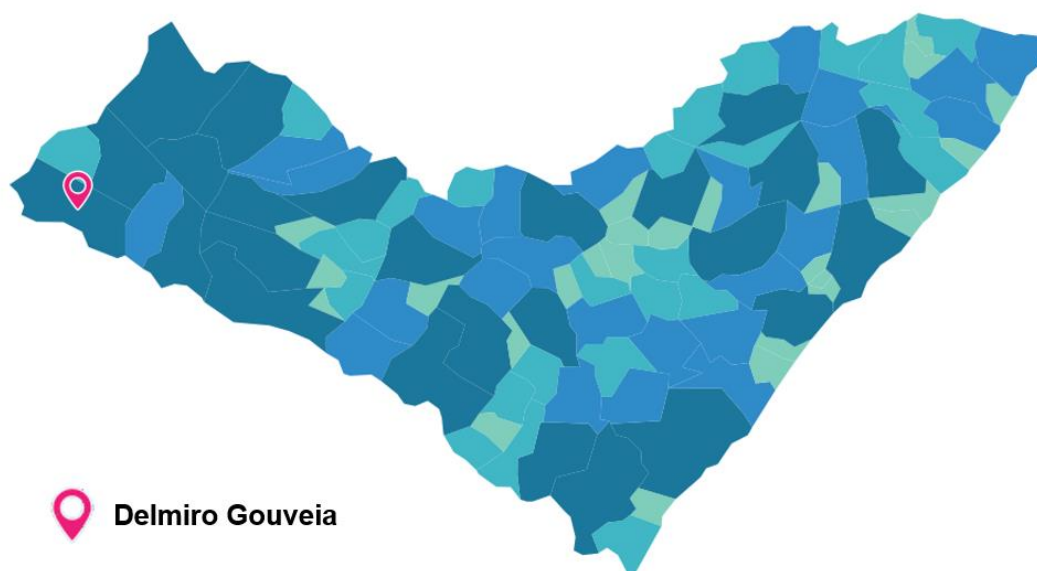
Como afirmado anteriormente estas soluções podem ser combinadas para obter sistemas de drenagem mais eficientes e sustentáveis. Neste trabalho, será verificada a potencialidade de uso para aplicação em um riacho na cidade de Delmiro Gouveia/Alagoas.

3 METODOLOGIA

3.1 Área de Estudo

A área de estudo está localizada na cidade de Delmiro Gouveia, estado de Alagoas. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) esse município detém uma extensão territorial de 628,545 km². O esgotamento sanitário é de aproximadamente 72,7%, porta o bioma da caatinga e uma estimativa populacional de 52.501 habitantes (IBGE, 2021). A Figura 12 mostra a localização geográfica dessa cidade no estado de Alagoas.

Figura 12 – Localização Geográfica do município de Delmiro Gouveia, Alagoas.



Fonte: IBGE, 2021.

A proposta de análise do presente estudo foi realizada em um canal, num curso d'água efêmero de ordem 1 que está localizado no perímetro urbano da cidade de Delmiro Gouveia.

A bacia hidrográfica do Maxixe está situada na região hidrográfica do talhado e essa região tem um clima semiárido. A necessidade da realização de um estudo que busque revitalizar esta área é devido a possibilidade de cheias, como apontado por Farias (2017).

3.2 Levantamento do Entorno

O levantamento do entorno foi feito a partir de visitas de campo com registro fotográfico para a obtenção das condições atuais e possíveis áreas de intervenção. Foi também realizado um levantamento por meio de imagens de satélite utilizando o software Google Earth Pro.

3.3 Levantamento e análise de dados secundários

A partir do trabalho de Farias (2017) os resultados foram analisados com vistas a propor medidas estruturais ao longo do curso d'água. Esta análise buscou verificar a possibilidade de alterações nas medidas do canal para suprir possíveis demandas em tempos de cheias.

3.4 Análise de alternativas de drenagem sustentáveis

A partir do levantamento do entorno e da análise de dados buscou-se verificar quais medidas poderiam se adequar a realidade do canal em estudo buscando recomendações para o detalhamento de possíveis ações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A população que reside próxima ao canal em estudo sofre com problemas relacionados à poluição do corpo hídrico, como o mau cheiro e a presença de insetos e roedores que acabam se fazendo presentes nos domicílios. O risco de transbordamento dele, em períodos chuvosos, é preocupante por ocasionar, além de prejuízos financeiros, a propagação de doenças que são transmitidas por meio de veiculação hídrica.

O processo de ocupação do entorno do canal já é bastante denso como mostrado na Figura 6. Detectou-se que essa ocupação ocorreu com a ausência de rigor em relação às condições de declividades acentuadas em diferentes trechos.

A ocupação ao longo deste canal trouxe graves prejuízos ambientais porque este recebe um grande aporte de esgoto doméstico, como mostrado na Figura 15, seja por meio de ligações diretas de quem habita às margens ou por meio de ligações de redes simplificadas que trazem a coleta realizada em conjuntos habitacionais.

Figura 15 – Lançamento de esgoto doméstico ao longo do canal escolhido.



Fonte: O autor, 2022.

Historicamente, as cheias têm sido uma preocupação para a população local, com registros de eventos significativos que causaram danos materiais e humanos. Em 2018, uma enchente atingiu a cidade, causando deslizamentos de terra, destruição de pontes e rodovias, e a evacuação de pessoas de áreas de risco (RODRIGUES, 2018).

Sendo assim, a população ainda enfrenta desafios para lidar com as cheias de Delmiro Gouveia, sobretudo em áreas mais vulneráveis e carentes de infraestrutura adequada. Ainda assim, a gestão sustentável dos recursos hídricos e a adoção de práticas preventivas podem ajudar a minimizar os impactos das enchentes, de forma a garantir segurança e o bem-estar da população local.

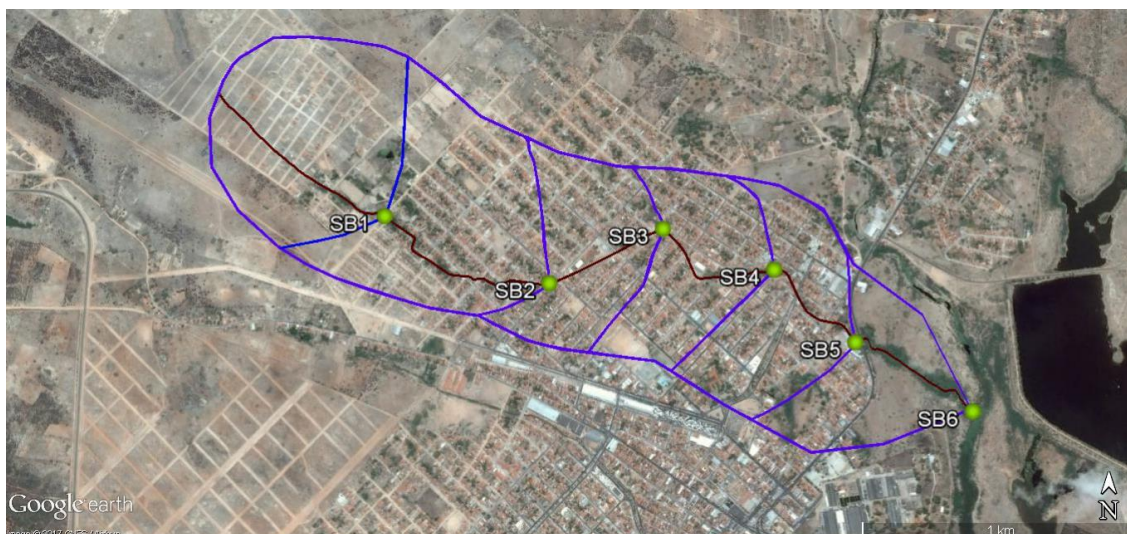
A ausência de infraestrutura de drenagem na área ao longo de ruas não pavimentadas faz com que surjam valetas profundas permitindo, portanto, o transporte de sedimentos em grandes quantidades.

Farias (2017) aponta em seu trabalho a necessidade de intervenções na localidade escolhida, por se tratar de uma área que ocorre o lançamento de resíduos sólidos urbanos diretamente no córrego, incluindo o lixo doméstico, contribuindo para a obstrução das canalizações, bem como a multiplicação de pragas urbanas

4.1 Análise das recomendações de Farias (2017) e possibilidades de intervenção

No estudo de Farias (2017) a sub-bacia que abrange o canal em análise foi dividida em 6 partes conforme apresentado na Figura 16. A sub-bacia 1 foi a que apresentou o maior índice de escoamento na situação atual, tendo uma curva número (CN) de 80,72 com um percentual de solo exposto de 94% apenas 6% de área urbanizada. A CN é um parâmetro para o cálculo da chuva efetiva ou chuva de projeto utilizada no método SCS para o cálculo das vazões de projeto. Quanto menor a CN mais permeável é a cobertura do solo da bacia em estudo, logo, será menor o seu escoamento superficial e, portanto, reduzindo a possibilidade de inundações. Considerando a futura ocupação do entorno dessa bacia, a CN atingirá cerca de 89,60 com 20% de solo exposto e 80% de área urbanizada, isto é, há um grande aumento do escoamento superficial exigindo a adequada instalação dos equipamentos de drenagem urbana para serem capazes de escoar o montante de águas pluviais (FARIAS, 2017).

Figura 16 – Sub-bacias do objeto de estudo.



Fonte: Farias (2017)

A partir dos valores de CN Farias (2017) estimou tanto da capacidade de armazenamento do solo (S), como as perdas iniciais (I_a) dessas sub-bacias em duas situações: situação 1 (cenário de 2017) e situação 2 (cenário futuro de urbanização máxima). Por conseguinte, a sub-bacia 1 foi a que apresentou a maior perda percentual para S e para I_a , onde o cenário 1, que represente o cenário atual de ocupação da área, tem 60,67 mm para S e 12,13 para I_a , já no cenário 2, essa sub-bacia apresenta valores de 29,47 mm para S e 5,89 para I_a (FARIAS, 2017), conforme a tabela 3.

Tabela 3 – Estimativa da capacidade de armazenamento do solo, estimativa para o ano de 2017 (situação 1) e para o futuro com taxa de urbanização máxima (situação 2).

Sub-bacia	Situação 1		Situação 2	
	S (mm)	$I_a = 0,2 \cdot S$	S (mm)	$I_a = 0,2 \cdot S$
SB1	60,67	12,13	29,47	5,89
SB2	45,67	9,13	30,54	6,11
SB3	40,28	8,06	28,87	5,77
SB4	37,28	7,46	28,11	5,62
SB5	35,16	7,03	27,58	5,52
SB6	36,82	7,36	30,06	6,01

Fonte: Farias (2017)

A partir desses dados e dos dados de precipitação Farias (2017) utilizou a ferramenta de hidrograma para entender a propagação do escoamento na área estudada. Um hidrograma de cheia é um gráfico que representa a variação da vazão

(quantidade de água que passa por um determinado ponto num determinado período de tempo) de um rio ou curso d'água durante o evento de enchente.

O hidrograma de cheia é importante para o estudo e o monitoramento de enchentes e inundações em bacias hidrográficas, pois permite avaliar a magnitude e a duração da cheia, além de fornecer informações importantes para a elaboração de medidas preventivas e de gestão de risco. O hidrograma de cheia é geralmente utilizado por engenheiros e técnicos em recursos hídricos para o dimensionamento de estruturas de controle de enchentes, tais como diques, barragens e comportas. Portanto, uma importante ferramenta no enfrentamento de situações de transbordamentos e cheias.

Com os resultados das vazões de pico e os dados da geometria do canal Farias (2017) constatou a possibilidade de transbordamento do canal (valores negativos de saldo hídrico) em chuvas com Tempos de retorno recomendados para cálculos de macrodrenagem que são 50 a 100 anos, a até tempos inferiores. Farias (2017) simulou duas possibilidades de rugosidade: 1 – talude em alvenaria de pedra argamassada, fundo revestido com concreto e talude vegetado, todos em condições regulares; e 2 – talude em alvenaria de pedra argamassada e fundo revestido com concreto, ambos em condições muito boas.

Tabela 4 – Saldo Hídrico para a situação 2.

Sub- bacia	Rugosidade 1			Rugosidade 2		
	25 anos	50 anos	100 anos	25 anos	50 anos	100 anos
SB1	0,38	-1,68	-3,83	6,36	4,30	2,15
SB2	-6,87	-11,20	-15,52	2,19	-2,15	-6,46
SB3	-8,51	-13,90	-19,21	2,77	-2,62	-7,93
SB4	-13,75	-19,87	-26,05	-2,33	-8,45	-14,63
SB5	-21,24	-28,59	-35,68	-10,72	-18,08	-25,17
SB6	-7,16	-15,04	-22,54	10,63	2,76	-4,74

Fonte: Farias (2017)

Por meio dos cálculos, foi possível identificar que os dados corroboram com os relatos dos habitantes, o transbordamento do canal. Indicando, assim, um subdimensionamento deste e, se não forem tomadas decisões por parte do poder público, o cenário poderá piorar, visto a tendência de ocorrer um maior adensamento e ocupação do solo (FARIAS, 2017).

A partir dessa análise é possível constatar a necessidade de um programa de manutenção periódica do canal, principalmente do seu fundo, visando garantir as

melhores condições de escoamento. No entanto, observa-se que mesmo com a manutenção do canal, o saldo hídrico continua negativo, dessa forma, o ordenamento e controle do solo torna-se essencial para garantir níveis adequados de permeabilidade da sub-bacia e assim diminuir a vazão de escoamento do canal, estas alternativas serão melhor discutidas adiante.

Visto que deve haver um conjunto de medidas para a prevenção de inundações, fez-se a análise de possíveis alterações nas dimensões do canal para atender as vazões calculadas, as quais são apresentadas na Tabela 5. Utilizou-se a situação 2, maior grau de urbanização e rugosidade 2, melhores condições de manutenção, mantendo-se os demais parâmetros, alterando apenas a largura do canal em casa sub-bacia.

Tabela 5 – Largura necessária do canal para Rugosidade 2

Trecho	Situação atual						Vazão de projeto (m ³ /s)		Largura necessária B(m)	
	Comprimento L (m)	Largura B (m)	Profundidade D (m)	Variação de cota ΔH (m)	Declividade I (m/m)	Capacidade de escoamento (m ³ /s)	50	100	TR - 50	TR - 100
SB1	770	2,5	1	17	0,0221	18,38	14,08	16,22	2,5	2,5
SB2	740	3,95	1,1	9	0,0122	27,83	29,97	34,29	4,2	4,7
SB3	475	3,95	1,2	7	0,0147	34,66	37,28	42,59	4,2	4,7
SB4	515	4,1	1,15	8	0,0155	35,09	43,54	49,72	4,9	5,5
SB5	430	4,6	1,3	3	0,007	32,31	50,39	57,47	6,7	7,5
SB6	555	5	1,5	6	0,0108	54,68	51,93	59,43	4,8	5,4

Fonte: Farias (2017)

Pode-se observar na Tabela 4 que a sub-bacia 5 (trecho P5-P6 na Figura 17) é a mais crítica, necessitando de uma ampliação na sua largura de aproximadamente 2,9m. Daí a necessidade de controle das ocupações urbanas em Áreas de Preservação Permanentes (APPs). Tal ampliação está condicionada a existência de vazios nas margens do canal, ou a um programa de relocação de domicílios, visto o alto grau de urbanização da área.

Figura 17 – Trechos do canal no ano de 2022.



Fonte: Google Earth (2023)

Nota-se que a possibilidade de redesenho do canal, quer seja pelo acréscimo na largura, quer seja por outras ações que necessitem de espaço físico é bastante limitado nas condições apresentadas.

Ademais, pode-se observar no trecho P6-P7 que entre 2019 (Figura 18) e 2022 (Figura 17) houve a implantação de um novo loteamento com o aterro da área do canal e sua canalização subterrânea, o que limita ainda mais possibilidades de intervenções futuras.

Figura 18 – Trechos do canal no ano de 2019.



Fonte: Google Earth (2023)

Reafirma-se, assim, a necessidade de um maior controle por parte dos órgãos responsáveis, visto que é previsível que situações de inundações irão ocorrer nesta área.

4.2 Recomendações de medidas para a melhoria da drenagem da sub-bacia em estudo

Além da possibilidade de redesenho do canal, por meio da relocação de domicílios, feito após estudo detalhado da área, foram analisadas medidas complementares para promover a adequada drenagem e manejo de águas pluviais no entorno do canal, as quais são descritas a seguir.

4.2.1 Manutenção e limpeza

A limpeza de córregos e canais, como o do presente estudo, pode melhorar o grau de seus escoamentos. Essa ação é, de certa forma, mais simples e de execução mais rápida, buscando melhorar aspectos dos recursos hídricos, tanto do ponto de vista da hidráulica e controle da erosão, como também de aspectos relacionados à

geomorfologia, sedimentologia e planejamento regional (OLIVEIRA, 2012). Sendo assim, a manutenção do canal por meio de ações de limpeza já pode intensificar a melhoria de escoamento desse curso d'água.

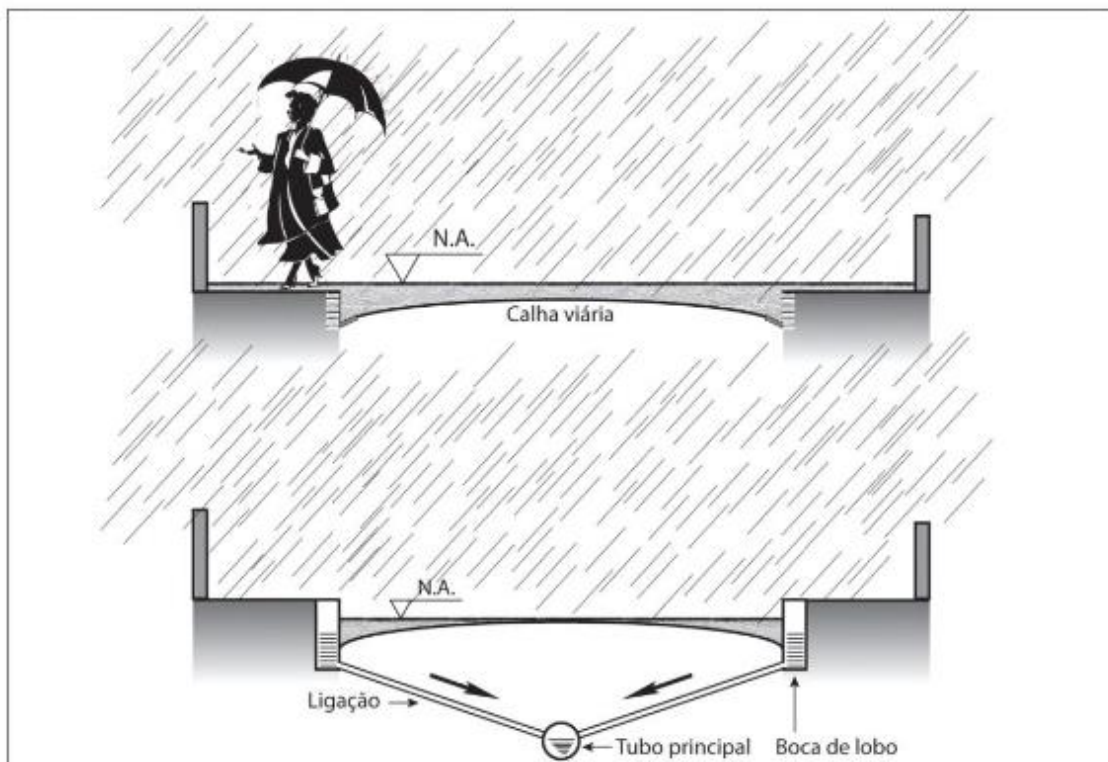
Existem três tipos de limpeza: a mecânica, a manual e a mista. A mecânica fará uso de dispositivos como dragas de sucção, escavadeiras hidráulicas, retroescavadeira, dentre outros. A manual é feita por equipes treinadas em áreas que não seja possível chegar com os maquinários da limpeza mecânica e em canais que sejam considerados de pequeno porte, cuja ação de escavação não exceda uma profundidade de 0,5 metros. Por fim, a limpeza mista é a junção das duas anteriores (BENZINHO, 2022).

Por se tratar de um canal de fácil acesso, acredita-se que medidas de limpeza deste sejam efetivas, trazendo benefícios para o município e população de Delmiro Gouveia. A limpeza manual pode ser a primeira medida a ser adotada para o canal escolhido, uma vez que se trata de uma área com terreno plano e pouco acidentado, além de que a área de escavação não excede 0,5 metros, sendo possível a equipe de limpeza pública realizar esse serviço.

4.2.2 Adequação das calhas viárias

Outra medida que pode ser adotada é a adequação das calhas viárias das ruas para que consigam receber águas pluviais com maior eficiência. Essa situação é ilustrada na Figura 19.

Figura 19 – Ilustração de uma calha viária inadequada (superior) e outra adequada (inferior).



Fonte: BOTELHO, 2021.

Na calha superior, pode-se observar que a vazão por ela proporcionada é ineficiente e faz com que a rua seja alagada. Já uma calha projetada adequadamente, proporcionará o escoamento eficiente das águas pluviais (BOTELHO, 2021). A instalação desses dispositivos no município de Delmiro Gouveia poderá proporcionar, também, o melhor escoamento de suas águas pluviais, uma vez que esses equipamentos concedem sua canalização para poços de visitas e, posteriormente, direcionados às canalizações principais do município levando essas águas para a Bacia do Maxixe.

Naturalmente, as águas pluviais serão escoadas por meio das calhas da rua. Quando a vazão é maior do que a capacidade de escoamento desses dispositivos, então, ocorrem os alagamentos e até inundações. Daí a necessidade da existência de dispositivos de captação de águas pluviais. Esses dispositivos podem ser considerados como armadilhas que necessitam de prévia armação para funcionarem corretamente (BOTELHO, 2021). A Figura 20 traz as características necessárias para o correto funcionamento dos dispositivos de escoamento.

Figura 20 – Características necessárias para que um dispositivo consiga captar adequadamente as águas pluviais.



Fonte: O autor, 2023.

A Figura 20 ilustra exatamente todos os cuidados para que bocas de lobo consigam realizar o escoamento das águas pluviais de forma correta. Desde a escolha da localização de onde estarão esses aparelhos, o correto dimensionamento, bem como ações, por parte do poder público, de limpeza e conservação desses equipamentos. Sendo essa outra ação a ser desempenhada pela Prefeitura de Delmiro Gouveia a fim de evitar problemas para a população.

É importante ressaltar que a boca de lobo pode ser um local de risco para crianças e animais domésticos, pois possibilita que eles caiam dentro da estrutura. Por isso, é importante que os responsáveis pela manutenção da infraestrutura pública sejam cuidadosos e realizem a devida manutenção das bocas de lobo, mantendo-as em boas condições de uso e segurança para a população.

4.2.3 Trincheiras de infiltração

Além disso, em todo o trecho proposto podem ser alocadas trincheiras de infiltração possuindo a finalidade de fazer com que o volume de água superficial seja diminuído. Esses dispositivos armazenam a água precipitada por um tempo até que ela seja infiltrada no solo (FRANCHINI, 2017).

As trincheiras de infiltração são estruturas utilizadas em sistemas de drenagem urbana para gerenciar o escoamento da água da chuva, com o objetivo de minimizar os impactos das enchentes e inundações nas áreas urbanas. Essas estruturas

consistem em valas escavadas no solo, preenchidas com pedras ou brita, permitindo que a água da chuva se infiltre lentamente no solo, ajudando a recarregar os lençóis freáticos e reduzindo o volume de escoamento superficial.

A importância das trincheiras de infiltração pode ser resumida em alguns pontos:

1. Controle de enchentes e inundações: As trincheiras de infiltração ajudam a reduzir a quantidade de água que escoar superficialmente pelas ruas, diminuindo a probabilidade de enchentes e inundações em áreas urbanas;
2. Melhoria da qualidade da água: A infiltração da água da chuva no solo ajuda a filtrar impurezas e poluentes presentes na superfície, melhorando a qualidade da água que é recarregada nos lençóis freáticos;
3. Recarga de aquíferos: As trincheiras de infiltração ajudam a recarregar os lençóis freáticos, aumentando a disponibilidade de água subterrânea;
4. Redução do fluxo de água em rios: A infiltração da água da chuva no solo ajuda a reduzir o volume de escoamento superficial nos rios, diminuindo a velocidade e a erosão dos cursos d'água;
5. Contribuição para o equilíbrio do ecossistema: As trincheiras de infiltração ajudam a manter o equilíbrio hidrológico do ecossistema, promovendo a recarga de águas subterrâneas, o que é fundamental para o desenvolvimento da fauna e da flora locais.

Portanto, as trincheiras de infiltração são uma importante ferramenta para a gestão sustentável dos recursos hídricos em áreas urbanas, contribuindo para a redução dos impactos das enchentes e inundações, e para a preservação do meio ambiente (FRANCHINI, 2017).

A Figura 21 apresenta o aspecto externo de uma trincheira de infiltração.

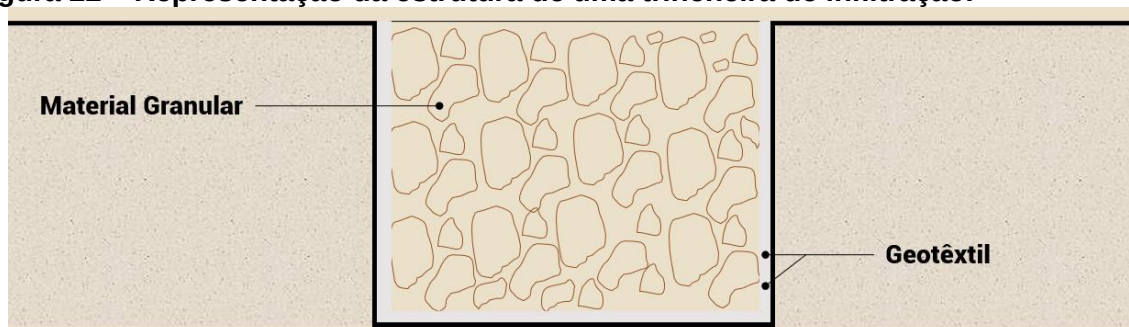
Figura 21 – Aspecto visual externo de uma trincheira de infiltração.



Fonte: TOMAZ, 2017.

São propostas implantações de medidas estruturais para que o escoamento de águas pluviais e o esgoto doméstico sejam otimizados. Sugere-se a melhoria de elementos estruturais convencionais, ou seja, é preciso que se faça a recuperação das galerias de águas pluviais, bem como das bocas de lobo localizadas no trecho. A Figura 22 apresenta uma representação de como são as trincheiras de infiltração.

Figura 22 – Representação da estrutura de uma trincheira de infiltração.



Fonte: Adaptado de SILVA, 2010.

A implantação dessas trincheiras requer estudo mais detalhado sobre as áreas disponíveis, o relevo e o tipo de solo da região. A implementação desse dispositivo é de execução relativamente fácil, necessitando de três etapas: escavação, preenchimento e acabamento.

4.2.4 Pavimentos porosos

Outra medida que pode ser adotada na região, considerando a implementação de um projeto baseado na drenagem sustentável, é a implantação, ao longo de todo o trecho, de pavimentos porosos. Esse tipo de pavimento é inserido no contexto urbanístico para também melhorar o escoamento de águas pluviais.

4.2.5 Incentivo à implantação de jardins drenantes e telhados verdes

O uso dessas medidas tem se mostrado com importante aliado não somente para a drenagem urbana, mas para a sustentabilidade urbana de uma forma geral. Os jardins drenantes contribuem tanto para aumentar a infiltração da água no solo, contribuindo nos processos de infiltração e evapotranspiração, bem como na amenização da temperatura ambiente. Já os telhados verdes ajudam na retenção da água da chuva e também contribuem com a eficiência energética das edificações, sendo essencial no clima semiárido onde está localizado o canal.

4.2.6 Programas de educação ambiental nas escolas

Como dito anteriormente, medidas estruturais e não estruturais devem estar combinadas para o sucesso na recuperação e revitalização de rios e nascentes. Dentro da sub-bacia existem duas Escolas Municipais (Figura 23) podendo servir de local para a realização de projetos de educação ambiental, buscando, sobretudo, maximizar os efeitos positivos da recuperação proposta. Além de poder ser utilizadas para implantação de medidas estruturais, tais como as trincheiras de infiltração ou até mesmo um projeto integrado de revitalização do entorno com foco na drenagem sustentável.

Figura 23 – Escolas municipais localizadas na sub-bacia escolhida para o estudo do presente trabalho.



Fonte: Google Earth (2023)

Busca-se por meio da educação ambiental instruir a população do entorno de rios e nascentes para que assim esses indivíduos possam contribuir para uma maior racionalidade e eficiência da drenagem urbana do local. Além disso, a educação ambiental contribui significativamente para aspectos sociais, uma vez que essas fragilidades ambientais estão intimamente correlacionadas com a vulnerabilidade de indivíduos que habitam regiões urbanas degradadas (ROSA, 2018).

Além disso, medidas por parte do Estado são de extrema importância para garantir uma boa gestão de recursos hídricos urbanos. Para isso, a gestão pública deve buscar soluções criativas e inovadoras, integrando os diferentes atores que podem fazer a diferença no processo de recuperação da área degradada (RIBEIRO, 2016).

4.2.7 Plano Diretor

Outra medida não estrutural de grande importância é a elaboração de um Plano Diretor. Neste plano devem estar previstos todos os impactos causados na área, não se deve ampliar a cheia natural e é preciso que se evite aumentar o desmatamento da área.

Se faz necessário que esteja previsto no Plano Diretor o planejamento de áreas a serem desenvolvidas, bem como o processo de densificação de áreas que já estão loteadas, a fim de prevenir a ocupação desordenada.

Aliadas ao Plano Diretor, medidas de esgotamento sanitário também trazem efeitos benéficos para a recuperação de áreas degradadas. A captação e, conseqüentemente, tratamento de esgoto doméstico são essenciais para ajudar imensamente na drenagem urbana, uma vez que esgoto tratado é sinônimo de saúde e meio ambiente bem cuidado.

O município de Delmiro Gouveia precisa estar atento ao manejo e recuperação de seus corpos d'água, uma vez que o processo de urbanização ocorreu de forma desordenada, sem os devidos cuidados por parte do poder público, além de possuir uma rede de coleta de esgoto quase inexistente.

É nítido que há falta de preparo por parte da administração pública do município, visto que aspectos de infraestrutura da água não estão sendo planejados. Em grande parte, os problemas relatados estão relacionados com a falta de planejamento do desenvolvimento urbano, coleta e tratamento de esgoto, drenagem urbana, coleta e destinação correta de resíduos sólidos e um rigoroso controle ambiental.

O planejamento urbano e a degradação de corpos hídricos estão intimamente ligados. É necessário que o poder público planeje o processo de urbanização, levando em conta aspectos relacionados à água, ocupação do solo e identificação de vetores de expansão da malha urbana, para que o processo de recuperação ambiental seja maximizado.

5 CONCLUSÕES

A proposição de alternativas para a drenagem urbana é extremamente importante para contribuição da melhora da qualidade de vida dos habitantes. É necessário buscar por soluções urbanísticas que ofereçam possibilidades no processo de recuperação de áreas que foram degradadas e estão localizadas nas margens de rios ou córregos, como é o caso do canal escolhido no presente trabalho.

Atualmente o córrego escolhido e localizado na cidade de Delmiro Gouveia é considerado um ponto extremamente degradado devido às atividades antropogênicas que causaram a poluição desse curso d'água. Lançar um olhar de perspectiva diferente permite contemplar um local que pode se tornar um ambiente de alta integração social e possuindo, assim, um enorme potencial de integrar pessoas de diferentes partes da cidade. Além de contribuir com a recuperação ambiental e socioeconômica do entorno, também estará estabelecendo o vínculo do canal com a cidade, resgatando a volta da paisagem natural e criando áreas de convívio social.

Portanto, neste trabalho, buscou-se desenvolver uma proposta de intervenção urbanística com medidas estruturais e não estruturais com o intuito de recuperar um corpo d'água na cidade de Delmiro Gouveia. Aponta-se, desta forma, a necessidade de atualização do Plano Diretor da cidade, para que sejam implementadas medidas eficazes e que façam diferença na área.

6 REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M. B.; CARDOSO, A. S. Rios e cidades: uma longa e suniosa história. **Revista da Universidade Federal de Minas Gerais**, v. 20, n. 2, p. 124-153, 14 jul./dez. 2013.

BATTEMARCO, Bruna Peres et al. Sistemas de espaços livres e drenagem urbana: um exemplo de integração entre o manejo sustentável de águas pluviais e o planejamento urbano. **Paisagem e Ambiente**, n. 42, p. 55-74, 2018.

BENZINHO, Ana Laura Bonacho Batista. **Procedimentos de segurança a bordo em dragagens**. 2022. Tese de Doutorado.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades. Editora Blucher, 2021.

BRASIL. CADERNOS TEMÁTICOS SANEAMENTO BÁSICO. DRENAGEM e MANEJO das ÁGUAS PLUVIAIS URBANAS. 2016. Disponível em: [\[Link\]](#)

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Brasília, 2007.

CARDOSO, L. P. L. 2014. Avaliação quantitativa do sistema misto de saneamento de Delmiro Gouveia - AL: Estudo de Caso Riacho Caraibeirinhas. Trabalho de Conclusão de Curso. Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia – AL.

CABRAL, J. J. S. P. et al. Início da mudança de paradigma em relação aos cuidados com os rios e riachos urbanos em Recife. Anais. **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos hídricos**. Brasília, DF, 2015.

CABRAL, J. J. S. P.; PREUSS, S. L. C.; FONSECA NETO, G. C. Capibaribe e seus afluentes na planície de recife: visão multidisciplinar de um rio urbano e sua importância para o sistema de drenagem das águas pluviais. XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HIDRÍCOS DO NORDESTE, 2014.

CHAPMAN, Cherona; HALL, Jim W. Designing green infrastructure and sustainable drainage systems in urban development to achieve multiple ecosystem benefits. **Sustainable Cities and Society**, v. 85, p. 104078, 2022.

CHRISTOFIDIS, Demetrios; ASSUMPÇÃO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; KLIGERMAN, Débora Cynamon. A evolução histórica da drenagem urbana: da drenagem tradicional à sintonia com a natureza. **Saúde em Debate**, v. 43, p. 94-108, 2020.

CORREA, C. B., GONZÁLEZ J. F. N. O uso de coberturas ecológicas na restauração de coberturas planas. NUTAU, 2002.

DA SILVA MIRANDA, Alex Geovany; DA SILVA, Glauciane Santos. PATOLOGIAS NA PAVIMENTAÇÃO E DRENAGEM URBANA ESTUDO DE CASO: AV. PERIMETRAL,

EM BELÉM-PA, BRASIL. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 8, n. 4, p. 273-288, 2022.

DE PAULA DRUMOND, Pedro et al. Avaliação dos aspectos das políticas públicas, socioeconômicos e hidrológicos-hidráulicos no uso de microrreservatórios. 2019.

DRUMOND, P.de. P. Estudo da influência da reservação de águas pluviais em lotes no município de Belo Horizonte, MG: Avaliação hidráulica e hidrológica. 2012.

FARIAS, Kelvyn Silva de et al. Análise quantitativa de macrodrenagem urbana: avaliação da capacidade de escoamento de um canal no município de Delmiro Gouveia-AL. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Alagoas. 2017.

FCTH — Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo. Prefeitura Municipal de São Paulo, Secretaria de Vias Públicas: São Paulo, 1999.

FERGUSON, B. K. Porous Pavements. Integrative Studies in Water Management and Land Development. Florida, 2005.

FERREIRA, Ximena Cardozo. Sistemas urbanos de drenagem sustentável como meio de controle de inundações. **Revista do Ministério Público do Rio Grande do Sul**, v. 1, n. 90, p. 257-273, 2021.

FLETCHER, Tim D. et al. SUDS, LID, BMPs, WSUD and more—The evolution and application of terminology surrounding urban drainage. **Urban water journal**, v. 12, n. 7, p. 525-542, 2015.

FRANCHINI, T. **Estudo comparativo da eficiência entre trincheira de infiltração e trincheira de infiltração com uso de garrafa pet**. Campo Mourão, 2017. 44 f. Trabalho de Conclusão de Curso. (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2017.

GUTIERREZ, A. I. R.; RAMOS, I. C. Drenagem urbana sustentável para a concretização de metas de ODS/ONU. **ArchDaily Brasil**, 2019.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e estatística, 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/delmiro-gouveia/panorama>>.

JOHNSON, Daniel; GEISENDORF, Sylvie. Valuing ecosystem services of sustainable urban drainage systems: A discrete choice experiment to elicit preferences and willingness to pay. **Journal of Environmental Management**, v. 307, p. 114508, 2022.

KUMAR, Satish et al. Multi-objective optimization for stormwater management by green-roofs and infiltration trenches to reduce urban flooding in central Delhi. **Journal of Hydrology**, v. 606, p. 127455, 2022.

LIMEIRA, M. C. M.; DA SILVA, T. C.; CÂNDIDO, G. A. Gestão Adaptativa e Sustentável para a Restauração de Rios: Parte I. **RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre - RS, v. 15, n. 1, p. 17-26, mar. 2010.

LYNCH, Kevin. **The image of the city**. MIT press, 1964.

MACEDO, Silvio Soares et al. Os sistemas de espaços livres na constituição da forma urbana contemporânea no Brasil: produção e apropriação (QUAPÁSEL II). **Paisagem e Ambiente**, n. 30, p. 137-172, 2012.

MACHADO, Hannah Arcuschin. **Parques lineares na cidade de São Paulo: Inserção na agenda pública e implementação**. 2017.

MAGNOLI, Miranda Maria Esmeralda Martinelli. Espaços livres e urbanização: uma introdução a aspectos da paisagem metropolitana. 1982.

MAIA, Doralice Sátyro. A periferização e a fragmentação da cidade: loteamentos fechados, conjuntos habitacionais populares e loteamentos irregulares na cidade de Campina Grande-PB, Brasil. **Scripta Nova**, v. 14, n. 331, 2010.

MARTINS, José Rodolfo Scarati. Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente. **Artigo científico, São Paulo**, 2012.

MAYER, Lidiane et al. Parques lineares para o controle da macrodrenagem urbana: Estudo de caso do Parque Linear Via Verde em Jaraguá do Sul/SC. 2021.

MDR, Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, 2022. Estudo do Governo Federal mostra que Brasil tem 753,2 mil km de redes de esgoto. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/estudo-mostra-que-brasil-tem-753-2-mil-km-de-redes-de-distribuicao-de-agua-e-365-mil-de-esgoto>>. Acesso em: 02/04/2023.

MEDEIROS, José Marcelo Martins; ULIANA, Brenda Beserra; DOS SANTOS ARAÚJO, Dayanne. Áreas de Preservação Permanente urbanas e parques lineares na Região Norte: conflitos na Lagoa dos Índios, Macapá–Amapá. **Risco Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo (Online)**, v. 18, p. 1-19, 2020.

MIKKELSEN, P. S.; JACOBSEN, P.; FUJITA, S. Infiltration Practice for Control of Urban Stormwater. *J. Hydraul. Res.*, v. 34, n. 6, p. 827, 1997.

OLIVEIRA, Ederson Dias de. Geometria Hidráulica: algumas considerações teóricas e práticas. *Sociedade e Território*, p. 166-184, 2012.

REIS, R. P. A, OLIVEIRA, L. H, SALES, M. M. Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais. *Ambiente Construído*, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 99-117, abr./jun. 2008.

RIBEIRO, Maria Adriana de Freitas Mágero et al. Participação pública na gestão de recursos hídricos no Brasil e em Portugal. 2016.

RODRIGUES, Juliano. Forte chuva atinge cidade de Delmiro Gouveia e diversos pontos ficam alagados. Correio Notícia, Delmiro Gouveia, 6 de abril de 2018. Disponível em: <<https://correionoticia.com.br/noticia/cidades/forte-chuva-atinge-cidade-de-delmiro-gouveia-e-diversos-pontos-ficam-alagados/31/19785>>. Acesso em: 26/02/2023.

RODRIGUES, Valdemir Antonio et al. Avaliação do escoamento e interceptação da água das chuvas. Irriga, v. 1, n. 1, p. 01-13, 2015.

ROSA, Maurineide Elayne Rodrigues. Educação Ambiental e suas Implicações na Drenagem Urbana nas Áreas de Vulnerabilidade e Riscos de Inundação na Bacia Hidrográfica do Riacho Pajeú/Fortaleza-CE. 2018.

ROSIN, Jeane Aparecida Rombi de Godoy et al. Áreas de preservação permanente e as dinâmicas urbanas e socioambientais: avanços e desafios das políticas de proteção e recuperação aos mananciais. 2016.

SANTOS, Diego Marangoni. **Medidas de controle de escoamento superficial na fonte por meio de dispositivos de infiltração e de reservação em conjuntos habitacionais verticalizados e horizontalizados**. 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

SETTI, R. F. **Gestão de riscos de enchentes: medidas não convencionais em drenagem urbana**. 2016. 43 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Profissional em Defesa e Segurança Civil da Universidade Federal Fluminense, Niterói – RJ.

SILVA, Helder Martins et al. Macrodrenagem aplicada à sustentabilidade municipal em cenários de mudanças climáticas: aspectos geoquímicos, hidrológicos e sócio ambientais. Caso da bacia do Purys, Três Rios/RJ. 2018.

SILVA, Jorge Luis Oliveira et al. Drenagem Urbana com Foco Sustentável para loteamento. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 3, n. 3, p. 2440-2452, 2020.

SILVA, P. O. **Análise de técnicas compensatórias de drenagem urbana para atenuação de inundações em uma sub-bacia do rio Jiquiá no Recife**. Recife, 2010, 141 p. Dissertação (Mestrado na Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.

TRAVASSOS, Luciana Rodrigues Fagnoni Costa. **Revelando os rios**. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TROWSDALE, S. A. & SIMCOCK, R. Urban Storwater treatment using bioretention. *Journal of Hydrology*. V. 397, p. 167-174. 2011.

TOMAZ, Plínio. **Curso de Manejo de águas pluviais**: Capítulo 14 -Trincheira de infiltração. 11 p. Abril de 2017. (c)

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Porto Alegre, 2005. 273 p.

TUCCI, C. E. M. Gestão da drenagem urbana. 2012.

TUCCI, C. E. M. Água no meio urbano. Capítulo 14 do Livro Água Doce. UFRGS. 1997.

WOODS-BALLARD, B., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R., and Shaffer, P.: The SUDS manual, Published by CIRIA, 606 pp., London, 2007

ZANANDREA, Franciele. **Avaliação de técnicas de baixo impacto no controle de impactos hidrológicos em uma bacia urbana em consolidação**. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.