



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO SERTÃO
PERNAMBUCANO
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS SERRA TALHADA**

LUCAS MATEUS DA SILVA LIMA

**Análise do sistema de drenagem urbana da Avenida Custódio Conrado, Serra
Talhada – PE: Diagnóstico e proposições de diretrizes**

**Serra Talhada
2025**

LUCAS MATEUS DA SILVA LIMA

Análise do sistema de drenagem urbana da avenida Custodio Conrado, Serra
Talhada – PE: diagnóstico e proposições de diretrizes

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Coordenação do curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, campus Serra Talhada, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Esp. Aislan Mororo Pereira
Cintra

Coorientador(a): Ma. Bruna Monallize
Duarte Moura Guimarães

**Serra Talhada
2025**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S586 Lima, Lucas Mateus Silva.

Análise do sistema de drenagem urbana da avenida Custodio Conrado, Serra Talhada –

PE: diagnóstico e proposição de diretrizes / Lucas Mateus Silva Lima. - Serra Talhada, 2025.
54 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) -Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Serra Talhada, 2025.

Orientação: Prof. Esp. Aislan Mororo Pereira Cintra. Coorientação:
Msc. Bruna Monallize Duarte Moura Guimarães.

1. Engenharia civil. 2. Alagamentos. 3. Boca de lobo. 4. Método Racional. 5.
Geoprocessamento. I. Título.

CDD 624

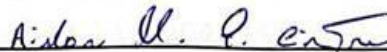
LUCAS MATEUS DA SILVA LIMA

**ANÁLISE DO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA DA AVENIDA CUSTODIO
CONRADO, SERRA TALHADA – PE: DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÕES DE
DIRETRIZES**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Coordenação do
curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia
do Sertão Pernambucano, campus
Serra Talhada, como requisito
parcial à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 10/12/25

BANCA EXAMINADORA



Prof. Esp. Aislan Mororo Pereira Cintra (Orientador)
IFSertãoPE – Campus Serra Talhada



Prof. Me. Elivelthon Carlos do Nascimento
IFSertãoPE – Campus Serra Talhada



Prof. Dr. Antônio Henrique Cardoso do Nascimento
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UAST

Serra Talhada
2025

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, cuja presença constante e graça foram o alicerce que sustentou minha trajetória. A Ele devo toda a força e perseverança para alcançar esta conquista. Sem ele, de uma forma muito precisa, afirmo que eu não teria e nem seria nada. Ele foi fundamental, aliás, é e continuará sendo fundamental para toda minha vida.

Logo em seguida, agradeço aos meus genitores que muito fizeram por mim e ainda continuam fazendo. Toda conquista minha além de uma realização pessoal é uma forma de mim mostrar para eles que eu fiz valer a pena cada esforço.

Um agradecimento muito especial ao meu orientador, Aislan Mororo, e à minha coorientadora, Bruna Monallize, pela orientação valiosa, pela paciência e pelas contribuições fundamentais que enriqueceram este trabalho.

À empresa Topos Referência, meu sincero reconhecimento pelo indispensável suporte técnico e pelo auxílio com os equipamentos, que foram decisivos para a realização da minha pesquisa.

Ressalto que na minha trajetória de vida passei por muitos momentos conturbados e meu amigo Rafael foi alguém que me ajudou demais para eu erguer a cabeça e seguir em frente, dessa forma, deixo também aqui meus agradecimentos de uma forma muito sincera.

Por fim, gostaria de estender meus agradecimentos a todos que, de alguma forma, cruzaram meu caminho e contribuíram para a realização deste sonho. Sei que seria uma tarefa difícil nomear cada um, mas guardo no coração a gratidão por cada conversa, incentivo e gesto de apoio. Muito obrigado a todos.

EPÍGREFE

“Sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia.”

(Robert Collier)

RESUMO

A drenagem urbana é fundamental para a sustentabilidade e segurança das cidades. Este trabalho analisou o sistema da Avenida Custodio Conrado, em Serra Talhada – PE, via crítica com alagamentos recorrentes. Objetivou-se diagnosticar deficiências e propor diretrizes de otimização. A metodologia incluiu: levantamento de campo e dados municipais; análise topo-hidrológica com QGIS; coleta de dados pluviométricos históricos da APAC; e aplicação do Método Racional para cálculo de vazões. Os resultados revelaram infraestrutura deficitária: apenas uma boca de lobo, sem sarjetas e galeria subdimensionada. A vazão máxima de projeto para 30 anos é 28,45 m³/s, mas a capacidade efetiva da captação é apenas 0,924 m³/s. O mapeamento confirmou que a avenida situa-se no talvegue principal, concentrando o fluxo d'água. A caracterização pluviométrica mostrou chuvas intensas no primeiro quadrimestre, com pico em março (160 mm), sobrecarregando o sistema. Conclui-se que os alagamentos decorrem da combinação de fatores naturais (topografia) e precariedade da infraestrutura. Propõe-se a elaboração de projeto executivo com ampliação da rede: instalação de novas bocas de lobo, sarjetas e galeria com diâmetro mínimo de 2300 mm, além de programa de manutenção periódica. O estudo oferece subsídios técnicos para um planejamento urbano mais resiliente no município.

Palavras-chave: Engenharia Civil; alagamentos; Boca de lobo; Método Racional; Geoprocessamento.

ABSTRACT

Urban drainage is fundamental for the sustainability and safety of cities. This work analyzed the system of Avenida Custodio Conrado, in Serra Talhada – PE, a critical road with recurrent flooding. The objective was to diagnose deficiencies and propose optimization guidelines. The methodology included: field survey and municipal data collection; topo-hydrological analysis using QGIS and a DTM; collection of historical rainfall data from APAC; and application of the Rational Method for flow calculation. The results revealed deficient infrastructure: only one catch basin without gutters and an undersized culvert. The maximum design flow for a 10-year return period is 28,45 m³/s, but the effective capture capacity is only 0.924 m³/s. Mapping confirmed that the avenue is located on the main thalweg, concentrating water flow. Rainfall characterization showed intense rains in the first four months, peaking in March (160 mm), overloading the system. It is concluded that flooding results from a combination of natural factors (topography) and infrastructure precariousness. The elaboration of an executive project with network expansion is proposed: installation of new catch basins, gutters, and a culvert with a minimum diameter of 2300 mm, in addition to a periodic maintenance program. The study provides technical subsidies for more resilient urban planning in the municipality.

KEYWORDS: Civil engineering; flooding; Storm drain; Rational Method; Geoprocessing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Local sem infraestrutura de saneamento básico.....	14
Figura 2 - Ciclo Hidrológico	18
Figura 3 - Sistema de drenagem	20
Figura 4 – Seção transversal de uma sarjeta.....	22
Figura 5 – Boca de lobo simples	24
Figura 6 - Boca de lobo com grelha	24
Figura 7 – Boca de lobo combinada.....	24
Figura 8 - Ligação da galeria com o PV	27
Figura 9 - Representação dos sistemas de microdrenagem	27
Figura 10 – Alagamento da Avenida Custodio Conrado	28
Figura 11 - RTK e Drone	30
Figura 12 – Construção de fiadas de alvenaria com o objetivo de conter a água	30
Figura 13 – Mapa hipsométrico da área de estudo	40
Figura 14 – Linhas de drenagem da área estudada.....	41
Figura 15 – Mapa da rede de drenagem	42
Figura 16 – Perfil longitudinal da avenida	42
Figura 17 – Média de precipitação mensal no município de Serra Talhada entre os anos de 2015 e 2025.....	43
Figura 18 – Única boca de lobo da Avenida Custodio Conrado	46
Figura 19 – Planta de situação mostrando a Avenida e a localização da única boca de lobo	47
Figura 20 - Planta de localização	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de bocas de lobo em série conforme diâmetro dos tubos	25
Tabela 2 – Espaçamentos dos poços de visita	26
Tabela 3 – Valores de coeficiente de escoamento superficial.....	33
Tabela 4 – Tempo de retorno.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	13
2.1	Geral	13
2.2	Específicos.....	13
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1	Saneamento.....	14
3.2	Hidrologia.....	15
3.2.1	Ciclo hidrológico	17
3.3	Drenagem Urbana	19
3.4	Tipos de drenagem.....	21
3.4.1	Microdrenagem.....	21
3.5	Componentes de um sistema de drenagem de águas pluviais	22
3.5.1	Sarjetas	22
3.5.2	Bocas coletoras	23
3.5.3	Ramais	25
3.5.4	Galerias	25
3.5.5	Poços de visita	26
4.	METODOLOGIA	28
4.1	Escolha da área de estudo	28
4.1.1	Coleta de dados.....	29
4.2	Estudo topográfico e hidrológico	31
4.2.1	Estudo topográfico.....	31
4.2.2	Estudo Hidrológico.....	31
4.2.2.1	Método Racional.....	31
4.2.2.2	Coeficiente de Escoamento Superficial	32
4.2.2.3	Equação IDF	33
4.2.2.4	Determinação do Tempo de Concentração	34
4.2.2.5	Período de retorno.....	35
4.3	Dimensionamento Hidráulico	37
4.3.1	Bocas de lobo	37
4.3.2	Galerias	38
4.4	Caracterização pluviométrica.....	39

5.	RESULTADOS	40
5.1	Análise do terreno.....	40
5.2	Análise hidrológica.....	41
5.3	Análise pluviométrica.....	43
5.4	Definição do tempo de concentração	44
5.5	Definição do Tempo de Retorno	44
5.6	Intensidade Pluviométrica.....	45
5.7	Vazão Máxima.....	45
5.8	Vazão das Bocas de Lobo.....	45
5.9	Diâmetro Mínimo das Galerias	48
6.	PROPOSTAS PARA OTIMIZAÇÃO	49
7.	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	51-52

1 INTRODUÇÃO

A drenagem urbana é um componente essencial do planejamento e gestão das cidades, sendo responsável pelo escoamento adequado das águas pluviais para evitar impactos negativos como alagamentos, erosão do solo e contaminação hídrica (TUCCI, 2008). A eficiência desse sistema influencia diretamente a qualidade de vida da população e a sustentabilidade do meio urbano, pois sua precariedade pode acarretar danos estruturais, prejuízos econômicos e riscos à saúde pública (MOTA; LIMA, 2016).

A insuficiência da infraestrutura de drenagem urbana tem se tornado um problema recorrente em muitas cidades brasileiras, onde o crescimento desordenado compromete a capacidade natural de infiltração das águas pluviais (SANTOS et al., 2020). Esse fenômeno, aliado à deficiência na manutenção dos sistemas de escoamento, intensifica os impactos das chuvas, resultando em alagamentos frequentes e degradação ambiental, vale destacar que para Amaral e Ribeiro (2009) caracteriza-se como alagamento a acumulação passageira de água em um local, resultante de falhas na drenagem. Segundo Tucci (2015), a sobrecarga dos sistemas de drenagem pode provocar transbordamentos, comprometendo a mobilidade urbana e contribuindo para a disseminação de doenças de veiculação hídrica, como leptospirose e hepatite A.

No município de Serra Talhada, Pernambuco, a problemática dos alagamentos urbanos é uma realidade, especialmente em períodos de chuvas intensas. Em 2023, episódios de precipitação extrema resultaram em alagamentos em diversas áreas da cidade, impactando diretamente residências, comércios e a infraestrutura viária. Um dos pontos críticos identificados é a Avenida Custodio Conrado, conhecida como "Rua do DETRAN", que frequentemente sofre com o acúmulo de água devido à precariedade do sistema de drenagem local.

Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo analisar o funcionamento do sistema de drenagem da Avenida Custodio Conrado, identificando possíveis deficiências. A metodologia adotada inclui levantamento de informações junto à Secretaria de Obras de Serra Talhada sobre a infraestrutura de drenagem existente, análises topográficas e hidrológicas do local, além da obtenção de dados pluviométricos dos últimos dez anos. Serão utilizados softwares de geoprocessamento, como o QGIS, para uma avaliação mais precisa da dinâmica das

águas pluviais na região.

Portanto, esta pesquisa visa contribuir com subsídios técnicos para um planejamento urbano mais eficaz em Serra Talhada, reduzindo os impactos negativos dos alagamentos e promovendo a segurança e o bem-estar da população

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar o funcionamento do sistema de drenagem urbana da Avenida Custodio Conrado (Rua do DETRAN), em Serra Talhada – PE, identificando possíveis deficiências e propondo diretrizes para otimizar o escoamento das águas pluviais e mitigar os impactos causados pelos alagamentos frequentes.

2.2 Específicos

- Caracterizar e analisar a topografia e hidrologia da área de estudo, considerando fatores como declividade do terreno e fluxo de água;
- Coletar e interpretar dados pluviométricos dos últimos dez anos para correlacionar a incidência de chuvas intensas com os episódios de alagamentos na região;
- Propor diretrizes para otimizar o escoamento pluvial na avenida, reduzindo os impactos dos alagamentos e promovendo maior segurança e funcionalidade urbana.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Saneamento

Está amplamente documentado na literatura que a intervenção antrópica no meio ambiente gera transformações profundas e, na maioria das vezes, degradantes nos ecossistemas naturais. Essa alteração se manifesta de diversas formas, indo desde a contaminação do solo, da água e do ar – o que constitui a poluição do ambiente físico – até a criação de condições ideais para a proliferação de vetores de doenças, elevando significativamente o risco sanitário para as populações. Paralelamente, observa-se uma exploração intensiva e frequentemente irracional dos recursos naturais, que são consumidos em um ritmo superior à sua capacidade de renovação, caracterizando um uso sem o devido discernimento. O somatório desses fatores atua de forma sinérgica e desfavorável, corroendo de modo direto e indireto os pilares que garantem uma adequada qualidade de vida para a sociedade. (MIRANDA et al., 1994; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1995; BANCO MUNDIAL, 1998).

A Figura 1 exemplifica de maneira evidente as graves consequências da carência de infraestrutura de saneamento básico que assolava o Haiti no ano de 2015. A imagem serve como um registro ilustrativo dos impactos diretos na população e no ambiente, como a proliferação de doenças de veiculação hídrica e a degradação das condições de vida.

Figura 1 - Local sem infraestrutura de saneamento básico



Fonte: ONU, 2025.

O saneamento básico é classicamente definido por seu propósito fundamental: fornecer água potável à população e assegurar a destinação ambientalmente adequada dos dejetos humanos. Essa base do saneamento estrutura-se em dois pilares essenciais: o sistema de abastecimento de água e a rede de esgotamento sanitário (SUETONIO, 2012).

A importância desses serviços transcende a mera conveniência, posicionando-se como uma das principais intervenções de saúde pública. A provisão de saneamento é uma medida preventiva fundamental, criando uma barreira eficaz contra a propagação de uma gama de doenças de veiculação hídrica e fecal-oral. Onde a infraestrutura de saneamento é adequada, o ciclo de transmissão de diversas patologias é significativamente interrompido (SUETONIO, 2012). Esta visão é corroborada pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2007), que conceitua o saneamento do meio como o controle de todos os fatores do ambiente físico que exercem ou podem exercer um efeito deletério sobre o bem-estar físico, mental e social do ser humano.

No Brasil, o marco regulatório do setor é estabelecido pela Lei Federal nº 11.445, de 2007, conhecida como Lei do Saneamento Básico. Em seu artigo 1º, a lei define as diretrizes nacionais para o setor, ampliando o conceito de saneamento para além da água e esgoto. De acordo com a lei, o saneamento básico é composto por quatro serviços integrados: i) o abastecimento de água potável; ii) o esgotamento sanitário; iii) a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos; e iv) a drenagem e o manejo das águas pluviais urbanas (ANTUNES, 2014).

Quanto à gestão desses serviços, a Lei 11.445/07 atribui a responsabilidade aos municípios. Conforme destaca Ferraz (2017), compete aos prefeitos, como gestores locais, organizar a prestação dos serviços de saneamento básico em suas respectivas cidades, seja de forma direta ou por meio de concessionárias, cabendo a eles o planejamento, a regulação e a fiscalização para assegurar que esses serviços essenciais sejam prestados com eficiência e universalidade.

3.2 Hidrologia

A hidrologia é definida pelo dicionário Michaelis (2017) como o ramo da ciência dedicado ao estudo das águas, abrangendo suas propriedades, as leis que as regem, os fenômenos associados, sua interação com o ambiente e sua distribuição tanto na superfície quanto no subsolo terrestre.

O elemento água é uma variável crítica em praticamente todos os projetos de engenharia civil, sendo seu manejo e compreensão fundamentais sempre que ela interage com a infraestrutura construída pela humanidade, desde fundações e drenagens até grandes barragens (GRIBBIN, 2014).

A aplicação dos conhecimentos hidrológicos é vasta e transversal a diversos setores. Carvalho (2007) elucida as principais áreas de atuação e preocupação da hidrologia:

- **Gestão Integrada de Bacias Hidrográficas:** Planejamento e administração racional dos recursos naturais em uma bacia, visando ao uso sustentável.
- **Sistemas de Abastecimento de Água:** Planejamento da captação, tratamento e distribuição de água, desafio especialmente crítico em regiões de clima árido e semiárido.
- **Drenagem Urbana:** Desenvolvimento de soluções para os problemas típicos dos centros urbanos, como inundações, transporte de sedimentos e degradação da qualidade da água, agravados pela impermeabilização do solo.
- **Geração de Energia Hidrelétrica:** Baseia-se na avaliação da disponibilidade hídrica e na regularização de vazões por meio de barragens, sempre considerando os impactos ambientais decorrentes desses empreendimentos. No contexto brasileiro, essa fonte é de extrema relevância, respondendo por grande parte da matriz energética nacional.
- **Manejo de Solos Rurais:** Investigação dos processos de produção de sedimentos e lixiviação de nutrientes, que resultam na degradação do solo (perda de fertilidade) e no assoreamento dos corpos hídricos.
- **Controle de Processos Erosivos:** Desenvolvimento de técnicas e práticas para conter a erosão do solo, preservando a capacidade produtiva da terra e a qualidade da água.
- **Gestão da Qualidade da Água e Controle da Poluição:** Envolve o estudo da dispersão de poluentes e o planejamento do tratamento de efluentes

domésticos, industriais e agrícolas para manter a saúde dos ecossistemas.

- **Projetos de Irrigação:** Dimensionamento de sistemas que suplementam a necessidade hídrica das culturas agrícolas, garantindo a produtividade especialmente em períodos de estiagem.
- **Hidrovias e Navegação Interior:** Estudo da hidrologia de rios para garantir condições seguras e viáveis para o transporte aquaviário.
- **Recreação e Preservação Ambiental:** Valorização dos recursos hídricos para atividades de lazer e turismo, aliada à necessidade de conservação desses ambientes.
- **Conservação de Ecossistemas Aquáticos:** Aplicação dos princípios hidrológicos para manter a integridade e a biodiversidade de ambientes como rios, lagos, pântanos e zonas costeiras.

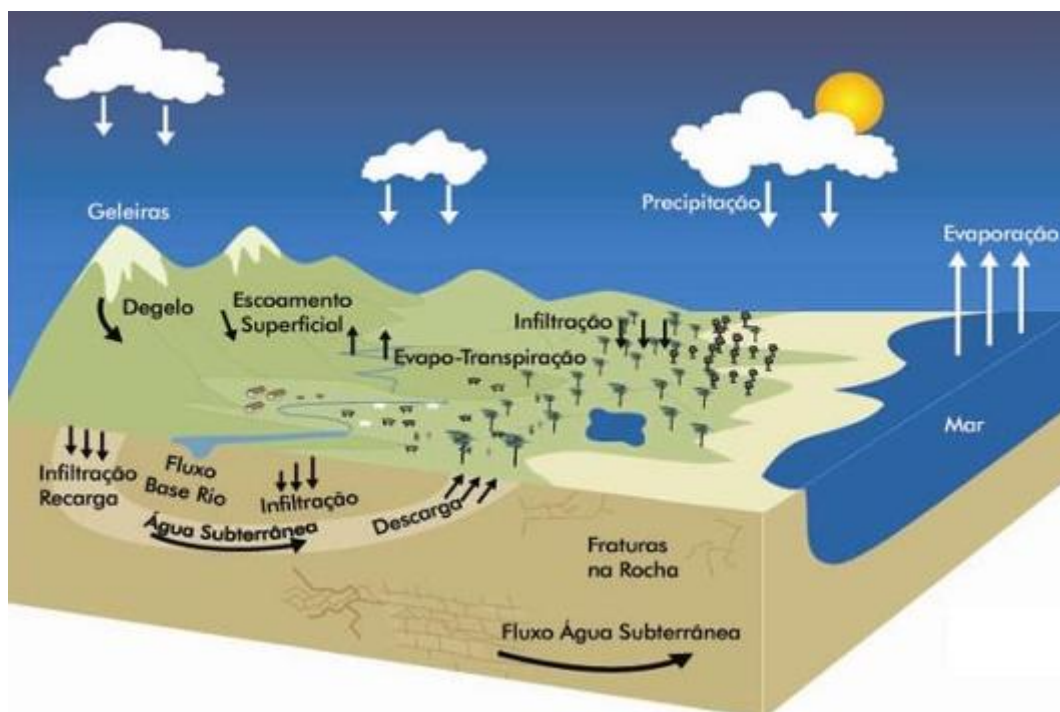
3.2.1 Ciclo hidrológico

O Ministério do Meio Ambiente (2025) define ciclo hidrológico como um processo contínuo e dinâmico de movimento da água na Terra, compreende quatro fases principais: Precipitação, Escoamento Subterrâneo, Deflúvio (ou escoamento superficial) e Evaporação (que inclui a transpiração das plantas, em um processo conjunto conhecido como evapotranspiração).

A água proveniente da precipitação segue caminhos distintos. Uma parcela precipita diretamente sobre superfícies líquidas (oceanos, lagos, rios). Outra parte escoam superficialmente sobre o terreno, direcionando-se para corpos d'água como rios, lagos, reservatórios e, por fim, o oceano.

Simultaneamente, uma fração significativa retorna à atmosfera através da evaporação das superfícies úmidas e da transpiração da vegetação (evapotranspiração). Outra porção ainda se infiltra no solo, dando origem ao escoamento subterrâneo. A Figura 2 esquematiza esse complexo sistema.

Figura 2 - Ciclo Hidrológico



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2025).

Conforme descrito por Gribbin (2014), a água da chuva, ao atingir o solo, é imediatamente impelida pela gravidade a percorrer a declividade do terreno. Esse movimento a conduz através de sulcos e canalizações naturais até convergir para riachos e rios, que finalmente a transportam de volta ao mar. Tradicionalmente, a sociedade considera esses deslocamentos da água como processos puramente naturais. Sob essa ótica, eventuais danos causados por seu curso, como erosão do solo ou inundações, são tratados como "atos da natureza", sem que haja um responsável legal identificado. No entanto, o autor adverte que, a partir do momento em que a ação humana modifica radicalmente a cobertura do solo e interfere artificialmente nos caminhos naturais das águas pluviais – através da urbanização, impermeabilização do solo e canalização de rios –, a sociedade assume a responsabilidade legal por quaisquer danos ou falhas decorrentes dessas intervenções.

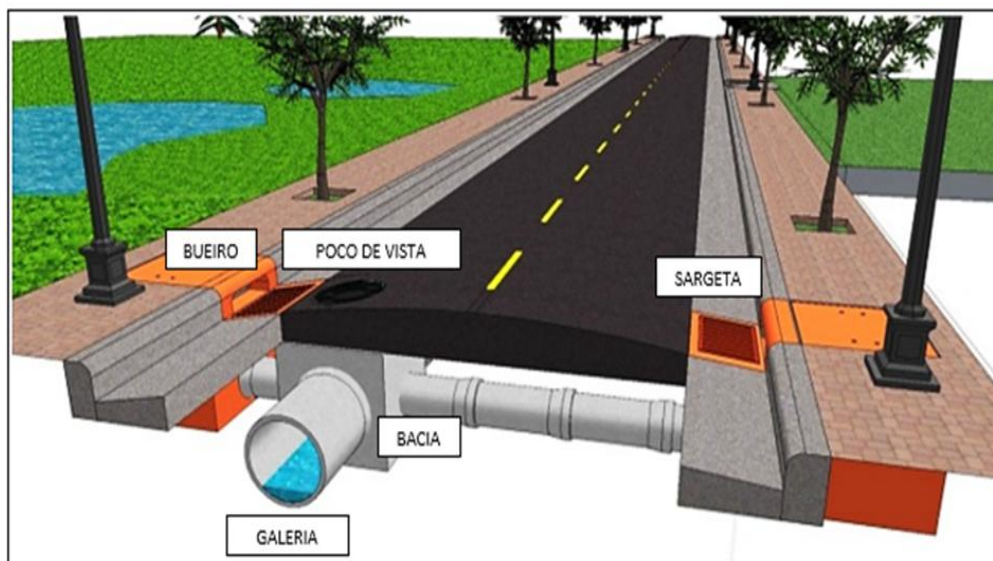
Jâbor (2013) complementa essa descrição, detalhando os percentuais desse fluxo. A maior parte do volume precipitado tem, de fato, o oceano como seu destino final. Contudo, parcelas significativas são desviadas desse caminho: uma porção

evapora ainda durante o evento de chuva, outra evapora diretamente da superfície do solo e de espelhos d'água, e uma terceira é absorvida pelas raízes das plantas e subsequentemente liberada para a atmosfera via transpiração. Da água que efetivamente segue para os cursos d'água, uma parcela escoar rapidamente pela superfície (deflúvio superficial), convergindo para as áreas mais baixas do relevo (vales) e alimentando rios e lagos. Outra parcela, cuja magnitude é diretamente influenciada pela permeabilidade e tipo de solo, infiltra-se e percola pela subsuperfície, movendo-se lentamente como fluxo subterrâneo até também alcançar os corpos d'água, porém em um ritmo muito mais lento e regularizado.

Quando esse sistema natural é sobrecarregado ou alterado, especialmente em ambientes urbanos, um dos resultados mais comuns são as inundações. Uma inundação urbana, como define Marques (2013), caracteriza-se pela invasão das águas – provenientes de chuvas intensas, da subida do mar ou do transbordamento de rios e canais – sobre o espaço da cidade, afetando ruas, calçadas, zonas habitacionais e comerciais. Diante desse risco, a presença de um sistema de drenagem urbana eficiente e bem planejado deixa de ser uma simples infraestrutura e torna-se uma condição fundamental para garantir a segurança pública, o bem-estar da população e a resiliência da cidade contra eventos climáticos extremos (GIRÃO, 2017; SIMÕES et al.).

3.3 Drenagem Urbana

A drenagem urbana é a ciência e o conjunto de técnicas destinadas a remover ou controlar tecnicamente o excedente de água superficial e subterrânea, com o objetivo de preservar a infraestrutura urbana e garantir a segurança dos usuários (JÂBOR, 2013). De acordo com o Guia para a elaboração de planos municipais de saneamento básico (BRASIL, 2011), um sistema de drenagem urbana compreende a totalidade de infraestruturas e instalações operacionais relacionadas à condução, transporte, retenção, detenção, tratamento e disposição final das águas pluviais captadas nas zonas urbanas.

Figura 3 – Sistema de drenagem

Fonte: Raposo et al. (2022).

O principal objetivo desse sistema é assegurar o adequado escoamento das águas de chuva (SUETONIO, 2012). No entanto, este é um desafio complexo que se agrava com a forma de ocupação dos centros urbanos, caracterizada pelo aumento das taxas de impermeabilização do solo. Essa impermeabilização reduz drasticamente os processos naturais de infiltração e retenção, gerando um excesso de fluxo superficial (chuva excedente). Quando este fluxo supera a capacidade de escoamento da infraestrutura de drenagem e dos cursos d'água, ocorrem as inundações urbanas (BARROS, 2005). O problema é intensificado pelo fato de que, mesmo chuvas de baixa intensidade podem causar alagamentos em cidades com sistemas deficientes, resultando em significativos danos sociais e econômicos (SUETONIO, 2012).

As consequências de um sistema de drenagem inadequado ou irregular são severas, incluindo enchentes, alagamentos, deslizamentos e danos aos corpos d'água (MEDAU, 2018; BARROS, 2005). Esses eventos provocam prejuízos materiais, riscos à vida humana, deterioração da malha viária, problemas de tráfego (como aquaplanagem e redução de visibilidade) (NICKLOW, 2001) e impactos ambientais como erosão e poluição (MEDAU, 2018).

Pelo contrário, um serviço de drenagem eficaz proporciona inúmeros benefícios: valorização de propriedades, redução de custos de manutenção viária, diminuição de danos materiais e risco de perdas humanas, restabelecimento rápido

do tráfego pós-chuva e minimização dos impactos ambientais (MEDAU, 2018). A implementação efetiva de um sistema abrangente pode significativamente melhorar a qualidade de vida da população e reduzir os custos governamentais com reconstrução, saúde pública e limpeza (Satiro et al., 2019).

Portanto, a drenagem deve ser vista dentro de uma perspectiva global e integrada, considerando todo o sistema hídrico de uma bacia hidrográfica (SUETONIO, 2012). Essa visão é materializada por meio de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, instrumento fundamental para a gestão das águas urbanas (BARROS, 2005). Qualquer alteração nos percursos naturais da água, como a implantação de bocas de lobo, caixas de grelha e canalizações para remover vazões excedentes (BOTELHO, 2011), deve ser precedida de minuciosos estudos de impacto e acompanhada de medidas mitigadoras (SUETONIO, 2012). Um planejamento meticuloso é essencial, pois a falta de atenção a esses aspectos resulta em prejuízos significativos para a população e a infraestrutura urbana (AIRES et al., 2018). O adequado manejo das águas pluviais, aliado a uma gestão eficiente, é capaz de reduzir os problemas provenientes das chuvas (SOUZA; FREIRE; MANNICH, 2015).

3.4 Tipos de drenagem

A gestão de águas pluviais urbanas estrutura-se em microdrenagem e macrodrenagem. Conforme Travassos (2005), a macrodrenagem atua em escala macro, transportando grandes vazões por rios, córregos e canais. Já Kamura (2015) define a microdrenagem como o subsistema local de sarjetas, bocas de lobo e galerias para coleta inicial do escoamento. Institucionalmente, Fernandes (2009) atribui a infraestrutura de microdrenagem aos municípios, enquanto os estados atuam na macrodrenagem por bacias hidrográficas. Neste contexto, o trabalho concentrará sua análise no âmbito da microdrenagem.

3.4.1 Microdrenagem

A urbanização, por meio da pavimentação e da abertura de vias, exige a implementação de sistemas de microdrenagem para gerenciar as águas pluviais, com estruturas destinadas à sua absorção e escoamento (SUETONIO, 2012). Tais sistemas são fundamentais em meio urbano, assegurando acessibilidade e condições de tráfego para veículos e pedestres durante eventos de precipitação (MEDAU, 2018).

Conforme descreve Suetônio (2012), a água da chuva que não é infiltrada em lotes e telhados escoar para a via pública, concentrando-se nas sarjetas localizadas nas laterais do pavimento. A partir desse ponto, o fluxo hídrico é direcionado para as bocas de lobo e, subsequentemente, para as galerias pluviais, circulando através de caixas de ligação e poços de visita.

O desempenho adequado desse sistema depende criticamente de uma execução criteriosa das obras de infraestrutura, que incluem a pavimentação, a construção de guias e sarjetas, e a instalação de galerias. Adicionalmente, é imperativa a realização de manutenção periódica, com a limpeza e desobstrução dos componentes, sobretudo nas bocas de lobo e galerias, antecedendo os períodos de maior incidência de chuvas (FOCHESATTO, 2017; USP, 2000).

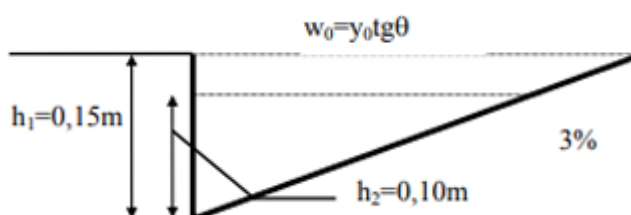
3.5 Componentes de um sistema de drenagem de águas pluviais

3.5.1 Sarjetas

O escoamento superficial das águas pluviais em meio urbano é conduzido primariamente pelas sarjetas, canais localizados nas laterais das vias. Essas estruturas aproveitam a inclinação longitudinal e o perfil abaulado com declividade transversal da rua para direcionar o fluxo de água. No entanto, quando a vazão excede a capacidade de escoamento desses canais, podem ocorrer alagamentos, tornando necessária a captação desse excesso por dispositivos específicos (BOTELHO, 2011).

De acordo com o DNIT (2006), as sarjetas têm como função principal captar e direcionar as águas pluviais que escoam pelo pavimento das rodovias até os pontos de coleta. Esses dispositivos consistem em canais que são situados longitudinalmente junto às guias.

Figura 4 – Seção transversal de uma sarjeta



Fonte: Tomaz (2010)

Segundo Tomaz (2010), a largura padrão estabelecida para sarjetas é de 30 centímetros. O primeiro cenário de dimensionamento considera uma declividade de rua de 3% e uma altura de lâmina d'água de 15 centímetros. Um segundo cenário mantém a declividade de 3%, mas adota uma altura de 10 centímetros, conforme ilustrado na figura 4. Para o cálculo hidráulico em ambos os casos, aplica-se a fórmula de Manning (equação 1).

$$Q = n^{-1} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

(Equação 1)

Q= vazão em m³ /s;

A= área molhada da seção em m²;

R= raio hidráulico (Área molhada / perímetro molhado) em metros;

S= declividade da rua em metro/metro;

N = rugosidade de Manning=0,017 para pavimentos comuns de vias públicas.

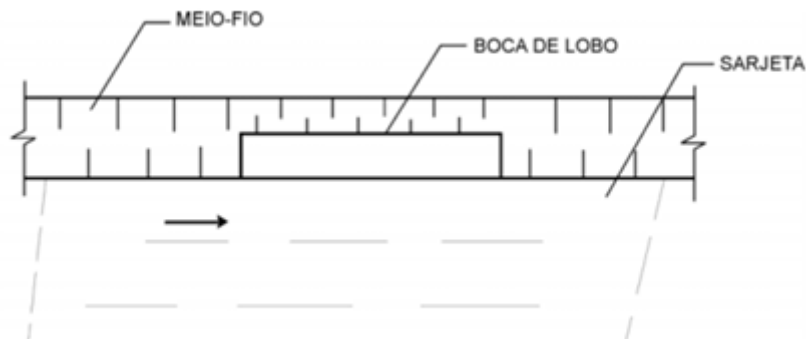
3.5.2 Bocas coletoras

Segundo Tucci (2001), as bocas coletoras são dispositivos instalados em locais estratégicos das sarjetas com a finalidade de captar o volume de água escoado. De acordo com o DNIT (2006), os principais objetivos dessas caixas coletoras incluem: captar as águas transportadas pela sarjeta e conduzi-las até os bueiros de greide; coletar as águas provenientes de montante em bueiros de transposição de talwegues; receber o volume originado de cortes no terreno; permitir a inspeção dos condutos que as atravessam; e possibilitar alterações na declividade, direção e dimensões dos bueiros.

Conforme estabelece o DNIT (2006), as bocas coletoras podem ser classificadas em três tipos principais: a boca de lobo simples, caracterizada por uma abertura no meio-fio (Figura 5); a boca de lobo com grelha, que apresenta uma abertura na sarjeta coberta por uma grelha (Figura 6); e uma combinação dos dois

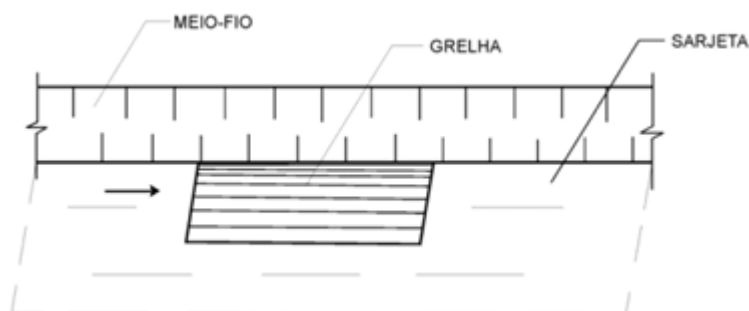
tipos, conforme ilustrado na Figura 7.

Figura 5 – Boca de lobo simples



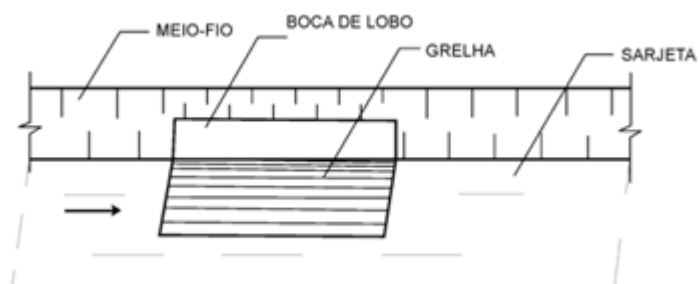
Fonte: DNIT (2006)

Figura 6 - Boca de lobo com grelha



Fonte: DNIT (2006)

Figura 7 – Boca de lobo combinada



Fonte: DNIT (2006)

De acordo com Tomaz (2010), a locação das bocas coletoras deve ser realizada de modo a evitar a formação de zonas com eficiência reduzida na captação

de águas pluviais. Recomenda-se um limite máximo de quatro bocas-de-lobo instaladas em sequência, com cada unidade possuindo capacidade máxima de vazão de 60 l/s. A determinação do número adequado de unidades em série deve obedecer aos critérios estabelecidos na tabela 1.

Tabela 1 – Número de bocas de lobo em série conforme diâmetro dos tubos

Número de bocas de lobo em série	Diâmetro dos tubos (m)
1	0,40
2	0,50
3	0,60
4	0,60

Fonte: Tomaz (2010)

3.5.3 Ramais

Segundo Tucci (2001), os ramais são tubos de ligação destinados a interconectar e transportar as águas pluviais captadas pelas bocas coletoras, direcionando-as para os poços de visita ou galerias subterrâneas.

3.5.4 Galerias

Conforme estabelece Tomaz (2010), as galerias de águas pluviais devem ser preferencialmente instaladas no alinhamento central das vias, possuindo uma camada de recobrimento mínima de 1 metro. O autor recomenda a utilização de tubos de concreto com diâmetro nominal variando entre 0,60 metros (mínimo) e 1,5 metros (máximo), sempre que condições técnicas permitirem.

Quanto às características hidráulicas, o escoamento no interior das galerias deve manter velocidades entre 0,60 m/s e 5,00 m/s. Valores superiores ao limite máximo são admitidos exclusivamente em casos especiais, como em vias com elevada declividade que exigem a instalação de Poços de Visita (PV) adicionais, ou em situações de drenagem de vias sem saída.

Para o dimensionamento hidráulico de galerias circulares trabalhando em seção plena, aplica-se a equação (2) de Manning para cálculo de vazão.

$$Q = 0,312 \cdot n^{-1} \cdot D^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

(Equação 2)

sendo:

Q = vazão (m^3 /s);

n =coeficiente de rugosidade de Manning;

D = diâmetro da tubulação (m);

S =declividade(m/m)

Vale destacar ainda que o diâmetro mínimo necessário para essas estruturas é determinado por meio da equação 3.

3.5.5 Poços de visita

De acordo com a norma ADASA (2018), os Poços de Visita (PV) consistem em estruturas enterradas, construídas em concreto ou alvenaria, que têm como função interligar dois ou mais segmentos de condutos e redes. Conforme complementa o DNIT (2006), estes dispositivos permitem realizar alterações de declividade, direção ou dimensão das galerias. Do ponto de vista operacional, Tomaz (2010) ressalta que os PV devem possibilitar o acesso às canalizações para a realização de atividades de limpeza e manutenção.

A instalação dessas unidades é particularmente necessária em pontos onde convergem múltiplos coletores. As diretrizes para o espaçamento máximo permitido entre Poços de Visita são estabelecidas na tabela 2.

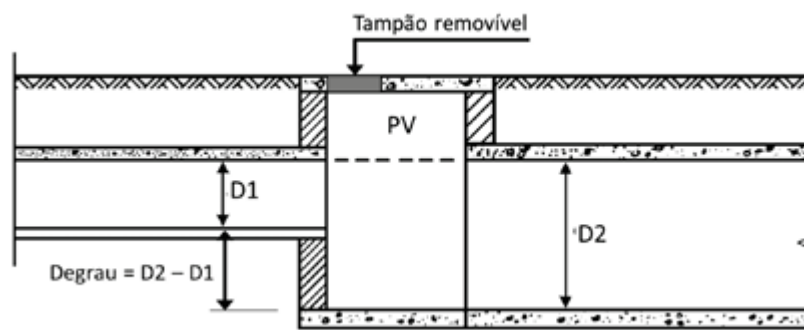
Tabela 2 – Espaçamentos dos poços de visita

Diâmetro ou altura do conduto (m)	Espaçamento dos PV
0,30	120
0,50 a 0,90	150
1,00 ou mais	180

Fonte: Tomaz (2010)

A Figura 8 ilustra a configuração espacial das bocas de lobo e dos poços de visita dentro do sistema de drenagem. De forma complementar, a Figura 9 apresenta o arranjo desses elementos (PVs e BLs) integrados à rede de drenagem, demonstrando sua disposição e interligação no projeto.

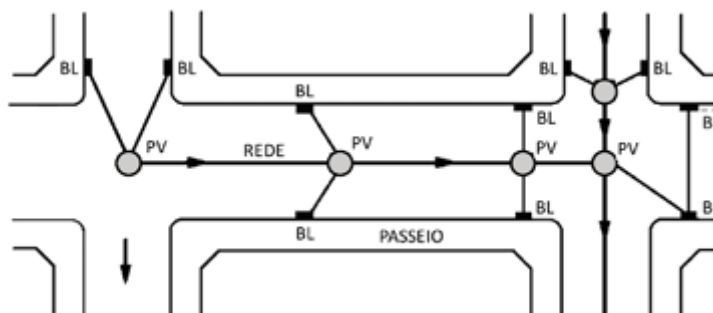
Figura 8 - Ligação da galeria com o PV



Fonte: ADASA (2018).

A Figura 9 apresenta uma representação esquemática completa do sistema de microdrenagem, integrando os diferentes componentes que constituem a rede: as bocas coletoras, os ramais de ligação, os poços de visita e as galerias. A ilustração demonstra a interligação e o arranjo espacial desses elementos dentro do conjunto do sistema de drenagem.

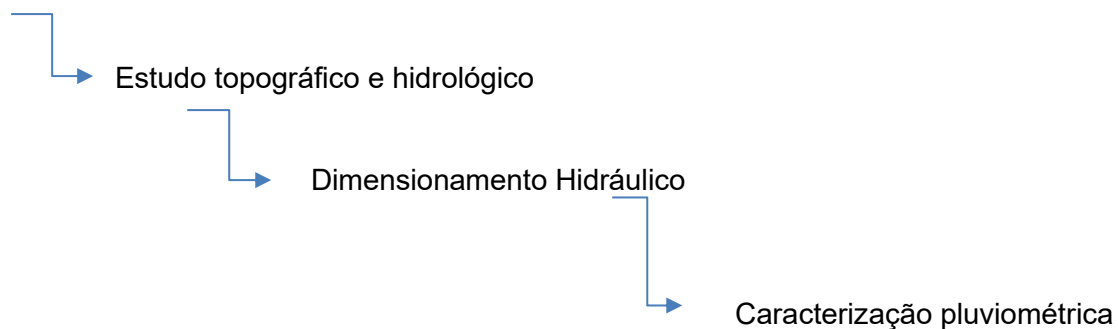
Figura 9 - Representação dos sistemas de microdrenagem



Fonte: (ADASA, 2018)

4. METODOLOGIA

Escolha da área de estudo



4.1 Escolha da área de estudo

A área de análise foi selecionada pelo impacto ambiental evidenciado pela mídia e por relatos da população local, que indicavam a recorrência de alagamentos no local. A Figura 10, apresentada abaixo, ilustra a gravidade do problema ao exibir o estado da avenida durante um evento chuvoso em 05 de abril de 2018.

Figura 10 – Alagamento da Avenida Custodio Conrado



Fonte: Farol de notícias (2018).

4.1.1 Coleta de dados

A etapa de coleta de dados foi essencial para a análise das condições estruturais e de drenagem da Avenida Custodio Conrado. Para o registro das informações in loco, foram utilizados materiais básicos, como caneta e folhas A4, destinados às anotações diretas durante as observações. Além disso, fez-se o uso de uma trena, instrumento indispensável para a obtenção de medidas precisas, como a dimensão da boca de lobo presente no local. Paralelamente, um aparelho celular foi utilizado para o registro fotográfico, permitindo documentar de forma visual as condições do ambiente e dos elementos do sistema de drenagem.

No que se refere à obtenção de informações topográficas, foram empregados equipamentos de alta precisão, como o RTK (Real Time Kinematic) e um drone como ilustra a Figura 11. Esses instrumentos possibilitaram a geração de dados georreferenciados e o levantamento planialtimétrico da área, o que contribuiu significativamente para o entendimento das características do relevo e da declividade do terreno. A utilização conjunta desses equipamentos proporcionou maior confiabilidade às informações coletadas.

Durante as visitas de campo, foram também realizadas conversas com moradores da região, cujas observações se mostraram relevantes para compreender a percepção da comunidade sobre os problemas enfrentados. De modo recorrente, os moradores destacaram a ineficiência do sistema de drenagem e a ausência de planejamento adequado para a rua, informações que foram corroboradas pela Secretaria de Obras do Município de Serra Talhada – PE. Segundo a referida secretaria, não existe um projeto de drenagem formalmente elaborado para a via, o que agrava a situação e evidencia falhas no processo de concepção e execução da infraestrutura urbana.

Verificou-se e foi possível confirmar, durante o diálogo com a população local, a real ausência de um projeto de drenagem para a avenida. De acordo com os relatos dos moradores, embora os impasses durante chuvas intensas sejam recorrentes, não houve nenhuma iniciativa por parte do poder público local para resolver a questão. A implementação de um sistema de drenagem adequado impediria os constantes alagamentos. A Figura 12 ilustra a solução improvisada adotada pela comunidade: a construção de fiadas de alvenaria nos limites das residências, junto às portas de entrada, com o objetivo de conter a água e evitar que ela invadisse as casas e

danificasse os móveis.

Dessa forma, a coleta de dados não apenas permitiu reunir informações técnicas e empíricas, mas também possibilitou identificar as principais causas estruturais e de planejamento que comprometem o desempenho do sistema de drenagem da avenida, servindo como base para propostas de intervenção e melhoria.

Figura 11 - RTK e Drone



Fonte: O autor (2025).

Figura 12 – Construção de fiadas de alvenaria com o objetivo de conter a água.



Fonte: O autor (2025).

4.2 Estudo topográfico e hidrológico

4.2.1 Estudo topográfico

O dimensionamento eficiente de um sistema de drenagem urbana é uma tarefa complexa e crítica, diretamente vinculada à prevenção de enchentes, à segurança da população e à saúde pública. Neste contexto, o estudo topográfico não é uma etapa meramente preliminar, mas a espinha dorsal sobre a qual todo o projeto é concebido e fundamentado. A precisão e o detalhamento do relevo determinam a eficácia das soluções propostas, transformando dados brutos em informações estratégicas para o planejamento.

Visando obter um modelo do qual se possam extrair informações acerca do relevo do terreno, um Modelo Digital de Terreno (MDT) foi gerado a partir de ferramentas avançadas como o *Agisoft Metashape* e o *QGIS* que permitem uma representação fidedigna da superfície do terreno.

4.2.2 Estudo Hidrológico

4.2.2.1 Método Racional

Segundo Giansante (1999), o Método Racional é amplamente empregado na estimativa de vazões de pico geradas por precipitações em bacias de pequena extensão, geralmente para uma área de bacia menor ou igual a 2 km² e período de retorno menor ou igual a 50 anos. Trata-se de uma metodologia prática e eficiente para o dimensionamento de sistemas de drenagem urbana, especialmente em regiões onde não há necessidade de análises hidrológicas mais detalhadas.

Para Giansante (1999) os métodos sintéticos para estimativa de vazões máximas são ferramentas fundamentais no dimensionamento hidrológico, sendo cada um indicado para uma faixa específica de condições da bacia. Além do Método Racional, abordagem clássica para áreas pequenas, outras metodologias são amplamente empregadas. O Método *I-PAI-WU*, por exemplo, é recomendado para bacias de porte médio. Para análises mais detalhadas da resposta hidrológica ao longo do tempo, utiliza-se o Método do Hidrograma Unitário. Já o Método de *Ven Te Chow* oferece uma estrutura estatística e conceitual mais ampla, frequentemente aplicada em modelagens avançadas. De forma geral, os limites de aplicação mais usuais para projetos comuns são:

- **Método Racional:** Bacias com área $\leq 2 \text{ km}^2$ e período de retorno ≤ 50 anos.
- **Método I-PAI-WU:** Bacias com área entre 2 km^2 e 200 km^2 .
- **Método do Hidrograma Unitário:** Aplicável a bacias de diversas dimensões, com foco na forma do hidrograma.
- **Método de Ven Te Chow:** De caráter geral, adaptável a diferentes escalas.

De acordo com Gribbin (2014), o uso predominante do Método Racional ocorre em bacias pequenas de drenagem, como fundos de vale e sub-bacias que deságuam em estruturas menores, a exemplo de coletores de águas pluviais, sarjetas e galerias de microdrenagem. O autor destaca que essa abordagem é uma das mais tradicionais e consolidadas na engenharia hidráulica e sanitária, por permitir determinar a vazão máxima de um evento chuvoso de forma simples, rápida e com boa precisão quando aplicável.

Ainda conforme Gribbin (2014), o Método Racional é voltado especificamente para o cálculo da vazão de pico (Q_p), isto é, o maior valor de vazão que ocorre durante um evento de chuva. O método não considera o comportamento do escoamento antes ou depois desse ponto máximo, concentrando-se apenas na vazão instantânea máxima gerada pela bacia hidrográfica analisada. Essa vazão é obtida a partir da equação clássica do método racional, expressa pela equação 3:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

(Equação 3)

Sendo:

Q = vazão em (m^3 / s) ;

C = coeficiente de escoamento superficial ;

I = intensidade da chuva em mm/h ;

A = área da bacia hidrográfica em km^2 .

4.2.2.2 Coeficiente de Escoamento Superficial

De acordo com o Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE (1980), o cálculo da vazão de projeto por meio do Método Racional deve considerar a aplicação de um coeficiente de escoamento compatível com as características da superfície da bacia de contribuição. Esse coeficiente reflete o grau de impermeabilização e a capacidade de infiltração do terreno, sendo fundamental para a obtenção de resultados coerentes. Os valores recomendados para cada tipo de superfície estão apresentados na Tabela 03, conforme as orientações do referido órgão.

Tabela 3 – Valores de coeficiente de escoamento superficial.

Zonas	Valores de C
De edificação muito densa: partes centrais densamente construídas de uma cidade com ruas e calçadas pavimentadas;	0,70 a 0,95
De edificação não muito densa: partes adjacentes ao centro, de menor densidade de habitações, mas com ruas e calçadas pavimentadas;	0,60 a 0,70
De edificação com pouca superfície livre: partes residenciais com construções cerradas, ruas pavimentadas;	0,50 a 0,60
De edificação com muitas superfícies livres: partes residenciais tipo cidade-jardim, ruas macadamizadas ou pavimentadas;	0,25 a 0,50
De subúrbios com alguma edificação: partes de arredores com pequena densidade de construções;	0,10 a 0,25
De matas, parques e campos de esporte: partes rurais, áreas verdes, superfícies arborizadas, parques e campos de esporte sem pavimentação.	0,05 a 0,20

Fonte: Wilken (1978).

4.2.2.3 Equação IDF

A intensidade da precipitação pode ser estimada por meio de equações empíricas que relacionam a intensidade, a duração e a frequência das chuvas em determinada localidade. Essas expressões são resultantes da análise estatística dos registros pluviográficos, que permitem compreender o comportamento das precipitações ao longo do tempo. Conforme descrito por Tucci, Porto e Barros (1995),

a equação geral utilizada para essa finalidade é apresentada na Equação 4:

$$I = (K \times Tr^a) / (t + b)^c$$

(Equação 4)

Onde:

I – Intensidade da chuva em mm/h;

Tr – Tempo de retorno da chuva em anos;

K, a, b, c – Parâmetros locais obtidos por regressão não linear, a partir de informações extraídas de pluviogramas;

t – Tempo de duração em minutos.

Com base nas pesquisas desenvolvidas por Silva (2009), foi estabelecida a equação de intensidade, duração e frequência (IDF) para a região de Serra Talhada, no estado de Pernambuco Equação 5.

$$I = \frac{998,140 \times Tr^{0,136}}{(t + 12,525)^{0,753}}$$

(Equação 5)

Para obter a intensidade média de chuva por meio dessa equação, é necessário incluir as variáveis referentes ao período de retorno e à duração do evento chuvoso. A escolha do período de retorno deve considerar as particularidades do projeto de drenagem em questão, levando em conta fatores como o risco para a população, possíveis perdas materiais em situações de inundação e o investimento requerido pela obra (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

4.2.2.4 Determinação do Tempo de Concentração

Segundo PLINIO (2013), o tempo de concentração pode ser compreendido a partir de duas definições principais. Corresponde ao intervalo necessário para que toda a bacia hidrográfica contribua para o escoamento superficial em um trecho específico, representando também o tempo gasto pela gota de água localizada no

ponto mais distante até alcançar a seção de interesse.

De acordo com GRIBBIN (2014), o tempo de concentração é um parâmetro fundamental para a estimativa da vazão máxima ou de pico (Q). Bacias com escoamento mais lento, ou seja, com maior tempo de concentração, tendem a apresentar vazões de pico menores. Desse modo, mesmo em bacias com mesma área e tipo de cobertura do solo, diferenças em sua forma resultam em tempos de concentração distintos. Essa variável mede, portanto, o período que o escoamento leva para percorrer desde o ponto mais remoto da bacia até sua seção de saída.

Conforme o Centro Tecnológico de Hidráulica de São Paulo (CTH), estudos realizados por Taylor e Schwarz apontam que diversos fatores exercem influência sobre o tempo de concentração, tais como: a área da bacia, o comprimento e a declividade do talvegue principal, e a extensão do percurso desde o centro da bacia até o exutório definido.

Por fim, AKAN (1993) destaca que a fórmula de Kirpich é amplamente utilizada no Método Racional. Sendo assim, adotou-se, para o cálculo do tempo de concentração desta sub-bacia, a equação de Kirpich conforme Chin (2000), representada pela Equação 6.

$$tc = 0,019 \times (L^{0,77}) / (S^{0,385})$$

(Equação 6)

Sendo:

tc= tempo de concentração (minutos);

L= comprimento do talvegue (metros);

S= declividade do talvegue (m/m).

De acordo com Porto (1993), a fórmula de Kirpich deixa de ser aplicável quando o valor de L (comprimento) ultrapassa 10.000 m, não fornecendo, nesses casos, um valor confiável para o tempo de concentração (tc). Conforme Chin (2000), a utilização dessa equação é geralmente recomendada para bacias de pequeno porte, mais especificamente em áreas de drenagem inferiores a 80 hectares.

4.2.2.5 Período de retorno

Segundo FERNANDES (2012), a chuva de projeto, também conhecida como chuva máxima, é um evento precipitação cuja intensidade está intrinsecamente associada a um período de retorno específico. A seleção de um período de retorno (T) adequado é um exercício técnico fundamental que visa equilibrar o risco hidrológico aceitável, ou seja, a probabilidade de falha de uma estrutura, com a viabilidade econômica da obra. Períodos de retorno mais elevados correspondem a chuvas de projeto de maior intensidade, o que frequentemente resulta em estruturas de drenagem superdimensionadas e, conseqüentemente, em investimentos financeiros potencialmente onerosos e pouco eficientes.

A determinação do período de retorno ideal, portanto, não é arbitrária. Ela deve considerar as particularidades do empreendimento em questão e a magnitude dos prejuízos que uma eventual falha provocada pelo escoamento de uma vazão superior àquela adotada nos cálculos de dimensionamento poderia acarretar. Metodologicamente, o cálculo desse período é realizado conforme estabelecido pela Equação 7.

$$T = \frac{1}{P}$$

(Equação 7)

A probabilidade de ocorrência de um determinado evento hidrológico, considerada em uma análise estatística, corresponde ao inverso do seu período de retorno, conforme indicado por Mays (2001). Essa relação é apresentada na Equação 8.

$$P = \frac{1}{T}$$

(Equação 8)

A escolha adequada do período de retorno (TR) constitui um dos desafios mais recorrentes e complexos dentro da hidrologia aplicada, especialmente no dimensionamento de sistemas de drenagem. Isso ocorre porque o TR está diretamente associado ao nível de risco que se admite para uma determinada obra, tornando-se, portanto, um parâmetro decisivo tanto para a segurança quanto para o custo do empreendimento. Por esse motivo, a literatura técnica apresenta diversas

discussões acerca de sua definição, uma vez que diferentes autores, normas e regiões podem adotar critérios específicos conforme suas condições hidrológicas.

Em termos práticos, recomenda-se que o período de retorno seja escolhido de forma a refletir o melhor equilíbrio possível entre risco aceitável, características da ocupação urbana e importância da infraestrutura analisada. No contexto da microdrenagem urbana, é comum empregar valores de TR variando entre 2 e 10 anos, conforme preconizado por manuais técnicos e boas práticas de engenharia, pois esses sistemas geralmente são projetados para lidar com eventos de menor magnitude, recorrentes no ambiente urbano.

A Tabela 4 apresenta a relação entre os diferentes períodos de retorno recomendados e o tipo de obra ou tipo de ocupação da área, permitindo ao projetista selecionar o valor mais adequado às condições locais e à criticidade da infraestrutura. Essa abordagem orienta o processo de projeto de maneira mais segura e tecnicamente fundamentada, reduzindo riscos de subdimensionamento ou de gastos excessivos.

Tabela 4 – Tempo de retorno

Tipo de Obra	Tipo de Ocupação da Área	T (anos)
Microdrenagem	Residencial	2
Microdrenagem	Comercial	5
Microdrenagem	Áreas com edifícios de serviços públicos	5
Microdrenagem	Aeroportos	2 a 5
Microdrenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5 a 10
Microdrenagem	Áreas comerciais e residenciais	50 a 100
Microdrenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: Tucci (1995)

4.3 Dimensionamento Hidráulico

4.3.1 Bocas de lobo

Segundo a vistoria de campo, foi constatada a presença de apenas uma boca de lobo no local, a qual se encontra isolada, sem a presença de uma sarjeta próxima, comprometendo o escoamento adequado das águas pluviais.

Para a avaliação da capacidade de vazão dessa boca de lobo, é necessário levar em conta a profundidade da lâmina d'água (y) acima da grelha presente na

sarjeta. Vale destacar que não foi encontrada sarjeta ligada a única boca de lobo presente na avenida. Para o cálculo da capacidade de escoamento, foi utilizada a Equação 9 que para Tucci é usada em profundidades de lâminas de água com altura maior que 42 cm (quarenta e dois centímetros).

$$Q_{eng} = 2,91 \times A \times y^{\frac{1}{2}}$$

(Equação 9)

Onde:

Q_{eng} – Vazão de engolimento (m^3/s);

A – Área da grade menos a área das barras (m^2);

y – Altura de água na sarjeta sobre a grelha (m).

4.3.2 Galerias

De acordo com BOTELHO (2011), o dimensionamento das galerias de águas pluviais — que são condutores destinados ao transporte da água de chuva — deve adotar diâmetro mínimo de 400 mm para a tubulação principal, visando prevenir obstruções e entupimentos causados por resíduos carreados até as bocas de lobo.

Conforme SUETONIO (2012), essas galerias atuam como tubulações que recebem o escoamento captado nas bocas de lobo, conduzindo-o até descargas adequadas, como canais, rios, lagoas ou mar.

Segundo Tucci (1995), o projeto adequado de galerias de águas pluviais é influenciado por diversos parâmetros fundamentais, tais como o tipo de galeria selecionada, a relação entre a lâmina d'água e o diâmetro do conduto, a declividade da tubulação e a vazão a ser escoada. Para a determinação do diâmetro mínimo dessas galerias, foi empregada a Equação 10.

$$D = 1,55 \times \left(\frac{Q \times n}{S^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

(Equação 10)

Onde:

D – Diâmetro da tubulação (mm);

Q – Vazão de projeto (m^3/s);

n – Coeficiente de rugosidade de Manning;

S – Declividade da tubulação (m/m).

4.4 Caracterização pluviométrica

Realizou-se uma análise pluviométrica da cidade de Serra Talhada com base em dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), considerando uma série histórica de dez anos (2015 até 2025) . O estudo teve como objetivo principal identificar o regime de chuvas da região, com foco na sazonalidade e na intensidade mensal. Os índices pluviométricos obtidos são parâmetros fundamentais para os cálculos de dimensionamento hidrológico e para a avaliação da viabilidade técnica do sistema de drenagem existente.

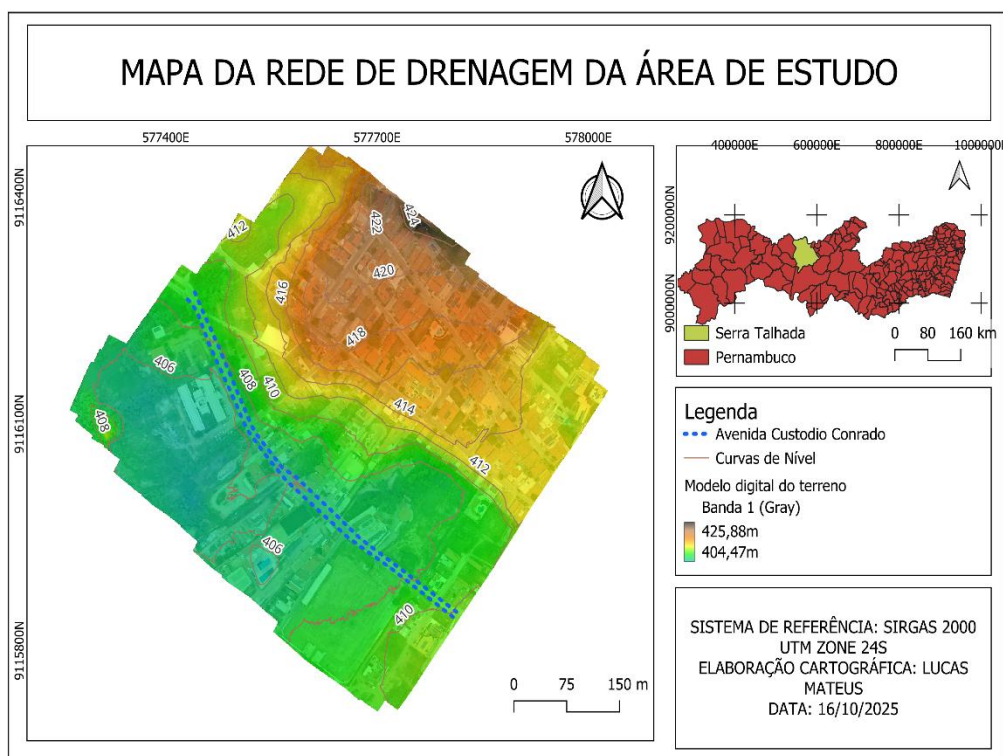
5. RESULTADOS

5.1 Análise do terreno

Para uma compreensão mais aprofundada da região e de suas feições geográficas, tornou-se necessária a realização de um levantamento topográfico. As curvas de nível foram geradas a partir de um Modelo Digital de Terreno (MDT), que foi criado com o auxílio do software Agisoft Metashape. Todo o procedimento de elaboração das curvas foi executado no QGIS, versão 3.40.4. Devido à grande extensão do MDT, foi preciso recortar a imagem RASTER para focar na área de interesse, permitindo uma avaliação mais detalhada. Paralelamente, um mapa hipsométrico foi confeccionado para visualizar a variação de altitude do terreno, conforme demonstrado na Figura 13.

A análise minuciosa dessas informações é crucial para a proposição de medidas eficientes que mitiguem os efeitos das precipitações, evitando alagamentos e promovendo uma melhor qualidade de vida para os moradores da localidade.

Figura 13 – Mapa hipsométrico da área de estudo

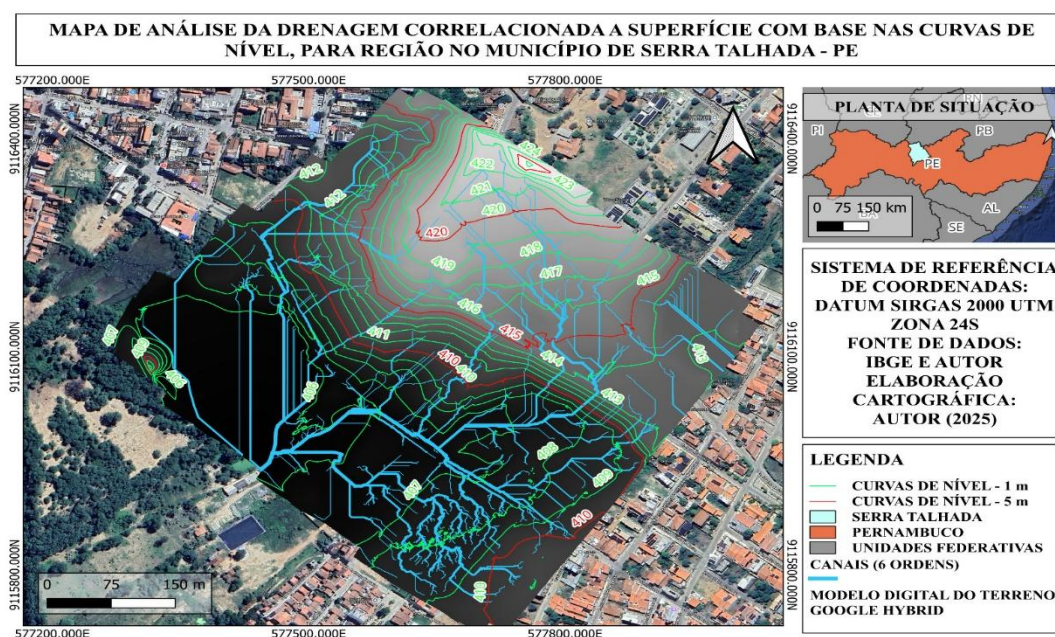


Fonte: O autor (2025).

5.2 Análise hidrológica

Com o intuito de aprofundar a investigação sobre o escoamento hídrico na avenida, elaborou-se um mapa hidrológico que detalha a rede de drenagem existente não apenas no local, mas também nas áreas adjacentes que convergem para o ponto estudado. Esta ferramenta cartográfica é fundamental para decifrar o comportamento do sistema de drenagem da via, permitindo identificar as contribuições externas que, somadas às deficiências locais, resultam nos episódios de alagamentos durante chuvas. A visualização dessas dinâmicas é apresentada na Figura 14 que por sua vez mostra as áreas alagadas. Vale destacar que, após o processamento no QGIS, identificou-se que a avenida se encontra em uma área alagada. A combinação dessa condição natural com a falta de um sistema de drenagem eficiente potencializa os riscos de alagamentos e compromete a infraestrutura local.

Figura 14 – Linhas de drenagem da área estudada.

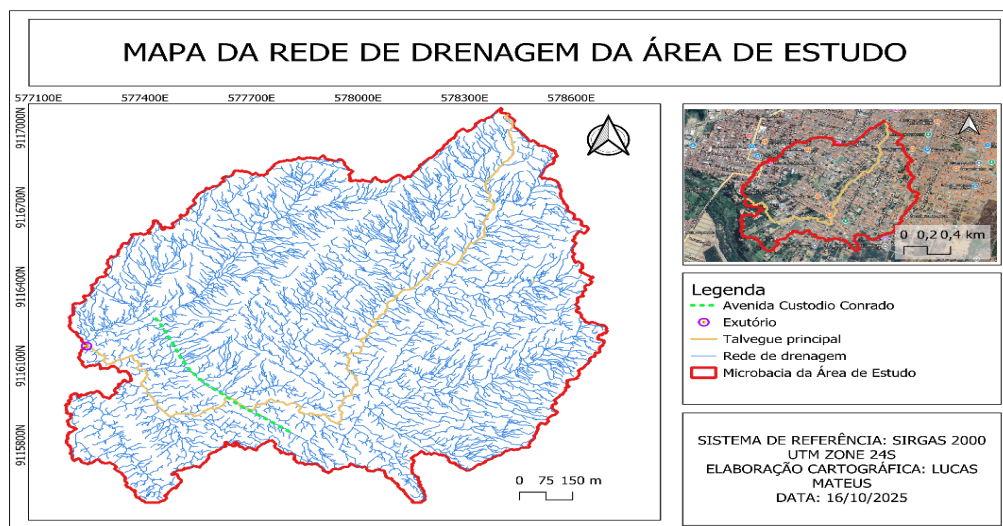


Fonte: O autor (2025).

Complementarmente, foi elaborado um segundo mapa hidrológico que, além de representar a rede de drenagem urbana, identificou o talvegue principal da região – o leito natural que conduz o escoamento das águas pluviais. A análise revelou que este talvegue coincide precisamente com o trecho da avenida mais suscetível a alagamentos, explicando a concentração do problema na área. Outro aspecto crucial mapeado foi a delimitação da bacia de contribuição e a identificação de seu exutório,

o ponto de descarga final onde toda a água drenada converge para o Rio Pageu, situado nas proximidades. A Figura 15 sintetiza graficamente esses elementos para uma compreensão integral do sistema.

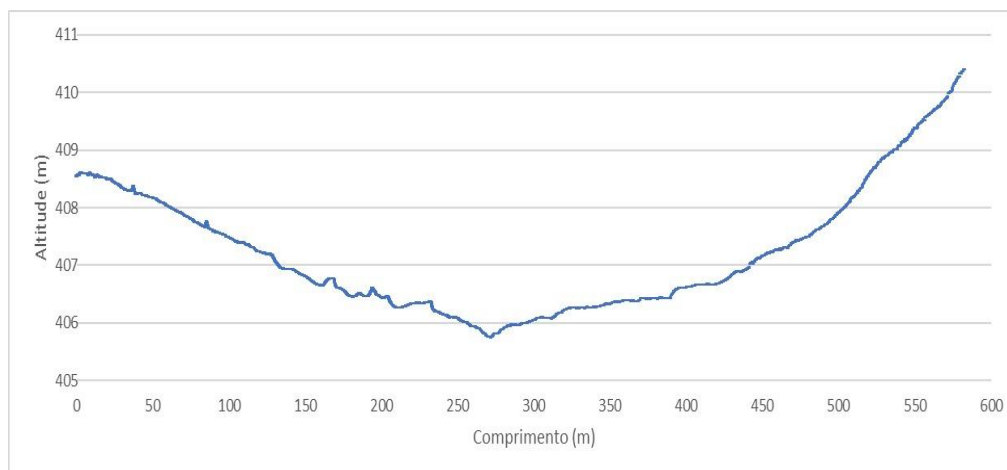
Figura 15 – Mapa da rede de drenagem.



Fonte: O autor (2025).

A análise do perfil longitudinal da avenida, especificamente no trecho sujeito a alagamentos, revelou um desnível acentuado de 4 a 5 metros entre seus pontos extremos. Esta significativa declividade no terreno é um fator determinante para a ocorrência de alagamentos, uma vez que concentra e direciona o fluxo hídrico superficial para essa área específica. A figura 16 mostra o perfil citado.

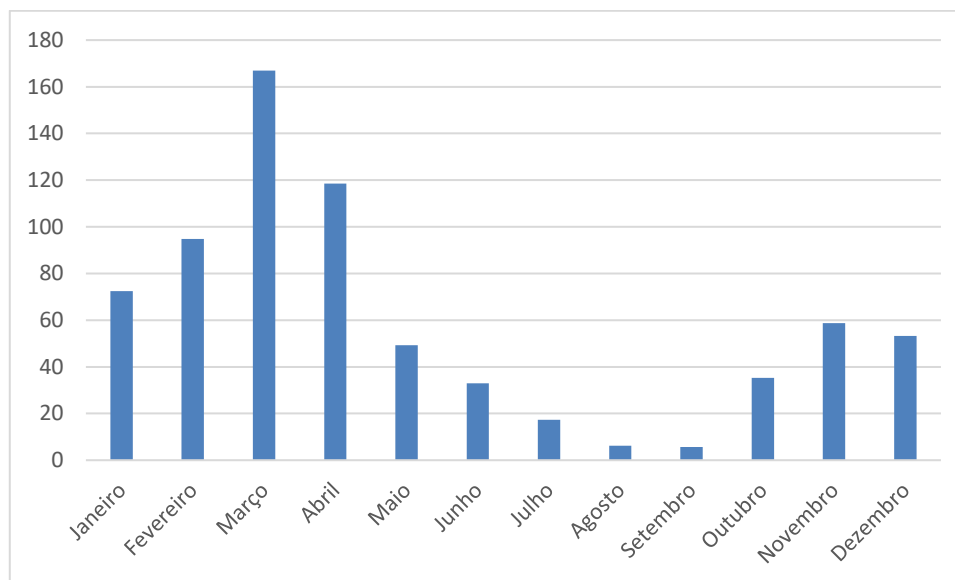
Figura 16 – Perfil longitudinal da avenida



Fonte: O autor (2025).

5.3 Análise pluviométrica

Figura 17 – Média de precipitação mensal no município de Serra Talhada entre os anos de 2015 e 2025



Fonte: APAC (2025).

Os dados médios de precipitação compilados pela APAC (Agência Pernambucana de Águas e Clima) ao longo de uma década para a cidade de Serra Talhada revelam um padrão climático marcante e seus sérios desdobramentos para a população. O Figura 17 demonstra uma drástica concentração das chuvas no primeiro quadrimestre do ano, com os meses de janeiro (60 mm), fevereiro (80 mm), março (pico de 160 mm) e abril (120 mm) respondendo pela grande maioria do volume pluviométrico anual. Em contraste, o período que vai de maio a dezembro registra uma queda acentuada, com o segundo semestre apresentando precipitações insignificantes, próximas de zero que é o caso dos meses de agosto e setembro.

Essa distribuição irregular, típica do semiárido, impõe um ciclo anual de desafios. Durante os meses de pico, especialmente em março, a infraestrutura urbana é colocada à prova. A incapacidade do sistema de drenagem de escoar o grande volume de água em um curto espaço de tempo resulta em alagamentos generalizados. As consequências para a população local são severas: ruas tornam-se intransitáveis, isolando bairros inteiros; habitações, principalmente em áreas de risco, sofrem danos materiais; o comércio é paralisado, gerando prejuízos econômicos; e o acúmulo de água parada se transforma em criadouro para mosquitos, elevando a incidência de doenças como dengue e chikungunya.

Portanto, os dados da APAC não são meras estatísticas, mas a comprovação científica de uma vulnerabilidade que se repete a cada ano. A necessidade de um sistema de drenagem eficiente é, conseqüentemente, incontestável. É necessário o investimento em uma infraestrutura capaz de comportar esses picos previsíveis de chuva, por meio da ampliação e manutenção regular de galerias, da construção de bocas de lobos e sarjetas para a integração do sistema drenagem. Tal ação não seria um gasto, mas um investimento vital em resiliência, segurança e qualidade de vida, destinado a interromper o ciclo de sofrimento e prejuízos que assola anualmente os cidadãos de Serra Talhada e de uma forma mais específica os moradores da Avenida Custodio Conrado.

5.4 Definição do tempo de concentração

O levantamento topográfico, processado no software QGIS, permitiu a obtenção de dados essenciais para a subsequente determinação do tempo de concentração. Dentre essas informações, destacam-se a identificação do talvegue principal que corta a área de estudo, seu comprimento e as cotas de nível do terreno. O talvegue em questão apresenta um comprimento de 2900 metros, com uma cota máxima de 448,42 metros e uma mínima de 412,89 metros. Com base nesses parâmetros, aplicou-se a Equação 6, resultando em um tempo de concentração calculado em 47,95 minutos.

5.5 Definição do Tempo de Retorno

A seleção do tempo de retorno para projetos de drenagem é um critério técnico fundamental, estabelecido em norma (como ilustrado na Tabela 4) e diretamente vinculado à classe de ocupação do solo da bacia hidrográfica. Para o dimensionamento do sistema de microdrenagem em questão, adotou-se o período de retorno de 30 anos. Esta opção alinha-se não apenas com a prática consolidada para este tipo de obra, mas é técnica e economicamente justificada pelas características específicas da bacia. Localizada em uma área comercial de intenso fluxo viário, que ainda atua como receptora de deflúvios de drenagens adjacentes, a região demanda um nível de proteção balanceado. Cabe salientar que a relação entre o tempo de retorno e a segurança hidrológica é diretamente proporcional: a adoção de períodos mais longos resulta em uma maior resiliência do sistema, mitigando a frequência e a

severidade de alagamentos e, por consequência, os seus impactos negativos sobre a população, o tráfego e o patrimônio.

5.6 Intensidade Pluviométrica

A intensidade pluviométrica para a região foi determinada em 72,16 mm/h mediante a aplicação, na Equação 5, do tempo de concentração e do período de retorno previamente estabelecidos.

5.7 Vazão Máxima

O software QGIS permitiu determinar que a área de drenagem da região em análise é de 1.492.931 m², equivalente a 1,492931 km². Considerando um coeficiente de escoamento (C) de 0,95 valor retirado da Tabela 3 no qual é usado para uma zona de edificação muito densa, caracterizada por partes centrais de cidade com ruas e calçadas pavimentadas, a aplicação da Equação 3 resultou em uma vazão de projeto de 28,45 m³/s que nesse caso essa vazão máxima é o "pior cenário" de vazão para o qual um projeto deve ser preparado.

5.8 Vazão das Bocas de Lobo

Conforme mencionado previamente, a Avenida Custodio Conrado possui apenas uma boca de lobo. Somado à escassez desses dispositivos de captação, observou-se também a falta de sarjetas, componentes essenciais para conduzir as águas pluviais até as bocas de lobo. A partir destas, a água seguiria pelos ramais de ligação até a galeria, que a transportaria para o destino final, como, por exemplo, uma estação de tratamento.

A única boca de lobo existente na avenida mede 1,40 m x 1,40 m. Contudo, conforme ilustra a Figura 18, a presença de resíduos sólidos sobre a grelha reduz sua capacidade de engolimento. Aplicando a Equação 9, calculou-se uma vazão de engolimento de 1,848 m³/s. Este resultado demonstra a grande insuficiência do "sistema de drenagem existente", especialmente quando comparado à vazão máxima calculada de 28,45 m³/s. Para esse cálculo, adotou-se o valor de lâmina d'água de 42 cm, comumente utilizado em projetos de drenagem.

Os cálculos confirmam que os problemas de alagamento têm origem, neste caso, na quantidade insuficiente de bocas de lobo para captar a água que escoar para o local e na ausência de sarjetas ao longo da Avenida Custódio Conrado e das vias adjacentes que afluem para ela.

Ademais, com base nas diretrizes do DAEE/CETESB (1980), deve-se aplicar um fator de redução de 50% à vazão de escoamento para bocas de lobo com grelha. Considerando esse fator, a vazão de engolimento efetiva cai para 0,924 m³/s, o que agrava ainda mais a situação e reforça a necessidade urgente de implantar um novo sistema de drenagem para a avenida em estudo.

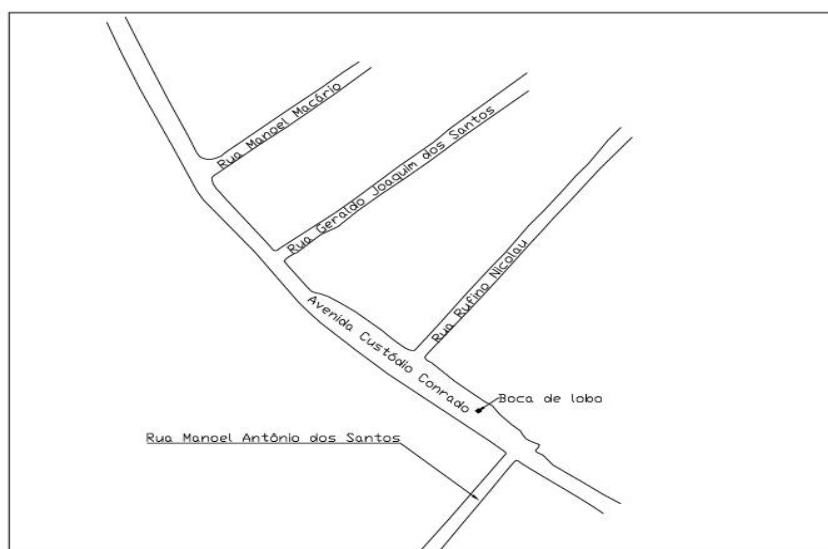
Figura 18 – Única boca de lobo da Avenida Custódio Conrado



Fonte: O autor (2025).

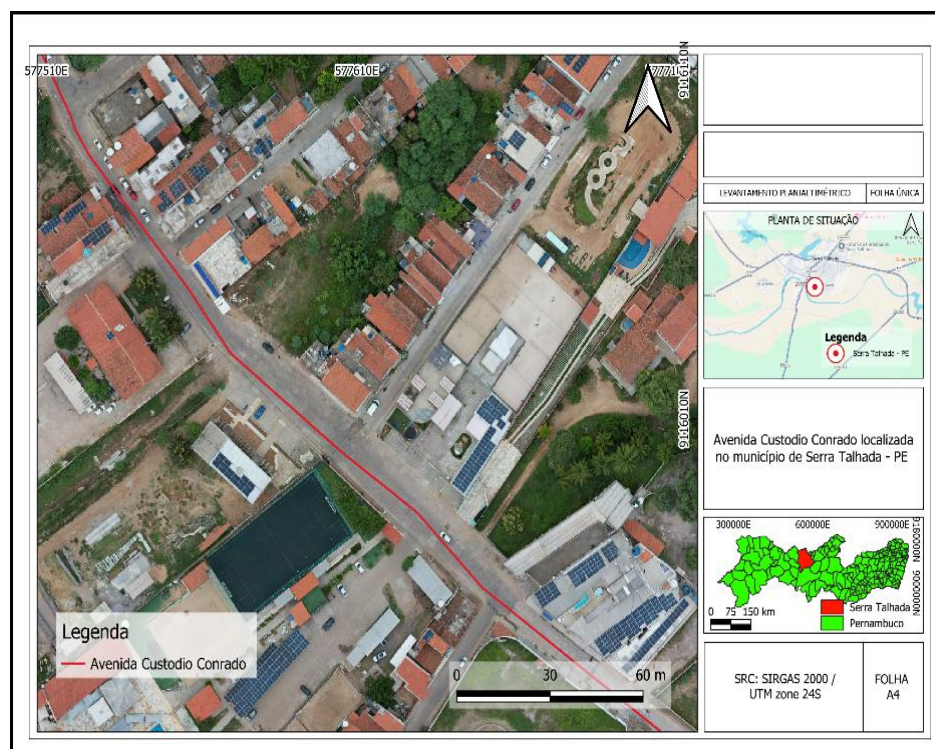
Vale destacar que foram desenvolvidas planta de situação / localização a partir de dados georreferenciados extraídos do QGIS como mostra a Figura 19 e a Figura 20 .Esses dados (linhas de demarcação), que delimitou o logradouro em questão, foram subsequentemente importados para o Civil 3D para a criação da planta final. A planta resultante tem como objetivo ilustrar a localização da Avenida, das vias adjacentes e do único ponto de drenagem (boca de lobo) identificado na área.

Figura 19 – Planta de situação mostrando a Avenida e a localização da única boca de lobo



Fonte: O autor (2025).

Figura 20 - Planta de localização



Fonte: O autor (2025).

5.9 Diâmetro Mínimo das Galerias

Por meio da Equação 10, determinou-se um diâmetro de 2300 mm para a galeria de transporte de água, isso utilizando o valor de 0,013 no coeficiente de Manning para tubos de concreto. A verificação in loco desse valor, no entanto, foi inviabilizada devido ao fato de a grelha estar chumbada e à baixa claridade no local. Mesmo sem uma medição direta, é evidente, pela avaliação visual, que a galeria existente não atinge a dimensão calculada.

Em comparação, o Manual de Drenagem Urbana da Região Metropolitana de Curitiba (PARANÁ, 2002) apresenta um exemplo de dimensionamento de galeria circular para escoar uma vazão de 94 L/s, também utilizando a fórmula de Manning com o mesmo coeficiente de rugosidade $n = 0,013$ e declividade de 0,001 m/m. Nesse caso, os autores obtiveram um diâmetro teórico de 457 mm, adotando-se comercialmente o diâmetro de 500 mm. A significativa diferença entre os diâmetros, ou seja, 2300 mm no presente estudo e 500 mm no exemplo do Manual de Drenagem Urbana do Paraná (2002) evidencia a influência direta das condições hidráulicas locais, em especial a vazão de projeto e a declividade disponível. Enquanto o estudo comparado lida com uma vazão relativamente baixa (94 L/s), a galeria dimensionada neste trabalho destina-se a vazões muito superiores, justificando a necessidade de diâmetros mais elevados para garantir o escoamento sem sobrecarga.

Com base na análise dos dados e no diagnóstico hidrológico e hidráulico realizados, os resultados obtidos indicam a necessidade de intervenções estruturais na malha de drenagem. Para a eficiente condução e escoamento das vazões de projeto, os cálculos demonstram ser imprescindível a elaboração de um projeto executivo que contemple a ampliação da rede de microdrenagem. Esta ampliação deve incluir a instalação de novas bocas de lobo e sarjetas, bem como a construção de uma galeria com diâmetro mínimo de 2300 mm. A implementação dessas medidas, associada a um programa de manutenção periódica, configura-se como a solução técnica adequada para mitigar os pontos críticos de alagamento identificados.

6. PROPOSTAS PARA OTIMIZAÇÃO

As propostas consistem em um conjunto integrado de ações para solucionar definitivamente os problemas de drenagem na área. De início, seria necessária a elaboração de um projeto executivo de drenagem, que fornecerá o detalhamento técnico completo para o sistema de microdrenagem, planejando a ampliação e integração de todos os dispositivos de captação, condução e descarga das águas pluviais.

Com base nesse projeto, seria realizada a ampliação da rede de microdrenagem através da instalação de novas bocas de lobo, estrategicamente distribuídas ao longo da avenida e vias adjacentes, para aumentar significativamente a capacidade de captação do escoamento superficial. Paralelamente, seria feita a construção de sarjetas laterais para conduzir as águas pluviais de forma eficiente até essas bocas de lobo, evitando o acúmulo de água na pista.

Uma ação estruturante central é a substituição e ampliação da galeria existente, com a instalação de uma nova galeria de diâmetro mínimo de 2300 mm, dimensionada para transportar com segurança a vazão máxima de projeto de 28,45 m³/s, calculada para um tempo de retorno de 30 anos. Para garantir a perenidade do sistema, seria implementado um programa de manutenção periódica, com um cronograma rigoroso de inspeção, limpeza e desobstrução de bocas de lobo, sarjetas e galerias, especialmente antes do período chuvoso (primeiro quadrimestre do ano).

É fundamental que todo o sistema tenha uma Integração com a Macrodrenagem, articulando-se de forma segura com o exutório natural da bacia (Rio Pajeú), assegurando que o escoamento seja conduzido sem causar impactos negativos a jusante. Finalmente, seria estabelecido um plano de Monitoramento e Gestão Pós-Intervenção para acompanhar continuamente o desempenho do sistema após a implementação das melhorias, permitindo ajustes futuros com base em dados pluviométricos e feedback da população.

7. CONCLUSÃO

Este trabalho analisou o sistema de drenagem urbana da Avenida Custodio Conrado, em Serra Talhada – PE, com o objetivo de diagnosticar suas deficiências e propor diretrizes para otimização.

Os resultados demonstraram que os alagamentos recorrentes na via decorrem da combinação de fatores naturais, como sua localização no talvegue principal da bacia, e da insuficiência da infraestrutura existente: apenas uma boca de lobo, ausência de sarjetas e uma galeria subdimensionada. A vazão máxima de projeto para um período de retorno de 30 anos foi calculada em 28,45 m³/s, enquanto a capacidade efetiva da captação atual é de apenas 0,924 m³/s, evidenciando uma deficiência crítica.

Com base no diagnóstico, foram propostas diretrizes para otimização do sistema, incluindo: a elaboração de projeto executivo de drenagem, a ampliação da rede com instalação de novas bocas de lobo e sarjetas, a construção de uma galeria com diâmetro mínimo de 2300 mm e a implementação de um programa de manutenção periódica.

Dessa forma, este estudo atendeu ao objetivo geral e aos objetivos específicos, fornecendo subsídios técnicos para intervenções que visam mitigar os alagamentos, melhorar a segurança urbana e contribuir para um planejamento de drenagem mais resiliente no município.

REFERÊNCIAS

ADASA. Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas do Distrito Federal. Brasília/DF, 2018.

AGÊNCIA PERNAMBUCANA DE ÁGUAS E CLIMAS (APAC). Site institucional. Recife, 2025.

AKAN, A. OSMAN. Urban Stormwater Hydrology. **Technomic**, 1993. 268 p.

BOTELHO, Manoel. Águas de chuva: Engenharia das águas pluviais nas cidades. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

CARVALHO, Daniel; MELLO, Jorge; SILVA, Leonardo. Irrigação e Drenagem.

CHIN, DAVID A. Water resources Engineering. Prentice Hall, 2001. 749 p.

DAEE/CETESB. Drenagem Urbana: Manual de Projeto. 2. ed. São Paulo: DAEE, 1980. 468 p.

DNIT – DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Manual de drenagem de rodovias. Rio de Janeiro: DNIT, 2006.

FAROL DE NOTÍCIAS. Moradores de São registram alagamentos em 3 bairros. Farol de Notícias, 2018.

FERRAZ, Marcelo. Saneamento: questão de vida ou morte!

GIANSANTE, Antonio Eduardo. Determinação da vazão máxima de uma bacia hidrográfica: uma comparação entre os métodos sintéticos e suas aplicabilidades. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 13., 1999.

GIRÃO, L. F. O.; SIMÕES, N. E. C.; MARQUES, J. A. A. S.; LEITÃO, J. P. C.; PINA, R. D. Modelação hidráulica e de qualidade da água dos sistemas de drenagem em meios urbanos. **EngSanitAmbient**, Coimbra, v.22, n. 2, mar./abr. 2017.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos; SUDERHSA. Manual de drenagem urbana: Região Metropolitana de Curitiba – PR. Curitiba: SUDERHSA, 2002. Versão 1.0.

GRIBBIN, John E. Introdução a hidráulica, hidrologia e gestão de águas pluviais. São Paulo: **Cengage Learning**, 2014. xiii, 526 p.

JABÔR, Marcos Augusto. Drenagem de rodovias: estudos hidrológicos e projeto de drenagem. [S.l.]: [s.n.], 2012. 147 p.

MICHAELIS. Dicionário. Hidrologia. São Paulo: Melhoramentos, 2017. 520 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Governo Federal. Ciclo Hidrológico

MIRANDA, Ricardo A. C.; OLIVEIRA, Marcus V. S.; SILVA, Danielle Ferreira. Ciclo hidrográfico planetário: abordagens e conceitos. **Geo UERJ**, [S. l.], v. 1, n. 21, p. 109, jul. 2010.

NICKLOW, JOHN W. Design of stormwater inlets. In: MAYS, Larry. **Stormwater collection systems design handbook**, 2001.

OMS, ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. Projetos e programas.

ONU, Nações Unidas. Investimentos dos países em saneamento não estão sendo suficientes

RAPOSO, C. L. L.; BORGES, T. H. M.; LOPES, V. K. G.; PEREIRA, C. R. O. Estudo de caso do trecho entre a Avenida Rio de Janeiro e Rio Madeira para avaliação do manejo de águas pluviais para os sistema de microdrenagem. **Revista FT**, 2022.

SANTOS, Jéssica Maria Leandro da Cruz. Proposta de sistema de microdrenagem urbana para o bairro da maternidade no município de Patos/PB. 2023. 79 f. TCC (Graduação) – Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

SILVA, Bruno Marcionilo. Chuvas intensas em localidades do Estado de Pernambuco. 2009. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

SUETÔNIO, Mota. Introdução à engenharia ambiental. 5. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2012. 524 p.

TOMAZ, P. Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais. 2010.

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1995.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 1. ed. Porto Alegre: UFRGS, 1993.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/UFRGS, 1997.

USP, FAU. Microdrenagem Urbana.

WILKEN, P.S. Engenharia de drenagem superficial. São Paulo: CETESB, 1978. 477 p.