

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

ARTHUR BRESSA BRAGANÇA

**SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL DO BAIRRO JARDIM EUROPA –
MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL/RS**

**Alegrete
2024**

ARTHUR BRESSA BRAGANÇA

**SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL DO BAIRRO JARDIM EUROPA –
MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL/RS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia Civil
da Universidade Federal do Pampa, como
requisito parcial para obtenção do Título de
Licenciado em Engenharia Civil.

Orientador: Marília Ferreira Tamiosso

**Alegrete
2024**

ARTHUR BRESSA BRAGANCA

SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL DO BAIRRO JARDIM EUROPA – MUNICÍPIO DE SÃO GABRIEL/RS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 03 de dezembro de 2024.

Banca examinadora:

Profa. Dra. MARILIA FERREIRA TAMIOSSO - UNIPAMPA - Orientadora

Profa. Dra. ADRIANA GINDRI SALBEGO - UNIPAMPA

Prof. Dr. FLADIMIR FERNANDES DOS SANTOS - UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **MARILIA FERREIRA TAMIOSSO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/12/2024, às 11:08, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **ADRIANA GINDRI SALBEGO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/12/2024, às 11:10, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **FLADIMIR FERNANDES DOS SANTOS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 12/12/2024, às 16:08, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1626096** e o código CRC **488B4204**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu pai Julio, minha mãe Danieli e minha avó Maria Lucia, por todo o amor, apoio incondicional e ensinamentos que me acompanharam em cada etapa desta caminhada. Sem a força e os valores que vocês me transmitiram, este sonho não seria possível. Além disso, foi graças à dedicação e ao suporte de vocês, que possibilitaram que eu me concentrasse plenamente nos estudos, tornando este sonho uma realidade.

Ao meu filho Benito, que, mesmo em sua inocência, foi uma das maiores motivações para eu seguir em frente e buscar sempre ser um exemplo de dedicação e superação. Você é minha inspiração diária e a razão pela qual continuo buscando ser a minha melhor versão.

À minha namorada Julia, cuja presença e apoio inestimáveis foram fundamentais, especialmente nos momentos finais desta jornada. Sua paciência, encorajamento e amor me deram forças para seguir adiante e concluir este trabalho.

À minha orientadora Marília, que sempre esteve a disposição, incluindo finais de semana, para sanar dúvidas e possibilitando o término deste trabalho da melhor maneira possível.

A cada um de vocês, meu eterno agradecimento e minha mais profunda gratidão. Este momento é tão meu quanto é de vocês.

RESUMO

O município de São Gabriel, no Rio Grande do Sul, tem vivenciado um crescimento populacional e urbano expressivo, especialmente no bairro Jardim Europa, que se destaca por sua rápida expansão. Contudo, a infraestrutura do sistema de drenagem pluvial no bairro não acompanhou esse desenvolvimento acelerado, resultando em alagamentos frequentes durante períodos de chuvas intensas. Embora um sistema de drenagem tenha sido implementado, sua capacidade de atendimento tem se mostrado insuficiente para suprir a demanda crescente.

O objetivo deste trabalho é avaliar a eficácia do sistema existente e propor melhorias técnicas que garantam maior eficiência e funcionalidade, contribuindo para a infraestrutura e a qualidade de vida da população local. Para tal, foi realizado um levantamento em campo para coletar dados sobre as condições atuais do sistema de drenagem e identificar os principais pontos críticos de alagamento. O trabalho comparou o sistema atual com um sistema projetado, identificando diversas deficiências na infraestrutura existente. Foram propostas melhorias como a implantação de novas bocas de lobo em pontos estratégicos para melhorar a captação de água pluvial, a ampliação da rede de drenagem para aumentar a capacidade de escoamento e a criação de um plano diretor para o município, com foco em um planejamento urbano mais eficaz e integrado.

Palavras-Chave: drenagem, infraestrutura, planejamento urbano, dimensionamento de galerias, gestão de águas.

ABSTRACT

The municipality of São Gabriel, located in Rio Grande do Sul, has experienced significant population and urban growth, especially in the Jardim Europa neighborhood, which stands out for its rapid expansion. However, the stormwater drainage system infrastructure in the neighborhood has not kept pace with this accelerated development, resulting in frequent flooding during periods of heavy rainfall. Although a drainage system has been implemented, its capacity has proven insufficient to meet the growing demand.

The objective of this study is to evaluate the effectiveness of the existing system and propose technical improvements to ensure greater efficiency and functionality, contributing to the infrastructure and quality of life for the local population. For this purpose, field surveys were conducted to collect data on the current conditions of the drainage system and identify the main critical flooding points. The study compared the current system with a projected system, identifying several deficiencies in the existing infrastructure. Improvements were proposed, including the installation of new stormwater inlets at strategic points to enhance water collection, the expansion of the drainage network to increase flow capacity, and the creation of a master plan for the municipality, focusing on more effective and integrated urban planning.

Keywords: drainage, infrastructure, urban planning, culvert sizing, water management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Seção da sarjeta	14
Figura 2 – Corte esquemático	16
Figura 3 – Planta, vista frontal e corte transversal da boca de lobo	16
Figura 4 – Tipos de bocas de lobo	17
Figura 5 – Situações das posições da boca de lobo	18
Figura 6 – Exemplo de rede pluvial com Poços de Visita.....	20
Figura 7 – Fluxograma das etapas.....	22
Figura 8 – Localização do município no contexto estadual	23
Figura 9 – Localização da área de estudo	24
Figura 10 – Imagem do bairro Jardim Europa	25
Figura 11 – BL Rua Finlândia.....	28
Figura 12 – BL Rua Romênia	28
Figura 13 – BL Rua Portugal.....	28
Figura 14 – BL Rua Itália.....	28
Figura 15 – BL Rua Alemanha	29
Figura 16 – BL Rua Bélgica.....	29
Figura 17 – BL Rua Homero Veiga de Macedo.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Períodos de retorno para diferentes ocupações	10
Tabela 2 – Valores do coeficiente C com base em superfícies	12
Tabela 3 – Valores de C por tipo de ocupação	13
Tabela 4 – Valores para coeficiente de rugosidade	15
Tabela 5 – Fatores de redução de escoamento das sarjetas	15
Tabela 6 – Fator de redução do escoamento para bocas de lobo	19
Tabela 7 – Dados do levantamento em campo	29
Tabela 8 – Dados do levantamento em campo	30
Tabela 9 – Dimensionamento da vazão de projeto	33
Tabela 10 – Dimensionamento das sarjetas	36
Tabela 11 – Dimensionamento das galerias	41
Tabela 12 – Diâmetros e velocidades	44
Tabela 13 – Comparação dos diâmetros	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
1.1 Objetivo Geral	6
1.2 Objetivos Específicos	6
1.3 Justificativa.....	6
2 REVISÃO DE LITERATURA	7
2.1 Problemas de inundações urbanas	7
2.1.1 Medidas de controle do Escoamento Urbano.....	7
2.1.2 Plano diretor da Drenagem Urbana	8
2.2 Rede de drenagem urbana	8
2.2.1 Vazão de projeto	9
2.2.1.1 Intensidade da chuva	10
2.2.1.2 Coeficiente de escoamento superficial	12
2.2.2 Componentes da microdrenagem.....	13
2.2.2.1 Meio fio.....	13
2.2.2.2 Sarjetas	13
2.2.2.3 Bocas de Lobo.....	15
2.2.2.4 Galerias	19
2.3 Trabalhos realizados na área de drenagem urbana pluvial.....	20
3 METODOLOGIA	22
3.1 Caracterização da área de estudo	22
3.2 Levantamento do projeto executado	25
3.3 Dimensionamento da rede de drenagem	26
3.4 Comparação dos sistemas: projetado e calculado	27
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	28
4.1 Levantamento do sistema existente.....	28
4.2 Dimensionamento da rede de drenagem	32
4.3 Comparação dos sistemas	47
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
6 REFERÊNCIAS.....	52

APÊNDICE A - PROJETO DE DRENAGEM PLUVIAL COM CURVAS DE NÍVEL	54
APÊNDICE B – PROJETO DE DRENAGEM SEM CURVAS DE NÍVEL	55

1 INTRODUÇÃO

A drenagem urbana desempenha um papel crucial na prevenção de enchentes e na mitigação de impactos negativos associados ao escoamento superficial descontrolado. Em áreas urbanas, onde a pavimentação e outras superfícies impermeáveis são predominantes, a água da chuva não consegue infiltrar no solo, aumentando o volume de escoamento superficial. Esse fenômeno pode sobrecarregar os sistemas de drenagem, resultando em inundações, erosão do solo, contaminação da água e danos à infraestrutura urbana.

Além disso, a gestão adequada da drenagem urbana contribui para a saúde pública e para a qualidade de vida dos habitantes. Sistemas de drenagem mal projetados ou mal mantidos podem levar à proliferação de doenças. A análise e melhoria dos sistemas de drenagem também são fundamentais para a adaptação às mudanças climáticas, que têm aumentado a frequência e a intensidade de eventos de precipitação extrema.

Com o aumento da urbanização e a consequente impermeabilização do solo, o escoamento das águas pluviais tornou-se um desafio para muitas cidades. A análise da drenagem pluvial pode ser realizada a fim de compreender como ocorre o escoamento das águas, identificar problemas e propor soluções para garantir a segurança e o bem-estar da população, além de preservar o meio ambiente.

Uma análise eficaz da drenagem urbana é, portanto, essencial para o planejamento urbano sustentável e para a minimização dos riscos associados às chuvas intensas. Nesse sentido, este trabalho tem como objetivo realizar uma avaliação do sistema de drenagem pluvial de uma região específica, o bairro Jardim Europa, no município de São Gabriel/RS. O bairro passou por um processo de rápida urbanização, onde a falta de infraestrutura levou a diversos eventos de alagamentos, culminando na execução de uma rede de drenagem pelo poder público no último ano.

Frente a esta solução, busca-se verificar se o sistema implementado foi suficiente. Realizar o levantamento das principais características e problemas existentes é fundamental para propor soluções adequadas e garantir a efetividade do sistema.

1.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficácia do sistema de drenagem existente no bairro Jardim Europa, município de São Gabriel/RS.

1.2 Objetivos Específicos

- I. Realizar o levantamento do sistema de drenagem existente;
- II. Dimensionar um sistema de drenagem pluvial para o local;
- III. Comparar o sistema existente com o dimensionado;
- IV. Propor soluções viáveis para a área, caso detectado ser necessário;

1.3 Justificativa

A expansão urbana do bairro Jardim Europa trouxe consigo a necessidade de implantar um sistema de drenagem pluvial para acompanhar o crescimento do local. A ausência de um sistema de drenagem pluvial no referido bairro, aliada ao seu contínuo crescimento urbano, resultou em problemas recorrentes de alagamentos e danos à infraestrutura durante períodos de chuvas intensas.

O bairro sofria com constantes alagamentos em vários pontos, como visto nas chuvas dos dias 21/09/2023 e 14/10/2023. Por ser um bairro em expansão acelerada e com falta de infraestrutura, estes alagamentos ocorriam com frequência.

A administração local já executou um sistema de drenagem pluvial, com o objetivo de suprir as demandas do bairro. Nesse contexto, é necessário realizar uma análise do sistema de drenagem pluvial do bairro Jardim Europa, a fim de identificar suas deficiências e avaliar a eficácia do que foi implementado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Problemas de inundações urbanas

As inundações urbanas têm sido uma ocorrência presente desde os primeiros assentamentos urbanos. Elas acontecem quando as águas dos rios, riachos e galerias pluviais transbordam de seus leitos de escoamento devido à capacidade insuficiente desses sistemas de transportar a água, ocupando assim áreas utilizadas pela população para habitação, transporte, lazer, comércio, indústria, entre outros fins (Tucci; Bertoni, 2003, p. 45).

Esses eventos podem ser causados tanto pelo comportamento natural dos rios como pela interferência humana na urbanização, como a impermeabilização das superfícies e a canalização dos rios. Quando ocorre uma precipitação intensa e o solo não consegue absorver a água adequadamente, grande parte do volume escoava para o sistema de drenagem, ultrapassando sua capacidade natural de escoamento. O excesso de água que não pode ser drenado acaba inundando as áreas adjacentes aos rios de acordo com a topografia local (Tucci, 2003, p. 45).

À medida que a população aumenta a impermeabilização do solo e acelera o escoamento por meio de canais e tubulações, a quantidade de água que chega simultaneamente aos sistemas de drenagem aumenta, resultando em inundações mais frequentes em comparação a épocas em que as superfícies eram permeáveis e o escoamento ocorria naturalmente por meio de declives naturais. Essas inundações são consequências diretas da urbanização e da forma como o sistema de drenagem urbana é projetado (Tucci, 2003, p. 45).

2.1.1 Medidas de controle do Escoamento Urbano

As medidas de controle do escoamento urbano podem ser classificadas de acordo com a sua atuação na bacia hidrográfica. Existem três categorias principais: controle distribuído ou na fonte, que age diretamente sobre lotes, praças e passeios; controle na microdrenagem, que atua sobre o hidrograma resultante de um ou mais loteamentos; e controle na macrodrenagem, que influencia os principais riachos urbanos (Tucci, 2003, p. 100).

O Quadro 1 apresenta algumas estratégias para melhorias referentes a cada medida de controle do escoamento urbano.

Quadro 1 – Medidas de controle do escoamento urbano

Tipo	Atuação na bacia	Estratégias para melhorias
Controle distribuído/na fonte	Lotes individuais, áreas de estacionamento, parques e passeios	Aumento das áreas de infiltração e percolação Armazenamento temporário de água em reservatórios residenciais Telhados verdes
Controle na microdrenagem	Um ou mais loteamentos	Valos de infiltração Bacias de percolação
Controle na macrodrenagem	Riachos e rios urbanos	Armazenamento de água em grandes reservatórios Condutos e canais Diques e estações de bombeamento

Fonte: Adaptado Tucci (2003).

2.1.2 Plano diretor da Drenagem Urbana

O Plano Diretor da Drenagem Urbana faz parte do Plano de Desenvolvimento Urbano, a drenagem faz parte da infraestrutura urbana integrando-se com outros sistemas como controle ambiental, esgotamento sanitário, disposição de resíduos sólidos e tráfego. Durante eventos chuvosos, o escoamento não deve ser ampliado pela ocupação da bacia, seja em loteamentos simples ou grandes obras de infraestrutura. Cada usuário urbano deve evitar aumentar a cheia natural.

Os meios de implementação incluem o Plano Diretor de Urbanização e Acessibilidade (PDUA), legislações municipal/estadual e o Manual de Drenagem. O PDUA estabelece diretrizes, as legislações regulam, e o Manual orienta. O controle de enchentes é um processo contínuo que requer vigilância constante para evitar violações da legislação na expansão das áreas de risco. (Tucci, 2003, p.120).

2.2 Rede de drenagem urbana

A drenagem urbana envolve três escalas de planejamento: i) drenagem na fonte; ii) microdrenagem; e iii) macrodrenagem. A drenagem na fonte é caracterizada pelo escoamento que ocorre em propriedades individuais, como lotes, condomínios,

empreendimentos isolados, estacionamentos, parques e calçadas. (Tucci; Bertoni, 2003, p. 50).

A microdrenagem, por sua vez, refere-se ao sistema de canais ou tubulações pluviais em nível de loteamento ou na rede primária das áreas urbanas. Esse tipo de sistema é projetado para lidar com o escoamento proveniente de chuvas de intensidade moderada. (Tucci; Bertoni, 2003, p. 50).

Já a macrodrenagem abrange os sistemas coletores provenientes de diferentes sistemas de microdrenagem. A macrodrenagem é aplicada em áreas que possuem pelo menos 2 km² ou 200 hectares. Esse tipo de sistema é projetado para suportar chuvas de maior magnitude do que a microdrenagem, levando em consideração os possíveis danos humanos e materiais. (Tucci; Bertoni, 2003, p. 50).

Neste trabalho será abordada a microdrenagem do Bairro Jardim Europa, no município de São Gabriel/RS, e portanto, no tópico 2.2.1 será apresentada metodologia para determinação das vazões de projeto, utilizadas para posterior dimensionamento das estruturas de drenagem, descritas no tópico 2.2.2, sendo elas: meio-fio, sarjetas, bocas-de-lobo, galerias e poços de visita.

2.2.1 Vazão de projeto

A fim de dimensionar os elementos de captação e transporte que compõem o sistema de microdrenagem, necessita-se conhecer a vazão de projeto (Santos, 2016).

Para a determinação da vazão de projeto, utiliza-se o Método Racional, que por sua vez, é uma ferramenta amplamente utilizada para estimar a vazão de pico em áreas urbanas. Este método considera a influência de variáveis como a intensidade da chuva, a área de contribuição e o coeficiente de escoamento. A equação para o cálculo da vazão para bacias menores que 2 km² é a seguinte:

$$Q = 0,278CIA \quad \dots (1)$$

Onde:

Q: Vazão de projeto, em m³/s;

C: Coeficiente de escoamento superficial;

I: Intensidade da chuva, em mm/h;

A: Área da bacia, em km²;

2.2.1.1 Intensidade da chuva

Chuvas intensas ou precipitações máximas são caracterizadas por apresentarem intensidades que excedem um valor mínimo estabelecido. A identificação dessas intensidades desempenha um papel crucial na área de drenagem urbana, uma vez que, em diversas abordagens, as vazões de projeto são derivadas de maneira indireta por meio de modelos de conversão entre chuva e vazão (Zahed; Marcellini, 2015).

Dentre as diferentes formas de se obter a relação intensidade-duração-frequência (IDF), destaca-se uma bastante usual.

$$i = K \frac{Tr^m}{(t+t_0)^n} \quad \dots (2)$$

Onde:

I ou i é a intensidade média da chuva, em mm/min;

t é o tempo de duração da chuva, em minutos;

Tr é o período de retorno, em anos;

m e n são parâmetros que dependem da localidade;

Em definição, período de retorno ou tempo de retorno (Tr) é a média do tempo em que um evento hidrológico específico ocorre ou é ultrapassado pelo menos uma vez (Tomaz, 2002).

Na microdrenagem, o período de retorno pode variar de dois a dez anos, dependendo do tipo de ocupação da área, conforme mostra a Tabela 1 (Bidone; Tucci, 2015).

Tabela 1 – Períodos de retorno para diferentes ocupações

Tipo de obra	Tipo de ocupação da área	Tempo de retorno
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Área com edifícios de serviço público	5
	Aeroportos	2-5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5-10

Fonte: DAEED/CETESB, 1980 apud Bidone e Tucci (2015, p. 87)

Já para a duração da chuva utilizada na equação IDF, recomenda-se utilizar um valor igual ou maior que o tempo de concentração da área de contribuição. O tempo de concentração é um elemento hidrológico derivado da suposição de que a bacia hidrográfica se comporta como um sistema linear em relação ao escoamento superficial direto. A partir dessa premissa, define-se tempo de concentração como o tempo necessário para que toda bacia contribua na seção de saída.

Existem diversas fórmulas para se obter o tempo de concentração, tanto para bacia urbana quanto para bacia rural. Silveira (2005) recomenda quatro fórmulas com melhor desempenho para bacias urbanas, sendo elas Kirpich, Carter, Schaake e Desbordes, descritas na sequência.

- Kirpich $T_c = 0,0663L^{0,77}S^{-0,385}$... (3)

- Carter $T_c = 0,0977L^{0,6}S^{-0,3}$... (4)

- Shaake $T_c = 0,0977L^{0,24}S^{-0,16}A_{imp}^{-0,26}$... (5)

- Desbordes $T_c = 0,0869A^{0,3039}S^{-38,32}A_{imp}^{-0,4523}$... (6)

Onde:

T_c = tempo de concentração, em horas;

A = área, em km^2 ;

L = comprimento do rio, canal ou talvegue principal, em km;

S = declividade média, em m/m;

A_{imp} = área de fração impermeável, em km^2 ;

2.2.1.2 Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial C indica a proporção do volume de água precipitada que escoar pela superfície em comparação com o volume total precipitado. (Santos, 2016).

De acordo com Tucci (2015), o coeficiente de escoamento superficial utilizado no método racional depende das seguintes características:

- Solo;
- Cobertura;
- Tipo de ocupação;
- Tempo de retorno;
- Intensidade da precipitação;

As Tabelas 2 e 3 apresentam os coeficientes correspondentes a tempos de retorno de cinco a dez anos. Para os tempos de retorno aplicados na microdrenagem, esses coeficientes permanecem constantes. Além disso, a variação com a intensidade da precipitação não é levada em conta, conforme uma das premissas do método utilizado.

Tabela 2 – Valores do coeficiente C com base em superfícies

Superfície	C	
	intervalo	valor esperado
Pavimento		
asfalto	0,70 - 0,95	0,83
concreto	0,80 - 0,95	0,88
calçadas	0,75 - 0,85	0,8
telhado	0,75 - 0,95	0,85
Cobertura: grama, arenoso		
plano (2%)	0,05 - 0,10	0,08
médio (2 a 7%)	0,10 - 0,15	0,13
alta (7%)	0,15 - 0,20	0,18
Grama, solo pesado		
plano (2%)	0,13 - 0,17	0,15
médio (2 a 7%)	0,18 - 0,22	0,2
declividade alta (7%)	0,25 - 0,35	0,3

Fonte: ASCE, 1969 apud Bidone e Tucci (2015, p. 88)

Tabela 3 – Valores de C por tipo de ocupação

Descrição da área	C
Área Comercial	
Central	0,70 - 0,90
Bairros	0,50 - 0,70
Área Residencial	
residências isoladas	0,35 - 0,50
unidades múltiplas (separadas)	0,40 - 0,60
unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 - 0,75
lotes com > 2.000 m ²	0,30 - 0,45
áreas com apartamentos	0,50 - 0,70
Área Industrial	
indústrias leves	0,50 - 0,80
indústrias pesadas	0,60 - 0,90
parques, cemitérios	0,10 - 0,25
playgrounds	0,20 - 0,35
pátios ferroviários	0,20 - 0,40
áreas sem melhoramentos	0,10 - 0,30

Fonte: ASCE, 1969 apud Bidone e Tucci (2015, p. 88)

2.2.2 Componentes da microdrenagem

2.2.1.1 Meio fio

Meios-fios são estruturas feitas de pedra ou concreto, posicionadas adjacentes à calçada e à via pública, seguindo a direção da rua, com a parte superior alinhada com o nível da calçada (Bidone; Tucci, 2015).

2.2.1.2 Sarjetas

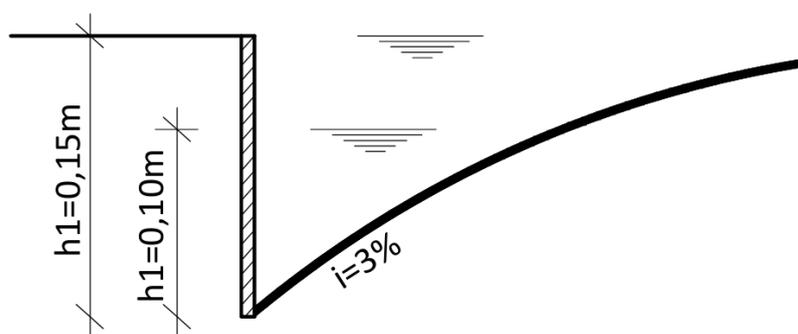
As sarjetas são canais alongados que seguem a direção das ruas, projetados para coletar e direcionar as águas que se acumulam na superfície da pista de rolamento e da área de passeio até sistemas de drenagem, como bocas de lobo ou galerias (SINAPI, 2016).

Quando as águas caem nas áreas urbanas, inicialmente escoam pelos terrenos até chegarem nas ruas. As ruas, por sua vez, devido a declividade transversal e a inclinação longitudinal, escoam as águas para as sarjetas, e as mesmas, ruas abaixo (Bidone; Tucci, 2015).

Para o cálculo da capacidade de condução da rua ou da sarjeta, pode dar-se através de duas hipóteses, como apresentado na Figura 1:

- Primeira hipótese: Considera-se que a água escoa por toda a calha da rua, admitindo uma declividade da rua de 3% e uma altura de água de $h_1=0,15\text{m}$.
- Segunda hipótese: Considera-se que a água escoa somente pelas sarjetas, admitindo uma declividade de 3% e uma altura de água de $h_2=0,10\text{m}$.

Figura 1 – Seção da sarjeta



Fonte: Bidone e Tucci (2015)

De acordo com Bidone e Tucci (2015, p. 92), o dimensionamento hidráulico pode ser calculado através de condutos livre, assim, utiliza-se a equação de Manning:

$$Q = \frac{AR^{\frac{2}{3}}S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad \dots (7)$$

Onde:

Q: vazão conduzida pela sarjeta, em m^3/s ;

A: Área de drenagem, em m^2 ;

R: Raio hidráulico, em m;

S: Declividade longitudinal da sarjeta, em m/m ;

n: Coeficiente de rugosidade

Na Tabela 4, são mostrados os valores mais usuais para o coeficiente de rugosidade, citado acima.

Tabela 4 – Valores para coeficiente de rugosidade

Material	n
plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não-alisado	0,013
alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: (NBR 10844, 1988)

Para aproximar o resultado teórico de situações reais, alguns autores recomendam que após calculada a capacidade de escoamento teórica das sarjetas, multiplica-se o resultado pelo fator de redução, simulando a possibilidade de obstrução de sarjetas de pequenas declividades devido aos sedimentos. Na Tabela 5, são fornecidos alguns coeficientes de redução.

Tabela 5 – Fatores de redução de escoamento das sarjetas

Declividade da sarjeta (%)	Fator de redução
0,4	0,50
1 a 3	0,80
5,0	0,50
6,0	0,40
8,0	0,27
10	0,20

Fonte: DAEEE/CETESB, 1980 apud Bidone e Tucci (2015, p. 98)

2.2.1.3 Bocas de Lobo

Dentro dos sistemas de gerenciamento de águas pluviais urbanas, as bocas de lobo desempenham o papel fundamental de captar as águas que fluem pelas sarjetas, estabelecendo a conexão desses dispositivos de drenagem superficial à rede de galerias subterrâneas. (Coelho; Lima, 2011).

De acordo com Botelho (2017), como mostrado nas Figura 2 e 3, a boca de lobo consiste de:

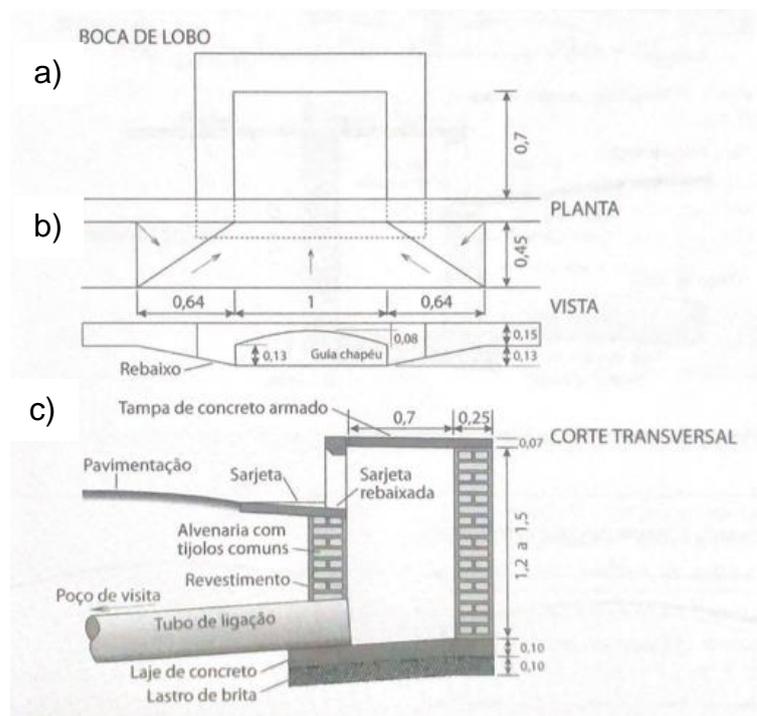
- Rebaixamento da sarjeta (facilitando a captação);
- Meio-fio chapéu (de concreto armado ou pedra);
- Caixa de captação (alvenaria de tijolo ou bloco de concreto);
- Tampa de cobertura (concreto armado);
- Conexão da caixa à galeria pluvial, por meio de tubulação de concreto;

Figura 2 – Corte esquemático boca de lobo



Fonte: Adaptado Botelho (2017, p. 34)

Figura 3 – Boca de lobo: (a) planta baixa; (b) vista frontal; (c) corte transversal



Fonte: Botelho (2017, p. 35)

As bocas de lobo podem ser classificadas em três grupos principais: bocas ou ralos de guias; ralos de sarjetas (grelhas); ralos combinados, podendo ser simples ou múltipla, como mostrado a Figura 4.

Figura 4 – Tipos de bocas de lobo



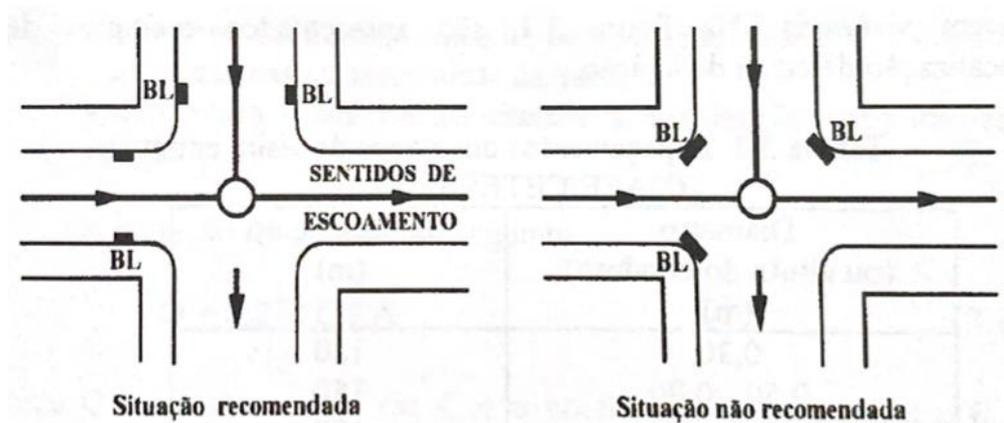
Fonte: Bidone e Tucci (2015, p. 94)

Segundo Bidone e Tucci (2015), a posição das bocas de lobo deve atender algumas recomendações, que são as seguintes:

- As bocas de lobo são colocadas nos pontos mais baixos do sistema viário, assim, evitando a criação de zonas mortas com alagamentos e água parada;
- Se a saturação da sarjeta exigir ou as suas capacidades de engolimento forem ultrapassadas, as bocas de lobo serão locadas em ambos lados da rua;
- Se a capacidade de escoamento não for analisada anteriormente, recomenda-se adotar uma distância máxima de 60 m entre as bocas de lobo;

- A melhor posição para as bocas de lobo, é instalá-las em pontos à montante de cada faixa de cruzamento, junto às esquinas, como demonstra a Figura 5;
- A localização da boca de lobo junto ao vértice de ângulo de interseção das sarjetas das duas ruas que se cruzam, não é recomendada. Pelo fato de que para atravessar uma rua, os pedestres precisariam atravessar a correnteza em uma área de maior escoamento superficial e o fluxo resultante das correntezas provenientes de diferentes sarjetas geraria um escoamento com velocidade oposta à direção de entrada para o interior da boca de lobo, conforme demonstra a Figura 5;

Figura 5 – Situações das posições da boca de lobo



Fonte: Bidone e Tucci (2015, p. 83)

A capacidade de engolimento de uma boca de lobo está diretamente relacionada a altura da lâmina de água que se acumula sobre a boca e o comprimento da soleira, e é calculada pela seguinte equação:

$$Q = 1,7Ly^{\frac{3}{2}} \quad \dots (8)$$

Onde:

Q: Vazão de engolimento, em m³/s;

y: Altura da lâmina de água, em metros;

L: Comprimento da soleira, em metros;

Quando a altura da lâmina de água for maior que o dobro da altura da abertura da guia, a vazão será calculada da seguinte forma:

$$Q = 3,0Lh^{\frac{3}{2}}\left(\frac{y_1}{h}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \dots (11)$$

Onde:

Q: Vazão de engolimento, em m³/s;

L: Comprimento (largura) da abertura do meio-fio, em metros;

Y₁: Carga da abertura do meio-fio, em metros;

h: altura da abertura do meio-fio, em metros

Segundo DAEEE/CETESB(1980), recomenda-se, multiplicar a capacidade de escoamento por um fator de redução, para aproximação de situações reais considerando obstruções das estruturas. Na Tabela 6 consta os fatores de redução de acordo com a localização e o tipo de boca de lobo.

Tabela 6 – Fator de redução do escoamento para bocas de lobo

Localização na sarjeta	Tipo de Boca de Lobo	% permitida sobre o valor teórico
Ponto Baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	Combinada	65
Ponto Intermediário	De guia	80
	Grelha longitudinal	60
	Grelha transversal ou longitudinal com barras transversais combinadas	60 110% dos valores indicados para a grelha correspondente

Fonte: DAEEE/CETESB, 1980

2.2.1.4 Galerias

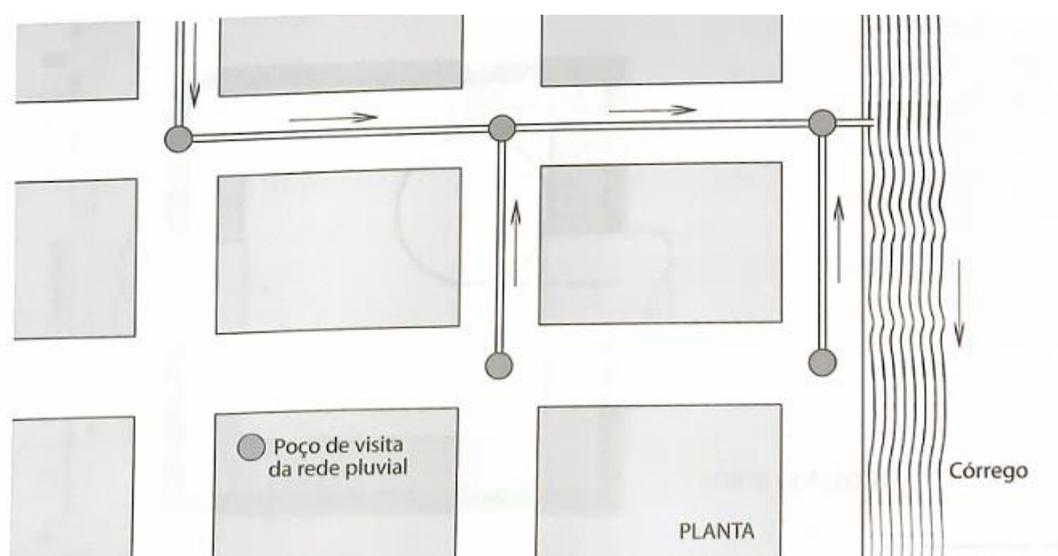
As galerias são tubulações destinadas a guiar o fluxo superficial que provém das bocas de lobo, e sua seção deve ser dimensionada de maneira que possa atender a vazão de projeto. O diâmetro mínimo para galerias de seção circular deve ser de

0,30 m. As galerias pluviais são dimensionadas para operar em seção plena, utilizando a vazão de projeto. A velocidade máxima permitida é definida de acordo com o material utilizado na rede. Para tubos de concreto, a velocidade máxima permitida é de 5,0 m/s, enquanto a mínima é de 0,60 m/s. (Tucci, 2015).

O tratamento das galerias como condutos livres assegura que o fluxo seja analisado com a superfície livre, característica essencial para a precisão do dimensionamento em sistemas de drenagem pluvial. As galerias de drenagem serão dimensionadas utilizando a equação de Manning (Eq. 7), apresentada anteriormente no item 2.2.1.2. (Ramos et al., 2022).

Os poços de visita servem para possibilitar a inspeção, limpeza e desobstrução das galerias enterradas, seja por trabalhadores que acessam essas estruturas, seja pelo uso de equipamentos mecânicos. Em áreas urbanas planas, onde os entupimentos são mais frequentes devido à menor velocidade da água, é recomendável uma maior quantidade de poços de visita. Já em cidades com grande declividade, essa quantidade pode ser reduzida. Na Figura 6 mostra-se um exemplo de rede pluvial com poços de visita. (Botelho, 2017).

Figura 6 – Exemplo de rede pluvial com Poços de Visita



Fonte: Botelho (2017, p. 47)

2.3 Trabalhos realizados na área de drenagem urbana pluvial

Foram pesquisados alguns trabalhos na área, diversos estudos têm sido realizados para avaliar e melhorar os sistemas de drenagem pluvial em diferentes

regiões, buscando soluções eficientes para mitigar problemas de enchentes e alagamentos.

Teixeira (2014) analisa a capacidade de vazão das Avenidas Sanitárias de Arcos-MG. O estudo levanta informações sobre as vazões dos sistemas de micro e macrodrenagem e verifica se as estruturas existentes atendem às necessidades atuais. Os resultados mostram que as estruturas de macrodrenagem são insuficientes, indicando a necessidade de ampliar os canais das avenidas para solucionar os problemas de enchentes. Além disso, o estudo propõe como solução a elaboração de um plano de drenagem, que contemple ações preventivas e corretivas para adequar o sistema às demandas atuais e futuras.

Bueno (2019) avalia as condições atuais do sistema de drenagem pluvial na área do Parque Rui Ramos, em Alegrete-RS, onde ocorrem alagamentos durante chuvas intensas. A pesquisa inclui levantamentos de campo e redimensionamento da rede de microdrenagem, propondo alterações para melhorar o escoamento das águas pluviais na região. A análise destaca a necessidade de atualizar e redimensionar a infraestrutura de drenagem. A análise destaca a necessidade de atualizar e redimensionar a infraestrutura de drenagem, com a proposta de redimensionar bocas de lobo, sarjetas e galerias utilizando o método racional, além de adotar dispositivos intermediários em pontos críticos para evitar extravasamento e melhorar a capacidade de escoamento da rede.

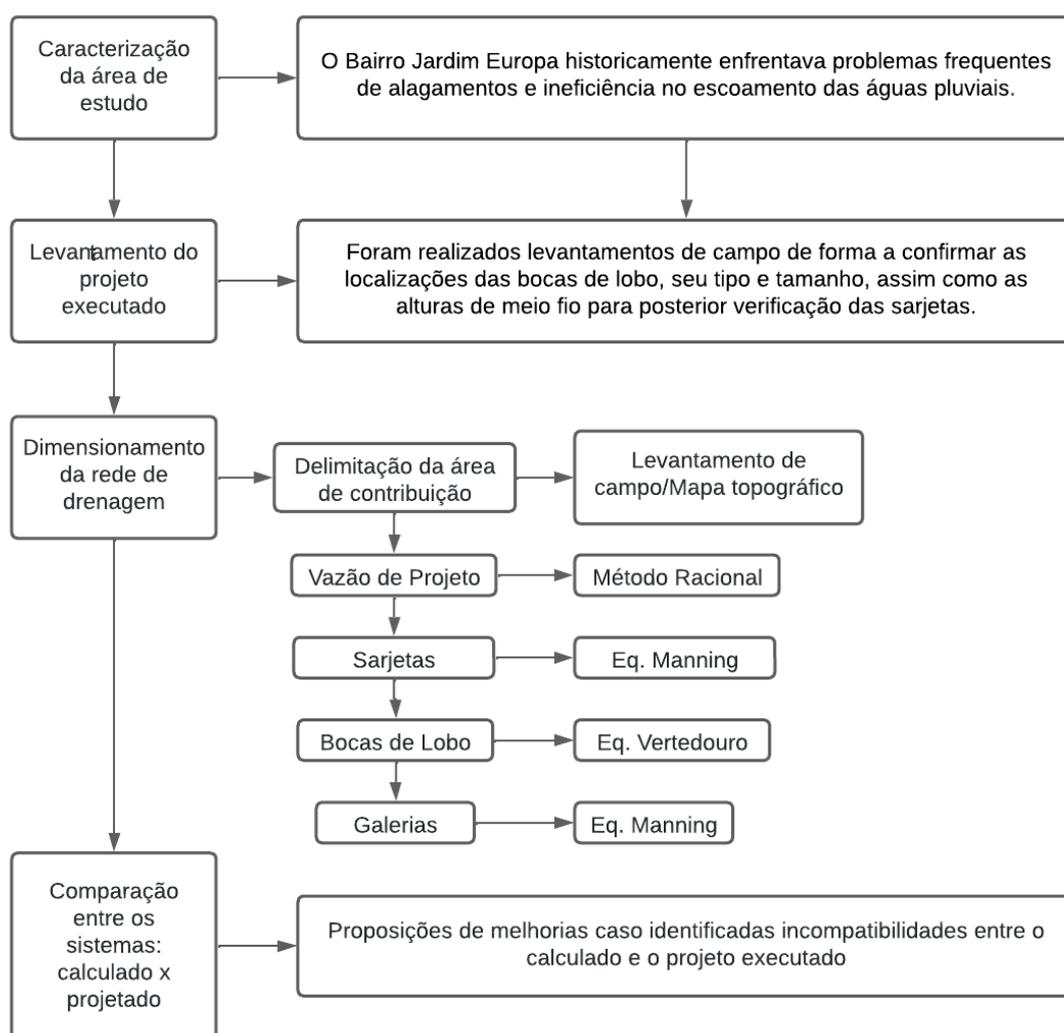
Medau (2018) aborda a impermeabilização do solo causada pela urbanização, que prejudica o escoamento das águas pluviais. A pesquisa compara as condições de drenagem do projeto existente com um projeto alternativo elaborado para sistemas de microdrenagem. Os resultados indicam que o projeto atual possui imperfeições que causam alagamentos, reforçando a necessidade de intervenções periódicas e melhorias contínuas no sistema de drenagem. Nesse contexto, a pesquisa propõe como melhoria a padronização e modernização dos dispositivos de microdrenagem, incluindo a substituição ou adaptação das bocas de lobo e poços de visita, além de ajustes no espaçamento e características geométricas desses dispositivos, com vistas a aumentar sua eficiência e evitar alagamentos.

Esses estudos evidenciam a importância de uma abordagem integrada e contínua para a gestão da drenagem urbana, destacando a necessidade de planos diretores atualizados, infraestrutura adequada e manutenção regular para garantir a segurança e bem-estar das populações urbanas.

3 METODOLOGIA

A Figura 7 sintetiza as etapas realizadas no trabalho para atingir o objetivo proposto, e a descrição de cada atividade metodológica encontra-se descrita na sequência.

Figura 7 – Fluxograma das etapas



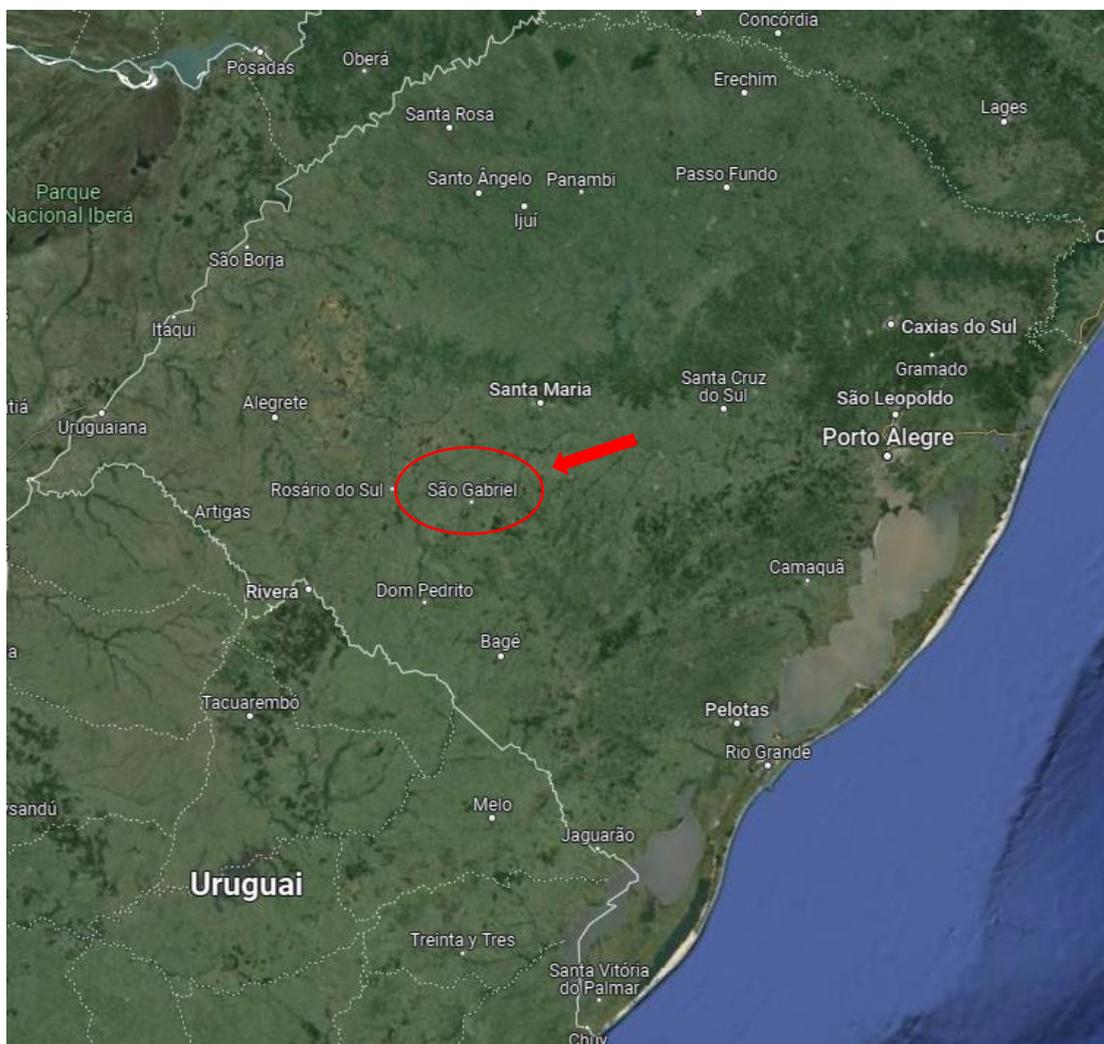
Fonte: Elaboração própria

3.1 Caracterização da área de estudo

A Figura 8 a seguir apresenta a localização do município de São Gabriel no contexto estadual. Na Figura 9, apresenta-se uma imagem da área urbana do

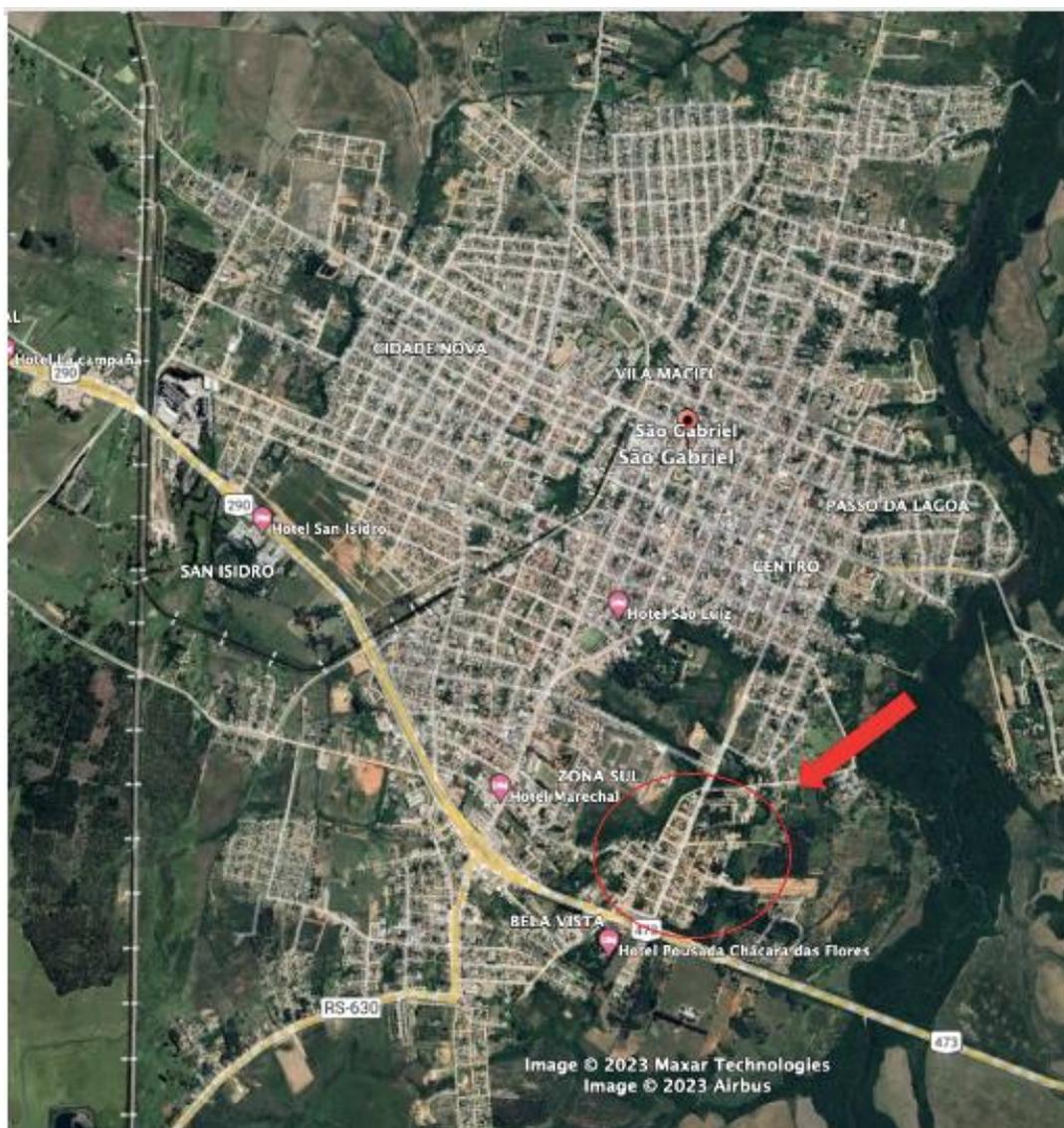
município destacando-se o bairro, área objeto do estudo. A Figura 10 mostra uma imagem ampliada do bairro.

Figura 8 – Localização do município de São Gabriel no contexto estadual.



Fonte: Google Maps (2024)

Figura 9 – Localização da área de estudo – bairro Jardim Europa, na área urbana do município de São Gabriel.



Fonte: Google Earth (2023)

constam especificações como o diâmetro das tubulações, inclinações, locações das bocas de lobo e as cotas de nível.

Foram cedidas as plantas isoladas referente a cada rua, e um mapa com o levantamento topográfico (curvas de nível a cada metro) e hidrografia do município. As plantas foram então unificadas, utilizando como ferramenta o software AutoCAD, criando um único arquivo constando a topografia e as estruturas de drenagem existentes.

Para complementar os dados do projeto executado, foram realizados levantamentos de campo no dia 29 de setembro de 2024. Os levantamentos serviram para confirmar as localizações das bocas de lobo, seu tipo e tamanho, assim como as alturas de meio fio para verificação das sarjetas.

3.3 Dimensionamento da rede de drenagem

O dimensionamento da rede de drenagem foi realizado conforme os métodos descritos na revisão de literatura.

A partir da planta do projeto existente, confeccionado na atividade anterior, o primeiro passo foi identificar os locais não cobertos pelo projeto, onde não havia estruturas, e locar em planta todas as bocas de lobo necessárias para atender todas as ruas do bairro.

Para cada boca de lobo existente e projetada, foi delimitada a área de contribuição do escoamento superficial, função do levantamento topográfico da região e dos loteamentos. A vazão de projeto advinda da área de contribuição foi então calculada pelo método Racional.

Na aplicação do método Racional, a intensidade da chuva foi obtida da equação IDF (Eq. 2) da cidade de Santa Maria/RS, por ser a localidade mais próxima com equação disponível no software Pluvio. O software é gratuito, desenvolvido pela Universidade Federal de Viçosa, e possibilita a obtenção da equação de chuvas intensas para diversas localidades do país. O período de retorno considerado foi de 5 anos e o tempo de concentração foi calculado através da equação de Kirpich (Eq. 3). Os coeficientes de escoamento superficial foram definidos a partir do uso do solo predominante observado no Google Earth, no valor 0,7, correspondendo ao asfalto, de acordo com a Tabela 2.

A próxima etapa foi o cálculo da capacidade de condução de vazão das sarjetas. A partir das alturas médias observadas em campo, calculou-se a vazão com a equação de Manning (Eq. 7), utilizando um coeficiente de 0,016 para ruas asfaltadas.

Para cada sarjeta avaliada, caso a capacidade de condução resultasse em vazão menor que a vazão de projeto, eram projetadas bocas de lobo intermediárias e refeito as delimitações de bacia, vazões de projeto e capacidade das sarjetas, até que todas as sarjetas atendessem as vazões de projeto.

A atividade seguinte foi a verificação das bocas de lobo. Todas as bocas de lobo observadas em campo tinham o mesmo padrão, de guia com duas aberturas de 0,35m. Foi calculada a capacidade de engolimento com a Equação 8, considerando altura de água utilizada para as sarjetas. Para as ruas que não possuem guias, foi adotado um padrão para altura baseado na largura da via. Caso a rua tenha largura menor ou igual a 7 metros, utilizou-se uma altura de guia de 10 cm. Já para ruas com largura superior a 7 metros, foi utilizada uma altura de guia de 15 cm. Para as bocas de lobo projetadas, considerou-se o mesmo modelo das já existentes.

Nos locais onde houve necessidade de bocas de lobo e não havia galerias, estas foram projetadas novas. Por fim, as galerias existentes e projetadas foram dimensionadas como condutos livres, através da Equação de Manning (Eq. 7). Para o dimensionamento do sistema de drenagem, foi adotado o coeficiente de Manning igual a 0,016 em todos os cálculos. Essa escolha considerou a premissa de que as ruas da área estudada serão futuramente pavimentadas, o que impacta diretamente a rugosidade das superfícies.

3.4 Comparação dos sistemas: projetado e calculado

Foram comparados o sistema projetado e o calculado. Caso a capacidade das sarjetas existentes resultasse em vazões menores que as vazões de projeto, foram propostas novas bocas de lobo intermediárias visando atender a vazão de projeto. Assim como as bocas de lobo, caso inexistentes ou detectadas capacidades de engolimento insuficientes, foram propostas soluções.

Para as galerias, foram comparados os diâmetros calculados com os executados pelo projeto, identificando os trechos com dimensionamento adequado e os trechos subdimensionados, além de locais para instalação de trechos novos.

A identificação destas diferenças permite assim propor melhorias no sistema existente, fornecendo subsídios para futuras manutenções e problemas que possam vir a ocorrer na região.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Levantamento do sistema existente

No dia 29 de setembro de 2024, foi realizado um levantamento em campo no sistema de drenagem do bairro Jardim Europa, no município de São Gabriel-RS. Durante a atividade, foram verificadas as alturas dos meios-fios e a localização das bocas de lobo existentes no bairro, como mostra a Tabela 7, com o objetivo de obter dados precisos sobre a infraestrutura atual e identificar pontos críticos relacionados ao escoamento das águas pluviais.

Com base nesses levantamentos, foi possível delimitar a área de contribuição de cada ponto de drenagem. Essa análise foi realizada utilizando as curvas de nível fornecidas pela Prefeitura Municipal, que permitiram compreender melhor o relevo e os fluxos naturais de escoamento. Adicionalmente, ferramentas como o Google Earth foram empregadas para complementar o estudo, fornecendo imagens e informações geográficas detalhadas da área. Esses dados foram essenciais para fundamentar a avaliação do sistema existente e propor melhorias para mitigar os problemas de alagamentos recorrentes no bairro.

Além disso, foram registradas imagens das bocas de lobo em diferentes pontos do bairro, permitindo uma análise visual detalhada das condições estruturais e funcionais desses dispositivos, conforme as Figuras 11 a 17.

Tabela 7 – Dados do levantamento em campo

Levantamento em campo		
Ruas	Qntd. BL	Altura da sarjeta (cm)
Rua Finlândia	2	11
Rua Portugal	4	18
Rua Noruega	0	14
Rua Itália	6	14
Rua Alemanha	2	16
Rua Bélgica	14	14
Rua Romênia	2	15
Av. Acácias	3	10
Rua Homero Veiga de Macedo	10	10

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 11 – BL Rua Finlândia



Fonte: Acervo do autor

Figura 12 – BL Rua Romênia



Fonte: Acervo do autor

Figura 13 – BL Rua Portugal



Fonte: Acervo do autor

Figura 14 – BL Rua Itália



Fonte: Acervo do autor

Figura 15 – BL Rua Alemanha



Figura 16 – BL Rua Bélgica



Figura 17 – BL Rua Homero Veiga de Macedo



4.2 Dimensionamento da rede de drenagem

Para as análises de vazão de projeto, os valores de cada variável utilizada no cálculo estão apresentados na Tabela 8, onde se detalham os coeficientes de escoamento, intensidades de precipitação e as áreas de contribuição. A delimitação dessas áreas de contribuição pode ser observada no Apêndice A, que traz as informações geográficas e hidrológicas de forma visual e detalhada.

Tabela 8 – Dimensionamento da vazão de projeto

Sarjeta	Cotas			Área de contribuição (km ²)	TC (min)	Intensidade chuva (mm/h)	Q Projeto (m ³ /s)
	Talvegue	Montante	Jusante				
S1	85	107	104	0,0015951	2,1660	243,9152	0,07571
S2	102	107	104	0,0027836	2,6737	235,8614	0,12776
S3	111	110	106	0,0031792	2,6389	236,3936	0,14625
S4	97	110	106	0,0024237	2,2584	242,4024	0,11433
S5	106	111	108	0,0029169	2,7952	234,0247	0,13284
S6	110	111	108	0,0031434	2,9174	232,2102	0,14204
S7	116	113	112	0,0036960	4,7350	208,5905	0,15003
S8	114	113	112	0,0034458	4,6409	209,6782	0,14060
S9	83	115,5	115	0,0020609	4,2006	214,9437	0,08621
S10	47	115,5	115	0,0009508	2,1779	243,7189	0,04510
S11	72	116	115	0,0015002	2,7296	235,0129	0,06861
S12	68	116	115	0,0015053	2,5552	237,6864	0,06963
S13a	74	118	117,5	0,0017547	3,6790	221,5922	0,07567
S13b	33	119	118	0,0000908	1,1086	262,9356	0,00464
S13c	32	118	117,5	0,0000908	1,3971	257,4114	0,00455
S13d	37	119	118	0,0000908	1,2652	259,9034	0,00459
S14a	143	119	118	0,0029677	6,0296	194,8564	0,11253
S14b	143	119	118	0,0024917	6,0296	194,8564	0,09448
S15a	127	119	118	0,0024546	5,2574	202,7865	0,09686
S15b	130	119	118	0,0025506	5,4011	201,2545	0,09989
S16	92	120	119	0,0022054	3,6228	222,3372	0,09542
S17	123	104	102	0,0023169	3,8799	218,9760	0,09873

S18	183	119	116	0,0061187	5,2519	202,8456	0,24153
S19	103	105	102	0,0021967	2,7040	235,4002	0,10063
S20	130	106	104	0,0037391	4,1360	215,7413	0,15698
S21	289	110	106	0,0151834	7,9693	177,7580	0,52522
S22	144	110	105	0,0032169	3,2710	227,1371	0,14219
S23	144	111	110	0,0025715	6,0783	194,3799	0,09727
S24	115	112	111	0,0030447	4,6879	209,1331	0,12391
S25	114	116	114	0,0030447	3,5539	223,2594	0,13228
S26	269	118	116	0,0030447	9,5795	165,9687	0,09834
S27	114	118	117	0,0035564	4,6409	209,6782	0,14511
S27b	153	118	117	0,0051909	6,5192	190,1882	0,19212
S28	146	116	111	0,0048175	3,3235	226,4053	0,21225
S29	222	117	113	0,0080451	5,8765	196,3710	0,30743
S30a	105	115	113	0,0026279	3,2319	227,6860	0,11643
S30b	92	115	114	0,0021023	3,6228	222,3372	0,09096
S30c	102	115	114	0,0025462	4,0814	216,4220	0,10723
S31	109	113	111	0,0026508	3,3745	225,7007	0,11643
S32	100	111	110	0,0026508	3,9891	217,5831	0,11224
S33	104	111	110	0,0035888	4,1740	215,2716	0,15034
S34	111	112	111	0,0030099	4,5001	211,3288	0,12378
S35	113	112	111	0,0030721	4,5939	210,2258	0,12568
S36a	93	115	114	0,0021062	3,6684	221,7332	0,09088
S36b	105	115	114	0,0026691	4,2204	214,7004	0,11152
S37	97	115	113	0,0022231	2,9492	231,7433	0,10026
S38	98	115	113	0,0022278	2,9843	231,2298	0,10025
S39	91	112	110	0,0022607	2,7395	234,8627	0,10332
S40	91	112	110	0,0027150	2,7395	234,8627	0,12409
S41	105	109	107	0,0011497	3,2319	227,6860	0,05094
S42	196	110	107	0,0059838	5,6851	198,3037	0,23091
S43	77	117	116	0,0002830	2,9497	231,7361	0,01276
S44	95	111	110,5	0,0016074	4,9096	206,6089	0,06463
S45	62	111	110,5	0,0019915	2,9991	231,0152	0,08953

S46	62	111	110,5	0,0007333	2,9991	231,0152	0,03296
S47	103	110	108	0,0024293	3,1609	228,6895	0,10811
S48	55	110	108	0,0019906	1,5314	254,9294	0,09875
S49a	118	107	105	0,0020692	3,6983	221,3381	0,08912
S49b	120	107	104	0,0031961	3,2258	227,7712	0,14167
S50	94	103	102	0,0002615	3,7140	221,1321	0,01125
S51	88	102	101	0,0018833	3,4415	224,7810	0,08238
S52	55	102	101	0,0001698	1,9998	246,6921	0,00815
S53	26	100	97	0,0008177	0,5514	274,4230	0,04367
S54	106	100	97	0,0003081	2,7952	234,0247	0,01403
S55	62	100	98	0,0011012	1,7587	250,8545	0,05376
S56	82	100	97	0,0013389	2,0780	245,3775	0,06394
S57	136	112	110	0,0039830	4,3573	213,0347	0,16512
S58	105	112	110	0,0027865	3,2319	227,6860	0,12346
S59	111	112	110	0,0024610	3,4461	224,7188	0,10762
S60	102	112	110	0,0020762	3,1254	229,1939	0,09260
S61	74	115	113	0,0001750	2,1575	244,0566	0,00831
S62	147	112	109	0,0043512	4,0779	216,4658	0,18329
S63	78	97	93	0,0014530	1,7557	250,9071	0,07094
S64	97	103	102	0,0022972	3,8512	219,3452	0,09805
S65	127	107	105	0,0022957	4,0260	217,1174	0,09699
S66	106	107	104	0,0031961	2,7952	234,0247	0,14555
S67	65	112	111	0,0002923	2,4254	239,7219	0,01364
S68	67	112	111	0,0019967	2,5118	238,3620	0,09262
S69	162	104,5	104	0,0042821	9,0941	169,3284	0,14110
S70	107	104,5	104	0,0024991	5,6326	198,8415	0,09670
S71	122	107	104	0,0027897	3,2880	226,9000	0,12318
S72	81	107	104	0,0012539	2,0487	245,8676	0,05999
S73	172	118	115	0,0041587	4,8890	206,8403	0,16739
S74	169	118	115	0,0042896	4,7906	207,9546	0,17359

Fonte: Elaboração própria

Os valores das variáveis que serviram para o cálculo da capacidade de engolimento das sarjetas estão dispostos na Tabela 9. Esses valores incluem as dimensões das sarjetas e os parâmetros de fluxo, fundamentais para avaliar a eficiência do escoamento superficial e a capacidade de captação pelas bocas de lobo.

Tabela 9 – Dimensionamento das sarjetas

Sarjetas	Altura da guia	Largura da sarjeta	Área da sarjeta	Perím.	Raio hid.	Comp. da sarjeta	Decl. sarjeta	Q Sarjeta (m ³ /s)
S1	0,11	3,67	0,202	3,777	0,053	87	0,03448	0,33189
S2	0,11	3,67	0,202	3,777	0,053	87	0,03448	0,33189
S3	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	95	0,04211	0,83861
S4	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	95	0,04211	0,83861
S5	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	105	0,03810	0,27055
S6	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	105	0,03810	0,27055
S7	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	110	0,00909	0,38967
S8	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	110	0,01818	0,55108
S9	0,18	6,00	0,540	6,180	0,087	41	0,02439	1,03789
S10	0,18	6,00	0,540	6,180	0,087	42	0,02381	1,02546
S11	0,18	6,00	0,540	6,180	0,087	71	0,00704	0,55770
S12	0,18	6,00	0,540	6,180	0,087	71	0,00704	0,55770
S13a	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	38	0,01316	0,15900
S13b	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	33	0,03030	0,24130
S13c	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	32	0,04688	0,30012
S13d	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	37	0,02703	0,22789
S14a	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	94	0,01064	0,35069
S14b	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	94	0,01064	0,35069
S15a	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	85	0,02353	0,52155
S15b	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	85	0,02353	0,52155
S16	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	60	0,01667	0,17895
S17	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	63	0,04762	0,30249
S18	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	135	0,02222	0,50686
S19	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	135	0,12593	0,49190

S20	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	112	0,05357	0,94593
S21	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	112	0,04464	0,86352
S22	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	90	0,05556	0,96329
S23	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	90	0,01111	0,43080
S24	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	90	0,02222	0,60924
S25	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	70	0,02857	0,69081
S26	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	137	0,01460	0,49380
S27	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	73	0,02740	0,67647
S27b	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	112	0,01786	0,54613
S28	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	100	0,05000	0,91386
S29	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	177	0,02260	0,61438
S30a	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	70	0,02857	0,57472
S30b	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	61	0,01639	0,43534
S30c	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	61	0,01639	0,43534
S31	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	64	0,03125	0,60106
S32	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	50	0,02000	0,48085
S33	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	62	0,01613	0,43181
S34	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	71	0,01408	0,40352
S35	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	71	0,01408	0,40352
S36a	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	51	0,01961	0,47611
S36b	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	61	0,01639	0,43534
S37	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	62	0,03226	0,61068
S38	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	61	0,03279	0,61566
S39	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	66	0,04545	0,29553
S40	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	106	0,02830	0,23320
S41	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	65	0,04615	0,73046
S42	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	154	0,02597	0,54798
S43	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	148	0,00676	0,11394
S44	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	60	0,00833	0,31039
S45	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	65	0,00769	0,29821
S46	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	72	0,00694	0,28334
S47	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	72	0,02778	0,56668

S48	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	71	0,02817	0,57066
S49a	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	78	0,02564	0,65443
S49b	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	80	0,03750	0,79142
S50	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	82	0,01220	0,15308
S51	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	56	0,03571	0,26196
S52	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	55	0,03636	0,26433
S53	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	55	0,07273	0,37382
S54	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	106	0,02830	0,23320
S55	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	34	0,05882	0,33620
S56	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	42	0,07143	0,37047
S57	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	100	0,02000	0,48085
S58	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	72	0,02778	0,56668
S59	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	84	0,02381	0,52465
S60	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	74	0,02703	0,55897
S61	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	74	0,02703	0,55897
S62	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	108	0,02778	0,56668
S63	0,14	4,67	0,327	4,807	0,068	42	0,09524	1,04929
S64	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	82	0,01220	0,15308
S65	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	89	0,02247	0,61265
S66	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	66	0,04545	0,87133
S67	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	65	0,01538	0,50692
S68	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	65	0,01538	0,50692
S69	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	100	0,01000	0,40869
S70	0,15	5,00	0,375	5,150	0,073	107	0,00935	0,39510
S71	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	65	0,04615	0,29780
S72	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	65	0,04615	0,29780
S73	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	130	0,02308	0,21057
S74	0,10	3,33	0,167	3,433	0,049	128	0,02344	0,21221

Fonte: Elaboração própria

Na Tabela 10, são evidenciadas as soluções propostas para o sistema de drenagem pluvial. A tabela apresenta duas alternativas: uma solução que segue o mesmo padrão já existente, utilizando os tipos de bocas de lobo atualmente adotados, e outra solução que propõe o uso de bocas de lobo diferentes, com maior capacidade de engolimento

Tabela 10 – Capacidades de engolimento

Sarjetas	Q Projeto (m ³ /s)	Cap. engolimento	Quant. boca de lobo	Capacidade engolimento (BL Grelha)	Solução 2
S1	0,07571	0,0434	2	0,093	BL Combinada
S2	0,12776	0,0434	3 ou mais	0,093	BL Combinada
S3	0,14625	0,0691	3 ou mais	0,148	BL Combinada
S4	0,11433	0,0691	2	0,148	BL Combinada
S5	0,13284	0,0376	3 ou mais	0,081	Mais BL
S6	0,14204	0,0376	3 ou mais	0,081	Mais BL
S7	0,15003	0,0691	3 ou mais	0,148	BL Combinada
S8	0,14060	0,0691	3 ou mais	0,148	BL Combinada
S9	0,08621	0,0909	1	0,195	BL Original
S10	0,04510	0,0909	1	0,195	BL Original
S11	0,06861	0,0909	1	0,195	BL Original
S12	0,06963	0,0909	1	0,195	BL Original
S13a	0,07567	0,0376	3 ou mais	0,081	BL Combinada
S13b	0,00464	0,0376	1	0,081	BL Original
S13c	0,00455	0,0376	1	0,081	BL Original
S13d	0,00459	0,0376	1	0,081	BL Original
S14a	0,11253	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S14b	0,09448	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S15a	0,09686	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S15b	0,09989	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S16	0,09542	0,0376	3 ou mais	0,081	BL Combinada
S17	0,09873	0,0376	3 ou mais	0,081	BL Combinada
S18	0,24153	0,0623	3 ou mais	0,134	Mais BL

S19	0,10063	0,0376	3 ou mais	0,081	BL Combinada
S20	0,15698	0,0691	3 ou mais	0,148	BL Combinada
S21	0,52522	0,0691	3 ou mais	0,148	Mais BL
S22	0,14219	0,0691	3 ou mais	0,148	BL Combinada
S23	0,09727	0,0691	2	0,148	BL Combinada
S24	0,12391	0,0691	2	0,148	BL Combinada
S25	0,13228	0,0691	2	0,148	BL Combinada
S26	0,09834	0,0691	2	0,148	BL Combinada
S27	0,14511	0,0691	3 ou mais	0,148	BL Combinada
S27b	0,19212	0,0691	3 ou mais	0,148	BL Combinada
S28	0,21225	0,0691	3 ou mais	0,148	BL Combinada
S29	0,30743	0,0691	3 ou mais	0,148	Mais BL
S30a	0,11643	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S30b	0,09096	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S30c	0,10723	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S31	0,11643	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S32	0,11224	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S33	0,15034	0,0623	3 ou mais	0,134	BL Combinada
S34	0,12378	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S35	0,12568	0,0623	3 ou mais	0,134	BL Combinada
S36a	0,09088	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S36b	0,11152	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S37	0,10026	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S38	0,10025	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S39	0,10332	0,0376	3 ou mais	0,081	BL Combinada
S40	0,12409	0,0376	3 ou mais	0,081	Mais BL
S41	0,05094	0,0623	1	0,134	BL Original
S42	0,23091	0,0623	3 ou mais	0,134	Mais BL
S43	0,01276	0,0376	1	0,081	BL Original
S44	0,06463	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S45	0,08953	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S46	0,03296	0,0623	1	0,134	BL Original

S47	0,10811	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S48	0,09875	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S49a	0,08912	0,0691	2	0,148	BL Combinada
S49b	0,14167	0,0691	3 ou mais	0,148	BL Combinada
S50	0,01125	0,0376	1	0,081	BL Original
S51	0,08238	0,0376	3 ou mais	0,081	BL Combinada
S52	0,00815	0,0376	1	0,081	BL Original
S53	0,04367	0,0376	2	0,081	BL Combinada
S54	0,01403	0,0376	1	0,081	BL Original
S55	0,05376	0,0376	2	0,081	BL Combinada
S56	0,06394	0,0376	2	0,081	BL Combinada
S57	0,16512	0,0623	3 ou mais	0,134	BL Combinada
S58	0,12346	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S59	0,10762	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S60	0,09260	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S61	0,00831	0,0623	1	0,134	BL Original
S62	0,18329	0,0623	3 ou mais	0,134	BL Combinada
S63	0,07094	0,0623	2	0,134	BL Combinada
S64	0,09805	0,0376	3 ou mais	0,081	BL Combinada
S65	0,09699	0,0691	2	0,148	BL Combinada
S66	0,14555	0,0691	3 ou mais	0,148	BL Combinada
S67	0,01364	0,0691	1	0,148	BL Original
S68	0,09262	0,0691	2	0,148	BL Combinada
S69	0,14110	0,0691	3 ou mais	0,148	BL Combinada
S70	0,09670	0,0691	2	0,148	BL Combinada
S71	0,12318	0,0376	3 ou mais	0,081	Mais BL
S72	0,05999	0,0376	2	0,081	BL Combinada
S73	0,16739	0,0376	3 ou mais	0,081	Mais BL
S74	0,17359	0,0376	3 ou mais	0,081	Mais BL

Fonte: Elaboração própria

Na Tabela 11, constam os trechos das galerias, que foram dimensionados de boca de lobo a boca de lobo, sem a necessidade de poço de visita, uma vez que as distâncias entre as bocas de lobo são pequenas. Isso se deve à configuração do bairro, que apresenta uma grande quantidade de pontos de deságue de drenagem em seu entorno, permitindo a utilização de distâncias mais curtas entre os dispositivos de drenagem.

Além disso, a Tabela 10 também apresenta as vazões de projeto acumuladas, que foram consideradas no cálculo do dimensionamento das galerias. Para o dimensionamento das tubulações, foi adotada uma declividade de instalação de 2%, o que é adequado para garantir o fluxo adequado das águas pluviais ao longo do sistema de drenagem. No Apêndice B, pode-se observar a localização das bocas de lobo com maior facilidade, sem as curvas de nível.

Tabela 11 – Dimensionamento das galerias

Trechos BL	Comprimento (m)	Cota do terreno (m)		Vazão (m ³ /s)	Declividade(m/m)
		M	J		
BL8-BL7	8,5	104,00	103,83	0,128	0,020
BL7-Vala	10	103,83	103,63	0,256	0,020
BL63-BL62	8,5	102,00	101,83	0,098	0,020
BL62-Sanga	5	101,83	101,73	0,109	0,020
BL65-BL64	8,5	101,00	100,83	0,082	0,020
BL64-Sanga	6,5	100,83	100,70	0,091	0,020
BL66-BL67	8,5	97,00	96,83	0,014	0,020
BL67-Vala	5	96,83	96,73	0,078	0,020
BL70-BL71	8,5	93,00	92,83	0,071	0,020
BL71-Vala	5	92,83	92,73	0,071	0,020
BL29-BL28	10	110,50	110,30	0,090	0,020
BL28-BL33	20	110,30	109,90	0,033	0,020
BL43-BL42	8,5	114,00	113,83	0,091	0,020
BL42-BL40	70	113,83	112,22	0,112	0,023
BL41-BL40	8,5	113,00	112,22	0,126	0,092

BL40-BL38	70	112,22	109,56	0,328	0,038
BL39-BL38	8,5	111,00	110,83	0,124	0,020
BL38-BL30	62	110,83	105,51	0,564	0,086
BL30-BL31	8,5	103,56	103,39	0,564	0,020
BL31-BL32	3,5	103,39	103,32	0,564	0,020
BL32-BL33	10	99,45	99,25	0,600	0,020
BL33-BL34	72	99,25	97,81	0,633	0,020
BL35-BL34	10	97,46	97,26	0,099	0,020
BL34-Vala	5	97,26	97,16	0,732	0,020
BL80-BL81	8	115,00	114,84	0,830	0,020
BL81-Vala	32	114,84	114,20	1,562	0,020
BL88-BL89	5,2	117,50	117,40	0,076	0,020
BL89-BL90	63	117,40	116,14	0,080	0,020
BL90-BL91	7	116,14	116,00	0,085	0,020
BL91-BL74	71	116,00	114,58	0,089	0,020
BL77-BL76	8,5	118,00	117,83	0,100	0,020
BL76-BL74	7	117,83	117,69	0,194	0,020
BL74-BL75	22	117,69	117,25	0,339	0,020
BL75-Hidro	115	117,25	114,95	0,532	0,020
BL6-BL4	90	105,00	103,20	0,142	0,020
BL5-BL73	10	106,00	105,80	0,525	0,020
BL73-BL72	6	105,80	105,68	0,622	0,020
BL72-BL4	40	105,68	104,88	0,711	0,020
BL4-Sanga	72	104,88	103,44	1,011	0,020
BL13-BL15	104	111,00	108,92	0,124	0,020
BL15-BL14	7,8	108,92	108,76	0,266	0,020
BL14-Vala	32	108,76	108,12	0,399	0,020
BL10-BL9	8,5	110,00	109,83	0,097	0,020
BL9-BL11	97	109,83	107,89	0,244	0,020
BL12-BL11	8,5	106,00	105,83	0,114	0,020
BL11-Vala	10	105,83	105,63	0,358	0,020

BL69-BL16	20	113,00	112,60	0,307431968	0,020
BL16-BL18	110	112,60	110,40	0,440	0,020
BL84-BL18	5	112,00	110,40	0,242	0,320
BL18-BL17	8,5	110,40	110,23	0,822	0,020
BL17-Vala	44	110,23	109,35	0,972	0,020
BL25-BL20	71	116,00	114,58	0,098	0,020
BL22-BL21	5	115,00	114,90	0,167	0,020
BL21-BL20	5	114,90	114,80	0,341	0,020
BL20-BL19	8,5	114,80	114,63	0,509	0,020
BL19-BL23	42,83	114,63	113,77	0,578	0,020
BL23-BL24	8,5	113,77	113,60	0,664	0,020
BL24-BL83	4,5	113,60	113,51	0,709	0,020
BL83-BL82	83	113,51	111,85	0,950	0,020
BL87-BL85	58	119,00	117,84	0,095	0,020
BL85-BL86	8,5	117,84	117,67	0,192	0,020
BL86-BL82	147	117,67	114,73	0,305	0,020
BL82-BL87	10,2	114,73	114,53	1,497	0,020
BL87-Hidro	147	114,53	111,59	1,738	0,020
BL57-BL56	12	113,00	112,76	0,008	0,020
BL55-BL56	8	112,76	112,60	0,183	0,020
BL56-BL79	60	112,60	111,40	0,192	0,020
BL78-BL79	8	111,00	110,84	0,093	0,020
BL79-Hidro	50	110,84	109,84	0,298	0,020
BL52-BL53	5,5	110,00	109,89	0,103	0,020
BL53-Hidro	56	109,89	108,77	0,227	0,020
BL59-BL58	5,5	110,00	109,89	0,165	0,020
BL58-BL60	72	109,89	108,45	0,273	0,020
BL92-BL60	5,5	108,45	108,34	0,123	0,020
BL61-BL60	12	108,34	108,10	0,123	0,020
BL60-Hidro	135	108,10	105,40	0,216	0,020
BL45-BL44	8,5	116,47	116,30	0,112	0,020

BL44-BL48	25	116,30	115,82	0,219	0,019
BL46-BL47	8,5	116,45	116,28	0,013	0,020
BL47-BL48	5	116,28	115,82	0,020	0,092
BL49-BL48	8,5	115,99	115,82	0,022	0,020
BL48-BL50	78	115,82	112,67	0,241	0,040
BL51-BL50	8,5	112,84	112,67	0,341	0,020
BL50-Vala	5	112,67	112,37	0,441	0,060

Fonte: Elaboração própria

Por fim, na Tabela 12 estão apresentados os valores dos diâmetros das tubulações, foram adotados valores comerciais que atendam aos padrões de mercado.

Tabela 12 – Diâmetros e velocidades

Trechos BL	D (m)	D adot. (m)	Qplena (m ³ /s)	Q/Qp	y/D	Rh/D	Velocidade (m/s)
BL8-BL7	0,301	0,40	0,273	0,467	0,48	0,243	2,14
BL7-Vala	0,390	0,40	0,273	0,934	0,76	0,302	2,47
BL63-BL62	0,273	0,40	0,273	0,359	0,41	0,218	1,99
BL62-Sanga	0,284	0,40	0,273	0,400	0,43	0,226	2,03
BL65-BL64	0,255	0,40	0,273	0,301	0,37	0,202	1,89
BL64-Sanga	0,265	0,40	0,273	0,331	0,39	0,210	1,94
BL66-BL67	0,131	0,40	0,273	0,051	0,15	0,093	1,12
BL67-Vala	0,250	0,40	0,273	0,285	0,36	0,198	1,86
BL70-BL71	0,241	0,40	0,273	0,259	0,34	0,189	1,81
BL71-Vala	0,241	0,40	0,273	0,259	0,34	0,189	1,81
BL29-BL28	0,263	0,40	0,273	0,327	0,39	0,210	1,94
BL28-BL33	0,181	0,40	0,273	0,121	0,23	0,136	1,45
BL43-BL42	0,265	0,40	0,273	0,332	0,39	0,210	1,94
BL42-BL40	0,279	0,40	0,293	0,380	0,42	0,222	2,16

BL41-BL40	0,225	0,40	0,586	0,215	0,31	0,176	3,68
BL40-BL38	0,380	0,40	0,377	0,870	0,72	0,299	3,38
BL39-BL38	0,297	0,40	0,273	0,453	0,47	0,240	2,12
BL38-BL30	0,400	0,40	0,566	0,996	0,81	0,304	5,14
BL30-BL31	0,525	0,60	0,806	0,700	0,61	0,280	3,08
BL31-BL32	0,525	0,60	0,806	0,700	0,61	0,280	3,08
BL32-BL33	0,538	0,60	0,806	0,744	0,64	0,286	3,12
BL33-BL34	0,549	0,60	0,806	0,785	0,66	0,290	3,15
BL35-BL34	0,273	0,40	0,273	0,361	0,41	0,218	1,99
BL34-Vala	0,579	0,60	0,806	0,907	0,74	0,301	3,23
BL80-BL81	0,607	0,70	1,216	0,683	0,6	0,278	3,39
BL81-Vala	0,770	0,80	1,737	0,900	0,74	0,301	3,91
BL88-BL89	0,247	0,40	0,273	0,277	0,35	0,193	1,83
BL89-BL90	0,253	0,40	0,273	0,293	0,37	0,202	1,89
BL90-BL91	0,258	0,40	0,273	0,310	0,38	0,206	1,91
BL91-BL74	0,263	0,40	0,273	0,327	0,39	0,210	1,94
BL77-BL76	0,274	0,40	0,273	0,365	0,41	0,218	1,99
BL76-BL74	0,352	0,40	0,273	0,711	0,62	0,282	2,36
BL74-BL75	0,434	0,50	0,496	0,685	0,6	0,278	2,71
BL75-Hidro	0,514	0,60	0,806	0,659	0,59	0,275	3,04
BL6-BL4	0,313	0,40	0,273	0,520	0,51	0,253	2,19
BL5-BL73	0,511	0,60	0,806	0,651	0,58	0,273	3,02
BL73-BL72	0,545	0,60	0,806	0,772	0,65	0,288	3,13
BL72-BL4	0,573	0,60	0,806	0,882	0,72	0,299	3,21
BL4-Sanga	0,654	0,70	1,216	0,831	0,69	0,295	3,53
BL13-BL15	0,298	0,40	0,273	0,453	0,47	0,240	2,12
BL15-BL14	0,396	0,40	0,273	0,972	0,79	0,304	2,48
BL14-Vala	0,461	0,50	0,496	0,804	0,67	0,292	2,80
BL10-BL9	0,272	0,40	0,273	0,356	0,41	0,218	1,99
BL9-BL11	0,383	0,40	0,273	0,890	0,73	0,300	2,46
BL12-BL11	0,289	0,40	0,273	0,418	0,45	0,233	2,08

BL11-Vala	0,443	0,50	0,496	0,722	0,62	0,282	2,74
BL69-BL16	0,418	0,50	0,496	0,620	0,56	0,268	2,64
BL16-BL18	0,478	0,50	0,496	0,887	0,73	0,300	2,85
BL84-BL18	0,227	0,40	1,094	0,221	0,31	0,176	6,88
BL18-BL17	0,605	0,70	1,216	0,676	0,6	0,278	3,39
BL17-Vala	0,644	0,70	1,216	0,799	0,67	0,292	3,50
BL25-BL20	0,273	0,40	0,273	0,360	0,41	0,218	1,99
BL22-BL21	0,333	0,40	0,273	0,612	0,56	0,268	2,28
BL21-BL20	0,435	0,50	0,496	0,688	0,6	0,278	2,71
BL20-BL19	0,505	0,60	0,806	0,631	0,57	0,270	3,00
BL19-BL23	0,530	0,60	0,806	0,716	0,62	0,282	3,09
BL23-BL24	0,558	0,60	0,806	0,823	0,69	0,295	3,18
BL24-BL83	0,572	0,60	0,806	0,879	0,72	0,299	3,21
BL83-BL82	0,639	0,70	1,216	0,781	0,66	0,290	3,49
BL87-BL85	0,270	0,40	0,273	0,349	0,4	0,214	1,96
BL85-BL86	0,351	0,40	0,273	0,703	0,61	0,280	2,35
BL86-BL82	0,417	0,50	0,496	0,615	0,56	0,268	2,64
BL82-BL87	0,757	0,80	1,737	0,862	0,71	0,298	3,88
BL87-Hidro	0,801	0,90	2,377	0,731	0,63	0,284	4,07
BL57-BL56	0,108	0,40	0,273	0,030	0,11	0,070	0,93
BL55-BL56	0,345	0,40	0,273	0,670	0,59	0,275	2,32
BL56-BL79	0,350	0,40	0,273	0,701	0,61	0,280	2,35
BL78-BL79	0,267	0,40	0,273	0,339	0,4	0,214	1,96
BL79-Hidro	0,413	0,50	0,496	0,601	0,55	0,265	2,62
BL52-BL53	0,278	0,40	0,273	0,378	0,42	0,222	2,01
BL53-Hidro	0,374	0,40	0,273	0,832	0,69	0,295	2,43
BL59-BL58	0,331	0,40	0,273	0,604	0,56	0,268	2,28
BL58-BL60	0,400	0,50	0,496	0,550	0,52	0,256	2,57
BL92-BL60	0,297	0,40	0,273	0,451	0,47	0,240	2,12
BL61-BL60	0,297	0,40	0,273	0,451	0,47	0,240	2,12
BL60-Hidro	0,367	0,40	0,273	0,790	0,67	0,292	2,41

BL45-BL44	0,286	0,40	0,273	0,408	0,44	0,229	2,06
BL44-BL48	0,371	0,40	0,268	0,817	0,68	0,293	2,37
BL46-BL47	0,127	0,40	0,273	0,047	0,14	0,087	1,08
BL47-BL48	0,113	0,40	0,587	0,034	0,12	0,075	2,10
BL49-BL48	0,156	0,40	0,273	0,080	0,19	0,115	1,30
BL48-BL50	0,335	0,40	0,388	0,620	0,56	0,268	3,23
BL51-BL50	0,435	0,50	0,496	0,688	0,6	0,278	2,71
BL50-Vala	0,390	0,40	0,474	0,932	0,76	0,302	4,28

Fonte: Elaboração própria

4.3 Comparação dos sistemas

Na Tabela 13, é realizada a comparação entre os diâmetros das galerias existentes e os diâmetros projetados.

Tabela 13 – Comparação dos diâmetros

Trechos BL	D existente (m)	D adot. (m)
BL8-BL7	0,40	0,40
BL7-Vala	0,40	0,40
BL63-BL62	0,40	0,40
BL62-Sanga	0,40	0,40
BL65-BL64	0,40	0,40
BL64-Sanga	0,40	0,40
BL66-BL67	0,40	0,40
BL67-Vala	0,40	0,40
BL70-BL71	0,40	0,40
BL71-Vala	0,40	0,40
BL29-BL28	0,40	0,40
BL28-BL33	0,40	0,40
BL43-BL42	0,40	0,40
BL42-BL40	0,40	0,40
BL41-BL40	0,40	0,40

BL40-BL38	0,60	0,40
BL39-BL38	0,40	0,40
BL38-BL30	0,60	0,40
BL30-BL31	0,60	0,60
BL31-BL32	0,60	0,60
BL32-BL33	0,80	0,60
BL33-BL34	0,80	0,60
BL35-BL34	0,40	0,40
BL34-Vala	0,40	0,60
BL80-BL81	Inexistente	0,70
BL81-Vala	Inexistente	0,80
BL88-BL89	Inexistente	0,40
BL89-BL90	Inexistente	0,40
BL90-BL91	Inexistente	0,40
BL91-BL74	Inexistente	0,40
BL77-BL76	Inexistente	0,40
BL76-BL74	Inexistente	0,40
BL74-BL75	Inexistente	0,50
BL75-Hidro	Inexistente	0,60
BL6-BL4	Inexistente	0,40
BL5-BL73	Inexistente	0,60
BL73-BL72	Inexistente	0,60
BL72-BL4	Inexistente	0,60
BL4-Sanga	Inexistente	0,70
BL13-BL15	Inexistente	0,40
BL15-BL14	Inexistente	0,40
BL14-Vala	Inexistente	0,50
BL10-BL9	Inexistente	0,40
BL9-BL11	Inexistente	0,40
BL12-BL11	Inexistente	0,40
BL11-Vala	Inexistente	0,50

BL69-BL16	Inexistente	0,50
BL16-BL18	Inexistente	0,50
BL84-BL18	Inexistente	0,40
BL18-BL17	Inexistente	0,70
BL17-Vala	Inexistente	0,70
BL25-BL20	Inexistente	0,40
BL22-BL21	Inexistente	0,40
BL21-BL20	Inexistente	0,50
BL20-BL19	0,40	0,60
BL19-BL23	0,40	0,60
BL23-BL24	0,40	0,60
BL24-BL83	Inexistente	0,60
BL83-BL82	Inexistente	0,70
BL87-BL85	Inexistente	0,40
BL85-BL86	Inexistente	0,40
BL86-BL82	Inexistente	0,50
BL82-BL87	Inexistente	0,80
BL87-Hidro	Inexistente	0,90
BL57-BL56	Inexistente	0,40
BL55-BL56	Inexistente	0,40
BL56-BL79	Inexistente	0,40
BL78-BL79	Inexistente	0,40
BL79-Hidro	Inexistente	0,50
BL52-BL53	Inexistente	0,40
BL53-Hidro	Inexistente	0,40
BL59-BL58	Inexistente	0,40
BL58-BL60	Inexistente	0,50
BL92-BL60	Inexistente	0,40
BL61-BL60	Inexistente	0,40
BL60-Hidro	Inexistente	0,40
BL45-BL44	0,40	0,40

BL44-BL48	0,40	0,40
BL46-BL47	0,40	0,40
BL47-BL48	0,40	0,40
BL49-BL48	0,40	0,40
BL48-BL50	0,40	0,40
BL51-BL50	0,40	0,50
BL50-Vala	0,40	0,40

Fonte: Elaboração própria

O sistema atual de drenagem pluvial do bairro apresenta limitações significativas que comprometem sua eficiência e capacidade de atender às demandas de escoamento pluvial. Uma das principais deficiências é o número insuficiente de bocas de lobo, especialmente em pontos baixos, antes dos cruzamentos, que são áreas mais suscetíveis à concentração de água durante períodos de chuva intensa.

No Apêndice B, é possível analisar a localização das bocas de lobo existentes no sistema atual e aquelas projetadas no novo sistema. As galerias existentes, cujas dimensões foram calculadas com base no projeto fornecido pela Prefeitura, foram recalculadas e, em sua maioria, apresentaram o mesmo diâmetro, confirmando que o dimensionamento dos dispositivos atuais está adequado em algumas regiões.

No entanto, ao comparar os dois sistemas, observam-se pontos de melhoria fundamentais no projeto. Por exemplo, na Rua Itália, o sistema de drenagem atual está bem dimensionado e atende às demandas de escoamento pluvial da região. Já na Rua França, não existe nenhuma boca de lobo no sistema atual, mesmo sendo uma área com uma grande contribuição de águas pluviais. No sistema projetado, foram adicionadas bocas de lobo estrategicamente posicionadas nessa via, garantindo um escoamento eficiente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo a avaliação do sistema de drenagem pluvial do bairro Jardim Europa, localizado em São Gabriel. A implantação do sistema de drenagem no bairro foi concluída em dezembro de 2023, após um longo período sem um sistema adequado de drenagem pluvial. Com a conclusão dessa implantação, foi possível realizar o levantamento em campo das bocas de lobo existentes, processo fundamental para a avaliação e análise do sistema atual. Durante esse levantamento, também foram feitas medições das guias para possibilitar os cálculos de dimensionamento necessários.

Foi de extrema relevância a colaboração da prefeitura, que forneceu dados essenciais para o desenvolvimento deste TCC, especialmente no que tange ao dimensionamento do sistema de drenagem e o fornecimento de informações hidrológicas e geográficas do bairro. Esses dados permitiram uma análise mais precisa das condições do sistema atual e dos desafios enfrentados pela área.

A partir da análise dos cálculos de dimensionamento realizados e da observação da topografia local, ficou evidente que as bocas de lobo existentes no bairro são insuficientes para atender à demanda de escoamento pluvial, principalmente em áreas de maior contribuição. A solução indicada é a instalação de mais bocas de lobo em pontos estratégicos, de forma a melhorar a captação e o escoamento da água das chuvas, minimizando os riscos de alagamentos e outros problemas relacionados. Além disso, recomenda-se que a cidade de São Gabriel desenvolva um Plano Diretor de Drenagem, que permita o planejamento e a implementação de soluções eficientes e sustentáveis para todo o município.

A realização deste TCC buscou contribuir para um melhor desenvolvimento urbano de São Gabriel, oferecendo informações e soluções que visam otimizar o sistema de drenagem pluvial local. A continuidade desse trabalho é sugerida, com a perspectiva de, a nível de bacia hidrográfica, dimensionar os sistemas de drenagem de forma integrada, permitindo que diferentes áreas do município funcionem de maneira coordenada e eficiente.

Dessa forma, este estudo serve como ponto de partida para futuras melhorias no sistema de drenagem e para a criação de um planejamento estratégico mais robusto e eficaz para a gestão de águas pluviais em São Gabriel.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações prediais de águas pluviais**. NBR 10844:1989. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

BIDONE, Francisco; TUCCI, Carlos E. Microdrenagem. In: TUCCI, Carlos E.; PORTO, Rubem; DE BARROS, Mario (Orgs.). **Drenagem Urbana**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2015. p. 77-105.

BONAVITA, G.; DA FONSECA, P. L. Análise de sistemas de microdrenagem – as built e as possíveis interferências em áreas urbanas. *Labor & Engenho*, Campinas, v. 13, p. 1 - 12, 2019.

BOTELHO, Manoel Henrique. Elementos constituintes de um adequado sistema pluvial urbano. In: **Águas de Chuva: Engenharia das águas pluviais nas cidades**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2017. p. 25-56.

BUENO, Thalita. **Análise do sistema de drenagem pluvial na região do Parque Rui Ramos – Município de Alegrete/RS**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Unipampa, Alegrete, 2019. Disponível em: <<https://dspace.unipampa.edu.br/bitstream/riu/4200/1/Thalita%20Bueno%20Sabino%20-%202019.pdf>> Acesso em: 5 jun. 2024.

CHRISTOFIDIS, Hugo. **Drenagem urbana sustentável: Análise do uso do Retrofit**. 2010. Dissertação de Mestrado (Centro de Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Brasília, Brasília, 2010. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/12216/4/2010_HugoDoValeChristofidis.pdf. Acesso em: 7 jun. 2024.

COELHO, M. M.; LIMA, J. G. Eficiência Hidráulica de Bocas de Lobo Situadas em Sarjetas de Greide Contínuo. *RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 16, p. 133-143, 2024.

CRUZ, M.; TUCCI, C. E.; Da SILVEIRA, A. L. Controle do escoamento com retenção em lotes urbanos. *RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 3, p. 19 – 31, 1998.

Da SILVEIRA, A. L. Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais. *RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 10, p. 5 – 23, 2005.

DOS SANTOS, Daniel. Intervenções pelo saneamento – abordagem clássica. In: **Saneamento para gestão integrada das águas urbanas**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. p. 29 – 90.

GOOGLE INC. **Google Earth, versão 7.3**. Mountain View: Google Inc., 2022. Disponível em: <https://www.google.com/earth/>. Acesso em: 1 jul. 2024.

MEDAU, Isaac. **Análise dos dispositivos de drenagem urbana na avenida São Francisco – Anápolis – go**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em

Engenharia Civil) - Unievangélica, Anápolis, 2018. Disponível em: http://repositorio.aee.edu.br/jspui/bitstream/aee/120/1/-2018_1_TCC_Isaac%20Medau.pdf. Acesso em: 5 jun. 2024.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTOS E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL (SINAPI). **Caderno técnico das composições de guias e sarjetas – Lote 3**. Caixa, 2016. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-aferidas-lote3-saneamento-infraestrutura-urbana/SINAPI_CT_LOTE3_GUIAS_SARJETAS_V002.pdf. Acesso em: 3 jun. 2024.

SOUZA, R. et al. Análise do sistema de drenagem urbana do bairro Nova República no município de Santarém – Pará. *Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, Palhoça, v. 12, p. 1 - 18, 2023.

TEIXEIRA, Suzane Naiara. **Sistemas de drenagem urbana: estudo de caso para macrodrenagem do município de Arcos – MG**. 2014. 83f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Formiga - UNIFOR-MG, Formiga, 2014. Disponível em: <https://bibliotecadigital.uniformg.edu.br:21015/xmlui/bitstream/handle/123456789/271/Monografia-TCC%20-%20Suzane%20Naiara%20Teixeira.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 7 jun. 2024.

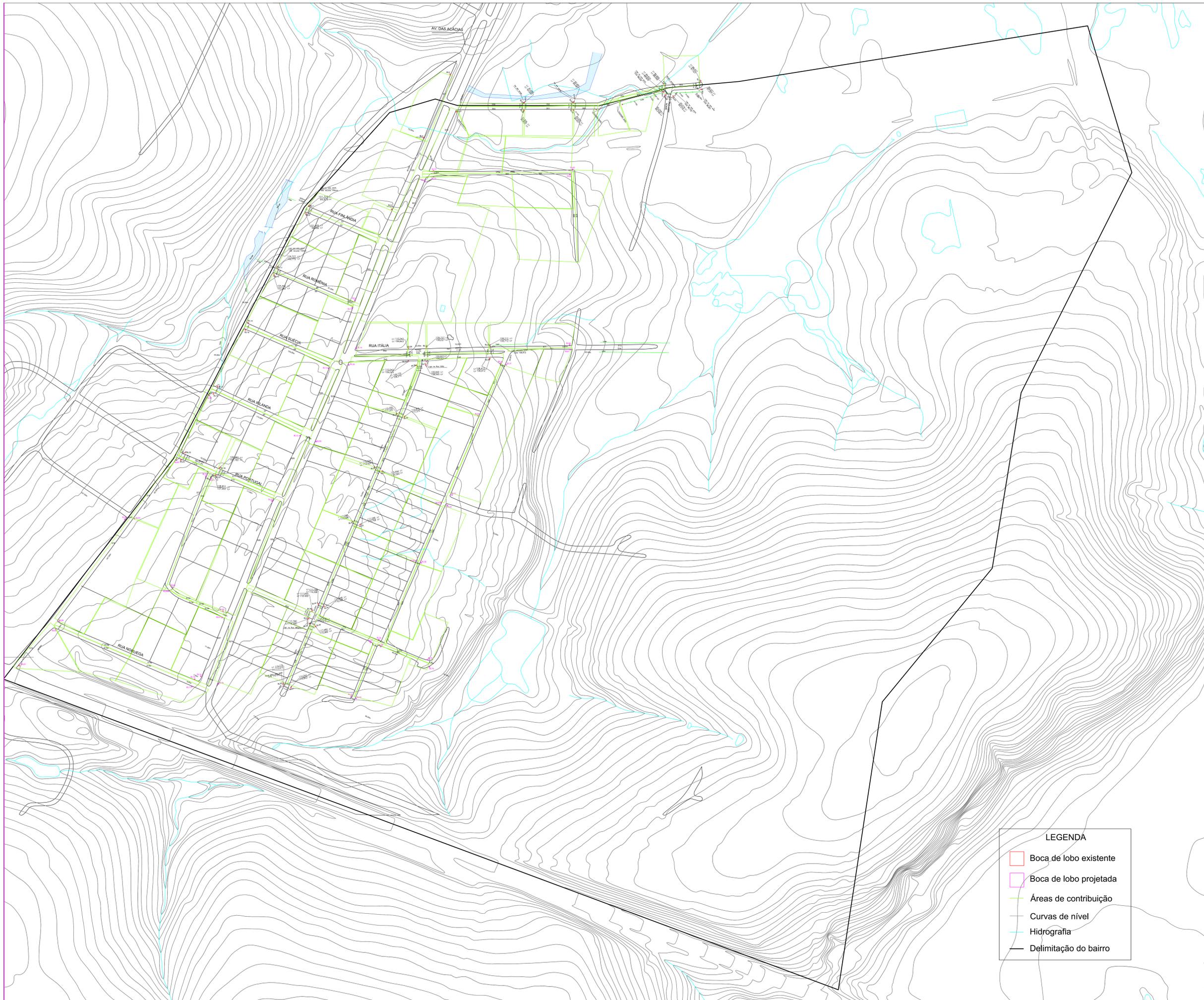
TOMAZ, Plínio. Método Racional. In: **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**. São Paulo: Navegar, 2002. p. 130 – 148.

TUCCI, Carlos E. Águas urbanas. In: TUCCI, Carlos E.; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações urbanas na América do Sul**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. p. 11- 44.

TUCCI, Carlos E. Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, Carlos E.; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações urbanas na América do Sul**. 1. ed. Porto Alegre: ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003. p. 45 - 141.

RAMOS, W. B et al. Avaliação de sistema de microdrenagem dimensionado pela equação de Manning por modelo Hidrodinâmico Quasi-2D. In: I SIMPÓSIO NACIONAL DE MECÂNICA DOS FLUÍDOS E HIDRAÚLICA, 2022, Ouro Preto/MG. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/179/I-FLUHIDROS0066-2-0-20220724-215245.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2024.

APÊNDICE A - Projeto de drenagem pluvial com curvas de nível



AV. DAS ACÁCIAS

RUA FINLÂNDIA

RUA ROMÊNIA

RUA SUECIA

RUA ITÁLIA

RUA HUNDA

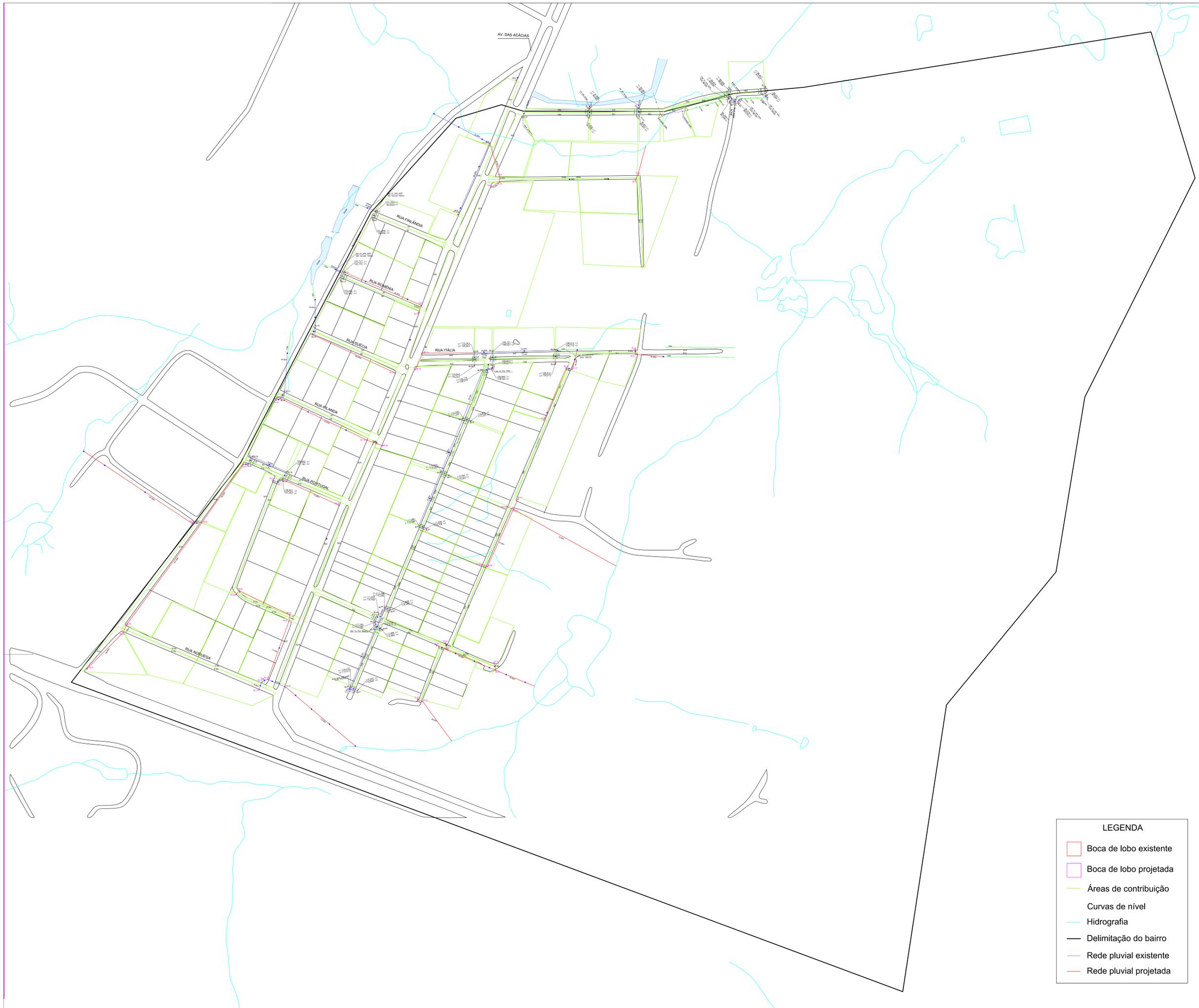
RUA POLSKA

RUA NORUEGA

LEGENDA

- Boca de lobo existente
- Boca de lobo projetada
- Áreas de contribuição
- Curvas de nível
- Hidrografia
- Delimitação do bairro

APÊNDICE B – Projeto de drenagem sem curvas de nível



LEGENDA

- Boca de lobo existente
- Boca de lobo projetada
- Áreas de contribuição
- Curvas de nível
- Hidrografia
- Delimitação do bairro
- Rede pluvial existente
- Rede pluvial projetada

projeto: Drenagem		
Endereço: Bairro Jardim Europa - São Gabriel/RS		
assunto: Projeto de Drenagem		
escala: s/e	prancha:	
data: Nov/2024		02/02