



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE MICRODRENAGEM
PARA O BAIRRO ALTO DOS BASTOS NA CIDADE DE ICÓ-CE**

EMANOELA FAUSTINO DE LIMA

POMBAL – PB

2024

EMANOELA FAUSTINO DE LIMA

DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE MICRODRENAGEM PARA
O BAIRRO ALTO DOS BASTOS NA CIDADE DE ICÓ-CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Unidade Acadêmica de Ciências e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador(a): Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro.

POMBAL – PB

2024

L732d

Lima, Emanoela Faustino de.

Dimensionamento de um Sistema de microdrenagem para o bairro Alto dos Bastos na cidade de Icó-CE / Emanoela Faustino de Lima. – Pombal, 2024.

70 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2024.

“Orientação: Profa. Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro”.

Referências.

1. Drenagem urbana. 2. Dimensionamento hidráulico. 3. Chuvas intensas. I. Ribeiro, Rosinete Batista dos Santos. II. Título.

CDU 626.86(043)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO.

EMANOELA FAUSTINO DE LIMA


**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE MICRODRENAGEM
PARA O BAIRRO ALTO DOS BASTOS NA CIDADE DE ICÓ-CE**

Trabalho de Conclusão de Curso da discente EMANOELA FAUSTINO DE LIMA **APROVADA** em dia 28 de maio de 2024 pela comissão examinadora composta pelos membros abaixo relacionados como requisito para obtenção do título de ENGENHEIRA CIVIL pela Universidade Federal de Campina Grande.

Registre-se e publique-se.

Documento assinado digitalmente
 ROSINETE BATISTA DOS SANTOS RIBEIRO
Data: 04/06/2024 10:01:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr^a. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro
(Orientador – UFCG)

Documento assinado digitalmente
 FRANCISCO AURIBERTO FERREIRA MARQUES JI
Data: 03/06/2024 20:01:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Francisco Auriberto Ferreira Marques
Junior
(Membro Interno – UACTA/CCTA/UFCG)



Bel. Naiara Lopes Lacerda
(Membro Externo)

AGRADECIMENTOS

Agradecer, na minha opinião, significa reconhecer a importância de algo em nossa vida. Uma forma gentil e genuína de retribuir toda confiança, apreço e carinho que alguém em mim depositou. Então, segue aqui, uma forma singela e sutil de agradecer o que com valor algum seria possível.

Primeiro a Deus, que é meu guia e detentor de minhas ações. Ele que me faz enxergar o melhor das pessoas e nelas tento encontrar o que falta em mim. Em seus braços encontrei refúgio, amor e consolo e mesmo em meio a escuridões, ele é o único que me faz entender que a luz não deve ser procurada, mas enxergada dentro de nós.

Aos meu pais Geraldo e Elenice, por todas as vezes que com carinhos e palavras de amor enxugaram minhas lágrimas, e em meio a choros e dias difíceis acreditaram em um potencial que eu nunca vi, mas os pais enxergam além de nós e acho que eles estavam certos, porque de um lar que se tem amor se forma um bom potencial.

Gostaria de expressar minha sincera gratidão à minha orientadora Dra. Rosinete Batista. Seu apoio foi fundamental ao longo deste processo. Sempre esteve disponível para esclarecer minhas dúvidas e fornecer orientações construtivas. Seu comprometimento e dedicação foram essenciais, e sou imensamente grata por toda a ajuda e incentivo que me proporcionou. Obrigada!

A minha família, eles que são meus maiores incentivadores e torcedores do meu sucesso. O segredo de um lar feliz é ter uma irmã parceira, primos incríveis e nada normais, tios gentis, avós sábios e muito amor pra compartilhar momentos bons e ruins. Saibam que eu agradeço do fundo do meu coração pelas palavras, que pouco foram pronunciadas, mas que em muito foram demonstradas em forma de carinho. Amo vocês!

Obrigada a Natalia, Elen, Mayrla, Elisabeth, Waleria, Maria, Naiara e Aline Andrade. Por tudo e por tanto! Nos momentos em que eu achei que o mundo acabaria, vocês foram os meus degraus pra que eu pudesse me levantar e seguir. Amo, imensamente, de forma única cada uma de vocês.

A Vinicius Diniz, que além de um companheiro de vida é alguém que não soltou a minha mão, me faz sentir amor e acolhimento e me ajuda, sempre, em qualquer momento. Obrigada por tanto cuidado, meu bem!

A residência que se tornou um lar fora da minha casa, me fez aprender muito sobre como viver com pessoas com hábitos, culturas e formas diferentes. Foi desafiador, porém também foi um aprendizado conviver com cada um de vocês.

Pro fim, agradeço a banca examinadora composta pelo Dr. Auriberto e a Bel. Naiara, assim como, a Universidade Federal de Campina Grande.

"Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá."

- Ayrton Senna

INTRODUÇÃO

A água da chuva escorre naturalmente, indo para rios, lagos e oceanos em declives e tipos de solo variados, enquanto parte dela é absorvida pelo solo para alimentar os aquíferos. Com a intervenção humana e o solo sendo impermeabilizado pela construção de estradas, ruas, casas e prédios, é preciso mudar como a água da chuva escoar por meio de sistemas de drenagem urbana (SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO, 2021).

O uso e ocupação do solo, especialmente a substituição da vegetação, reduz a quantidade de água que consegue infiltrar, levando a mudanças no ciclo da água, com mais água se acumulando na superfície e aumentando o escoamento superficial. As chuvas intensas podem resultar em inundações, enxurradas e alagamentos, afetando as pessoas. Embora esses eventos sejam naturais, a intervenção humana os torna mais graves e prejudiciais para a comunidade (SILVA, 2023).

A urbanização no Brasil durante o século XX ocorreu com rapidez e desordenadamente, sem planejamento nas cidades, sem políticas de moradia e com muitas pessoas do interior migrando para áreas urbanas em busca de oportunidades (Oliveira *et al.*, 2020). Esse processo aconteceu aliado a uma infraestrutura inadequada, resultando em uma série de desafios sociais, econômicos e ambientais (SANTOS, 2023).

Para Diogo (2021), a contínua degradação de ecossistemas, causada pelo crescimento urbano descontrolado, demonstra ser um dos principais elementos responsáveis pela queda da capacidade de resiliência das cidades. Esse cenário as torna mais suscetíveis aos desafios presentes e futuros, agravados por fenômenos como mudanças climáticas que podem intensificar problemas de precipitações extremas e inundações.

As modificações drásticas ao meio ambiente em decorrência do processo de urbanização provoca alterações nos cursos hídricos, no ciclo hidrológico, nas variações climáticas e nas cheias naturais dos rios e córregos, e essas consequências, na maioria das vezes, estão correlacionadas com a falta de planejamento, gestão e controle dos órgãos municipais (SANTOS, 2023).

A partir desse cenário, em 1988, a Constituição Federal estabeleceu o Plano Diretor Municipal (PDM) visando conduzir o uso e ocupação do solo de forma eficiente

e estabelecer diretrizes gerais para a infraestrutura urbana das cidades. Esse plano desempenha um papel essencial no planejamento e na administração do crescimento urbano, na busca de promover o desenvolvimento de cidades mais equilibradas, sustentáveis e socialmente justas.

A revisão periódica dos planos diretores deve ser feita a cada 10 anos. Essa revisão deve ser feita para que os planos continuem a ser instrumentos relevantes, capazes de orientar um desenvolvimento urbano sustentável, equitativo e adaptado às necessidades e evolução das comunidades locais que ocorre constantemente. (ASSUMPÇÃO, 2021)

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Urbanização

O Brasil, assim como todo o planeta, está em um processo de urbanização. Em 2015, cerca de 54% da população global, o que equivale a quatro bilhões de pessoas, residia em áreas urbanas. Projeções indicam que até 2030, a população urbana nos países em desenvolvimento poderá dobrar, enquanto a área ocupada pelas cidades triplicará nesse mesmo período. No contexto brasileiro, houve um aumento expressivo na população urbana, passando de 77,6% em 1995 para 85,7% em 2015 (SOTTO *et al.*, 2019).

Nesse cenário de urbanização em expansão, onde o crescimento populacional é incentivado por conta das desigualdades sociais, as deficiências relacionadas à infraestrutura, saneamento, abastecimento de água e acesso aos serviços de saúde e bem-estar estão avançando (CABRAL; CÂNDIDO, 2019). A rápida e desordenada urbanização provoca alterações no ciclo hidrológico das regiões urbanas, por conta da impermeabilização do solo, diminuição das áreas verdes, mudanças na topografia e o descarte impróprio de resíduos (SANTOS, 2023).

Segundo Tucci (2005), o crescimento urbano nos países em desenvolvimento ocorre de maneira não sustentável, o que acaba deteriorando a qualidade de vida e do meio ambiente. Isso se reflete em problemas na infraestrutura, como a alta densidade populacional em pequenas áreas e a expansão desenfreada das periferias, onde a segurança e serviços básicos como fornecimento de água encanada, saneamento, drenagem, transporte e coleta de lixo são escassos.

O planejamento urbano, conforme apontado por Tucci (2005), tende a priorizar as demandas das áreas urbanas reguladas e planejadas, esquecendo do crescimento das áreas que surgem de maneira espontânea e não planejadas, o que acarreta problemas como a falta de saneamento básico, drenagem urbana inadequada e ocupação de áreas vulneráveis a inundações, sem contar no aumento da impermeabilização e canalização dos rios urbanos, e a degradação da qualidade da água.

Bezerra *et al.* (2016) ressaltam que a urbanização demanda altos investimentos em infraestrutura para garantir que o desenvolvimento das cidades seja justo e

igualitário, envolvendo a geração de empregos, oferta de moradias dignas e implementação de sistemas adequados de saneamento e drenagem para amenizar alagamentos e enchentes. Esses últimos aspectos merecem destaque, por serem os principais fatores geradores de problemas sociais e ambientais.

Com um adequado investimento na infraestrutura urbana, acredita-se que a população poderá ter um acesso mais igualitário aos serviços de saneamento básico, minimizando os problemas relacionados a ausência desse acesso.

As opiniões de Tucci (2005) e Bezerra (2016) se encontram no que diz respeito ao desenvolvimento urbano. Ambos reconhecem que um planejamento urbano eficiente pode colaborar para resolver, não totalmente, os problemas de infraestrutura enfrentados pelas cidades. Eles apontam que ajustar corretamente os sistemas de água, esgoto e drenagem é preciso para conter os impactos causados pela falta dos mesmos.

Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico, conhecido também como ciclo da água, relata a existência e o movimento contínuo da água sobre, dentro e acima da superfície terrestre. A água, está sempre em movimento e, incessantemente, oscila entre estados físicos, de líquido para vapor, em seguida para gelo, e então retornar ao seu estado inicial. Com bilhões de anos, o ciclo hidrológico constitui um fundamento vital, imprescindível para a existência de toda forma de vida sobre o planeta (USGS, 2019).

Dessa forma, o ciclo hidrológico consiste em uma série de processos conectados, como evaporação, precipitação, infiltração, escoamento superficial e subterrâneo (PASCHOAL, 2012), conforme exposto na **Figura 1**, que representa o ciclo natural da água, sem considerar a influência humana.



Figura 1-Ciclo da Água. (Fonte:COLLISCHONN; DORNELLES, 2013).

É de conhecimento público que toda a extensão de água que cobre nosso planeta é importante para o equilíbrio dos ecossistemas terrestres. O uso irresponsável da água, juntamente com práticas inadequadas em relação ao relevo, à vegetação, às matérias-primas e outros fatores, pode causar alterações significativas na estrutura global, interferindo diretamente no ciclo da água (ALBUQUERQUE, 2022).

A urbanização desenfreada, exemplificada pela construção de grandes cidades cobertas por arranha-céus e vastas extensões de pavimento asfáltico ou de paralelepípedos têm consequências prejudiciais para o meio ambiente, como o aumento do volume de água que sofre escoamento superficial e a diminuição do volume de água que infiltra no solo e recarrega os aquíferos.

Atividades humanas irresponsáveis em diversos setores sociais também contribuem para danos ambientais. O ciclo hidrológico, assim como outros sistemas terrestres, é vulnerável à influência humana, sendo sua intervenção humana um dos principais agentes que afeta o equilíbrio de massa e energia desse sistema (HORNINK, 2016).

Bacia hidrográfica

Barrella *et al.* (2002, p. 138), define bacia hidrográfica como:

[...] um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formadas nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas ou escoam superficialmente, formando os riachos e os rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático. As águas

superficiais escoam para as partes mais baixas do terreno, formando riachos e rios, sendo que as cabeceiras são formadas por riachos que brotam em terrenos íngremes das serras e montanhas e, à medida que as águas dos riachos descem, juntam-se a outros riachos, aumentando o volume e formando os primeiros rios. Esses pequenos rios continuam seus trajetos recebendo água de outros tributários, formando rios maiores até desembocar no oceano.

Barrella *et al.* (2002, p. 138), caracteriza a bacia hidrográfica como uma área drenada por um rio e seus afluentes, formada por divisores de água nas partes mais elevadas do relevo. Nessa região, as águas das chuvas podem fluir superficialmente, formando riachos e rios, ou infiltrar-se no solo, contribuindo para a formação de nascentes e do lençol freático (SERVICE MAP, 2017).

Assim, a gestão eficiente dos recursos hídricos é viabilizada pela relevância da bacia hidrográfica. Esta oferece uma perspectiva abrangente da dinâmica da água na área, abordando tanto a quantidade quanto a qualidade da água, assim como os processos de transporte e distribuição. Tal abordagem busca por uma utilização racional dos recursos hídricos, procurando diminuir os impactos ambientais (TUCCI,1993).

Áreas de contribuição

A área de contribuição refere-se à superfície de onde a água é coletada e direcionada para os sistemas de drenagem, que na microdrenagem são as sarjetas, bocas de lobo e galerias pluviais (WATANABE, 2023).

Essa área pode incluir ruas, calçadas, pátios, telhados e outras superfícies impermeáveis ou parcialmente impermeáveis que contribuem para o escoamento de água da chuva. É importante determinar a área de contribuição para dimensionar adequadamente os sistemas de drenagem e garantir que possam lidar com o volume de água esperado durante eventos de chuva.

Na microdrenagem, geralmente estimam-se as vazões em cruzamentos de ruas e nos poços de visita, sendo pontos-chave da rede de drenagem. É delimitada a área de contribuição a montante desses pontos, considerando que cada trecho de sarjeta recebe água da chuva da área adjacente. Um dos métodos que pode ser usado para delimitar a área de contribuição quando as áreas próximas estão divididas em lotes é o da bisetriz (Diogo; Sciammarella, 2008).

Os passos são os seguintes:

- 1) Determinar o sentido do fluxo nas ruas (**Figura 2**);
- 2) Repartir cada quarteirão em divisores d'água à semelhança do projeto de um telhado (**Figura 3**).

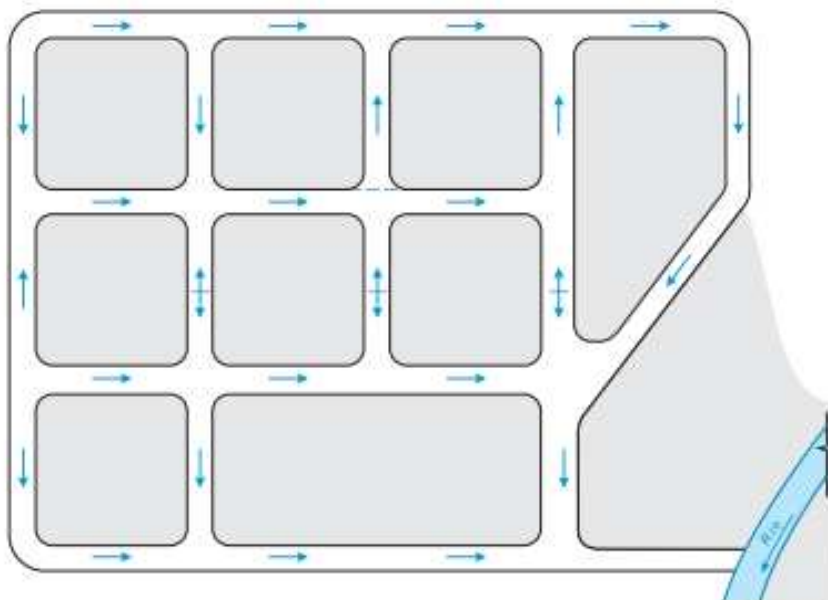


Figura 2-Levantamento de Fluxos nas ruas. (Fonte: DIOGO; SCIAMMARELLA, 2008)

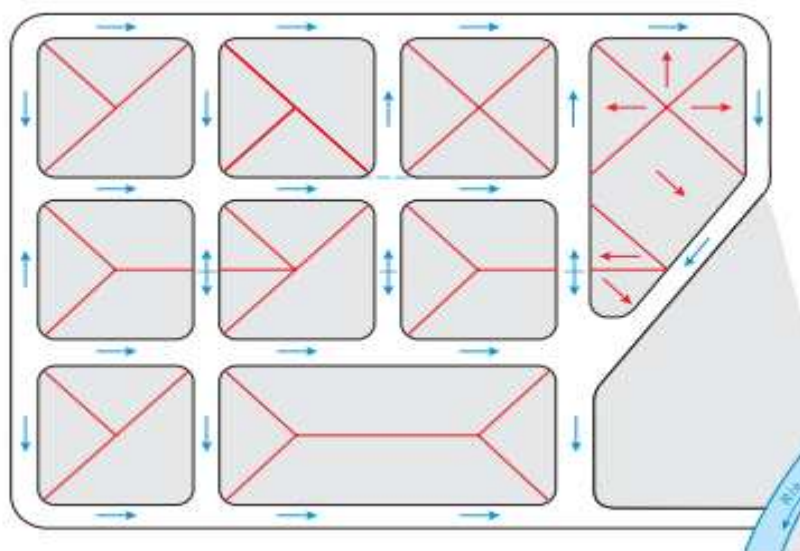


Figura 3-Divisão de áreas de contribuição.(Fonte: DIOGO; SCIAMMARELLA, 2008)

Chuvas de Projeto

As chuvas intensas ou precipitações máximas, são capazes de gerar quantidades significativas de água em curtos períodos. Devido aos elevados volumes de precipitação, tais eventos frequentemente resultam em impactos socioeconômicos, danos ambientais e representam riscos à vida humana (PEREIRA, 2023).

Essas chuvas são identificadas por meio de três parâmetros: intensidade, duração e frequência. Conforme observado por Oliveira (2021), a intensidade corresponde à quantidade de precipitação por unidade de tempo, frequentemente medida em milímetros por minuto ou por hora; a duração da chuva refere-se ao período durante o qual a precipitação ocorre, podendo ser expressa em diferentes unidades de tempo, como anos, meses, dias, horas ou minutos; e a frequência (ou probabilidade) representa a recorrência com que acontece um fenômeno com valor igual ou superior ao que está sendo analisado.

A distribuição de Gumbel de eventos extremos é aplicada em várias disciplinas para representar os valores máximos de um fenômeno específico, como as chuvas intensas e o principal obstáculo ao usar essa distribuição é determinar seus parâmetros por meio de métodos estatísticos (PEREIRA, 2023). Conforme observado por Tomaz (2016), essa distribuição é empregada em áreas onde não há uma equação de chuva disponível, mas há uma abundância de dados de precipitação.

De acordo com Cordero (2013), três séries podem ser utilizadas para calcular as chuvas intensas:

Séries Anuais: Este método envolve apenas os valores máximos observados a cada ano, descartando os demais valores. É o método mais comumente utilizado.

Séries Parciais: Neste caso, a série é composta pelos maiores valores observados ao longo dos anos. É empregado quando há um número limitado de dados (menos de 12 anos).

Séries Completas: Para este critério, todos os valores são considerados. O procedimento para calcular as chuvas intensas está detalhado na metodologia do trabalho. Usando essa distribuição, é possível obter diferentes precipitações conforme o período de retorno desejado.

Diniz (2022) enfatiza que os técnicos encontram algumas dificuldades que incluem a falta da equação na localidade onde o projeto será executado, além de demandar um intenso esforço de análise, interpretação e codificação de uma abundância de dados.

Curva IDF

O período de tempo necessário para que a água se concentre em uma bacia hidrográfica, chamado de “Tempo de concentração”, é um indicador importante em estudos hidrológicos, especialmente na estimativa das vazões máximas, tanto para bacias pequenas quanto para grandes (DINIZ, 2022). No entanto, devido à sua determinação ser geralmente fundamentada na experiência prática, várias equações puderam ser desenvolvidas (MAMÉDIO; CASTRO; CORSEULI, 2018).

O engenheiro civil Thomas James Mulvany é creditado por criar o termo "tempo de concentração" em 1851. Ele definiu esse termo como o intervalo de tempo necessário para que uma partícula de água, que alcança o ponto mais distante da bacia hidrográfica, chegue ao exutório, o que sugere que toda a bacia contribui para a vazão que alcança o exutório (MAMÉDIO; CASTRO; CORSEULI, 2018).

As conexões entre as medidas que definem as chuvas mais intensas devem ser derivadas por meio da investigação das chuvas ao longo de um período de tempo considerável. Isso permite a determinação das ocorrências com suas respectivas probabilidades. Como consequência, é gerada uma série de curvas intensidade-duração-frequência, adaptadas para cada período de recorrência (PINTO, 2020).

Por meio dessas conexões entre a intensidade, a duração e o período de retorno, é possível encontrar a equação para chuvas intensas, com os parâmetros sendo determinados através da análise de registros de chuva, ou, na falta desses, de dados de pluviômetros. Em circunstâncias específicas como essa, faz-se uso da desagregação de chuvas para os valores de precipitação diária máxima anual (DINIZ, 2022).

Uso e ocupação do solo

A condição atual dos sistemas convencionais de drenagem já implementados no Brasil e no mundo não tem desempenhado sua função de maneira eficaz, considerando a frequência de inundações que tem ocorrido. A ineficiência dos sistemas de drenagem está diretamente ligada à falta, desatualização ou não implementação eficaz do plano diretor, que deveria orientar quanto à porcentagem de área que pode ser impermeabilizada (DINIZ, 2022).

Quando a área de uma bacia hidrográfica é urbanizada, há uma interferência no ciclo natural da água no solo. Conforme Tucci (2000) observou, a impermeabilização de 20% da área da bacia resulta na duplicação do escoamento superficial, enquanto em situações em que a impermeabilização atinge 80% da bacia, o volume de escoamento superficial aumenta em oito vezes e meia.

De acordo com Garcez (1976), o coeficiente de escoamento superficial é simplesmente a quantidade de água total escoada a partir da quantidade total de água precipitada na bacia de contribuição. Isso significa que ele depende da capacidade do solo de absorver água. Os valores típicos desse coeficiente variam dependendo do tipo de superfície, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1-Valore sugeridos de coeficiente de escoamento superficial para áreas urbanas

Tipos de Superfície	Valor recomendado	Faixa de Variação
Concreto, asfalto e telhado	0,95	0,90--0,95
Paralelepípedo	0,70	0,58--0,81
Blockets	0,78	0,70--0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,02--0,05
Solo compacto	0,66	0,59--0,79
Matas, parques e campos de esporte	0,10	0,05--0,20
Gramma solo Arenoso	0,10	0,08--0,18
Gramma solo argiloso	0,20	0,15--0,30

Fonte: Adaptado PMJS (2021).

Drenagem urbana

O Manual de saneamento do Ministério da Saúde (BRASIL, 2019) explica que drenagem é o processo de coletar água da chuva, movê-la e direcioná-la para outro lugar. Juntamente com o gerenciamento das águas pluviais urbanas, a drenagem é considerada um conjunto de serviços e instalações que lidam com a água da chuva, ajudando a reduzir os impactos de eventos hidrológicos significativos.

Esse sistema inclui várias medidas para diminuir os riscos enfrentados pela população, reduzindo os danos causados por alagamentos e inundações (SILVA, 2019). Porto *et al.* (2001), pontua que a drenagem urbana deve ser dimensionada em dois níveis: macrodrenagem e microdrenagem.

Macro drenagem

A macro drenagem é parte do sistema de drenagem responsável por conduzir as águas superficiais para fora da área urbana, incluindo a água que vem da micro drenagem.

De acordo com o Manual de Drenagem Urbana (2002), a macro drenagem abrange córregos urbanos naturais ou artificiais, que drenam áreas maiores que 4 km², recebendo também o escoamento das zonas rurais. Pode-se incluir na macro drenagem os principais rios, córregos e canais naturais e artificiais, que transportam grandes volumes de água. Além disso, segundo Porto *et al.* (2001), as obras de macro drenagem visam a prevenção de enchentes causadas pela bacia urbana.

Para o Ministério das Cidades (BRASIL, 2011), essas estruturas incluem canais, que podem ser revestidos ou não, e galerias com diâmetros superiores a 1200 mm. Esses canais e galerias devem ser capazes de lidar com a vazão de projeto, a qual é calculada com base em dados hidrológicos da região, como índices pluviométricos e período de retorno, que pode chegar a até 100 anos (Porto *et al.*, 2001).

Micro drenagem

Segundo o Ministério das Cidades (BRASIL, 2011), a micro drenagem é um sistema de tubulações que conecta os dispositivos de drenagem superficial como sarjetas e bocas de lobo, aos dispositivos de macro drenagem. Esse sistema é responsável por capturar principalmente as águas pluviais e suas galerias tubulares possuem diâmetros entre 300 mm e 1200 mm.

O sistema de micro drenagem tradicional (**Figura 4**) inclui os seguintes elementos: guias, sarjetas, bocas de lobo, condutos de ligação, galerias e poços de visita, que serão explicados a seguir:

a) Guia: Elemento de pedra ou de concreto, colocados entre a calçada e o pavimento da rua, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível da calçada;

b) Sarjetas: Faixas de via pública, paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que para elas escoam;

- c) *Boca de lobo*: Dispositivo localizado em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação de águas pluviais;
- d) *Conduto de ligação*: São canalizações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas de lobo para as galerias ou para os poços de visita;
- e) *Galeria*: Canalização pública usada para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas;
- f) *Poço de visita*: Dispositivo localizado em ponto conveniente do sistema de galerias para permitirem mudança de direção, de declividade, mudança de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações (SILVA, 2019, p.20).

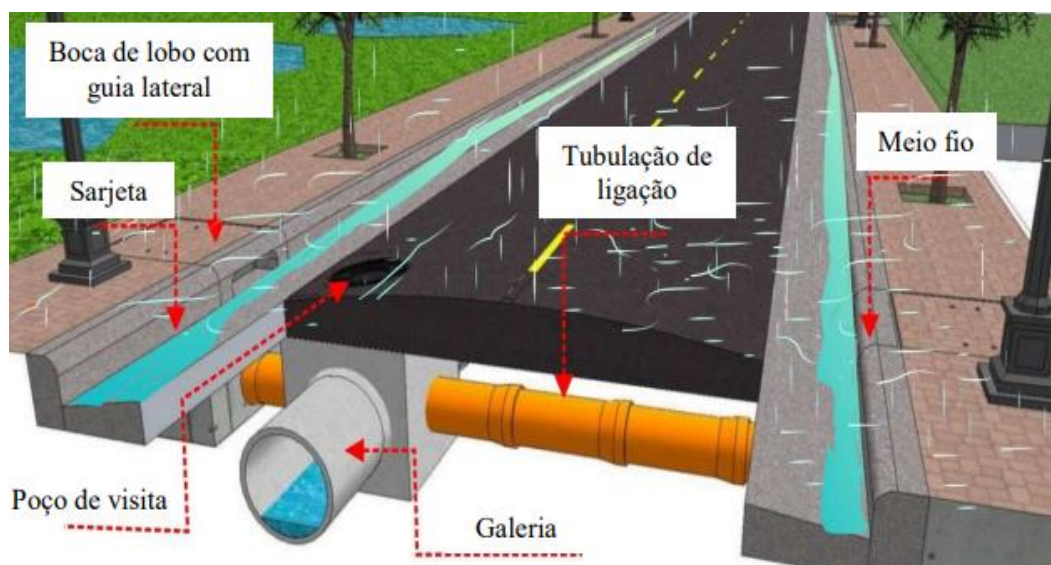


Figura 4- Esquema de funcionamento de um sistema de microdrenagem. (Fonte: PEREIRA; LIMA, 2022)

A função de um sistema de microdrenagem é recolher e encaminhar as águas da chuva para fora das ruas, levando-as para as galerias pluviais. Essas galerias, por sua vez, as direcionam para depósitos naturais de água, evitando acúmulos indesejados, danos em estruturas e a propagação de doenças. Isso promove segurança para o tráfego de veículos e para os pedestres, reduzindo os riscos e os danos associados (SOARES, 2021).

Para projetar o sistema de drenagem pluvial, são usadas as mesmas fórmulas que são utilizadas para canais. Normalmente, para escoamento em conduto livre, as equações de Manning são as mais empregadas para esse tipo de cálculo (ANDRADE; ABREU, 2017).

Para calcular a capacidade de uma sarjeta, é necessário desconsiderar a altura do meio-fio, o que reduz a altura da água e evita que ela transborde. Com os dados da declividade, rugosidade e comprimento da sarjeta, podemos calcular a vazão máxima que ela pode suportar (ANDRADE; ABREU, 2017). Na **Figura 5**, é

apresentado o corte transversal de uma sarjeta composta, onde a inclinação da sarjeta difere da inclinação da rua.

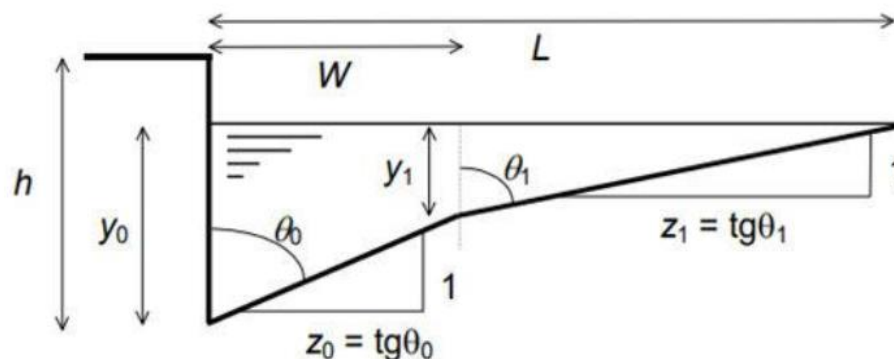


Figura 5- Sarjeta Composta. Fonte: Tavares *et al*, 2019.

Onde,

W –Largura da Sarjeta;

L –Largura do escoamento;

Y_0 –Lâmina d'água

h –Altura do meio fio;

z_0 –Declividade transversal da Sarjeta;

z_1 –Declividade transversal do pavimento;

A definição do coeficiente de Manning, proposto pelo engenheiro irlandês Robert Manning em 1889, ainda é desafiadora para canais naturais em locais sem medições de vazão ou com poucos estudos. O coeficiente de rugosidade do escoamento normalmente é definido, como forma de simplificação, como único para uma determinada seção de um canal (MATOS; MAUAD; BARBOSA, 2011).

Como mostrado por Chow (1959), o coeficiente de Manning muda ao longo da seção do canal conforme o nível da água. De maneira geral, quando a profundidade da água é menor, as irregularidades no fundo do canal têm mais efeito, o que significa que o valor do coeficiente é maior.

A capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo é menor do que a calculada devido a vários fatores, incluindo obstrução causada por detritos, irregularidades nos

pavimentos das ruas perto das sarjetas e alinhamento real. Na **Tabela 2** e **Tabela 3** são sugeridos alguns coeficientes de redução para estimar essa diminuição.

Tabela 2- Fatores de redução de escoamento das sarjetas

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

Fonte: Adaptado (DAEE/CETESB, 1980).

Tabela 3- Fatores de redução de escoamento para Bocas de Lobo

Localização da 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	50
	combinada (grelha longitudinal)	66
	combinada (grelha com barras transversais)	55

Fonte: Adaptado (MATOS; MAUAD; BARBOSA, 2011).

Nas cidades brasileiras, os tipos mais comuns de bocas de lobo são as simples, que têm uma abertura na guia, por onde a água da sarjeta é captada (COELHO, 2011, p.133).

A boca de lobo com grelha é constituída de uma abertura na sarjeta coberta por uma grelha de barras metálicas ou de concreto e a boca de lobo combinada mista, correspondente à associação da boca de lobo simples com a de grelha. A **Figura 6** ilustra esses casos e mostra também que estas podem estar associadas ou não a depressões na sarjeta, utilizadas para concentrar a vazão captada (COELHO, 2011, p.133).

Como as bocas de lobo funcionam dependendo do tipo escolhido, de como estão posicionadas na sarjeta e das condições hidráulicas dessa área, a quantidade de espaço livre para captar águas pluviais da boca de lobo tem um grande impacto em sua capacidade. Se essa área livre tiver uma grelha, então a capacidade também

será influenciada pelo tamanho, formato e disposição das barras da grelha (COELHO, 2011, p.133).

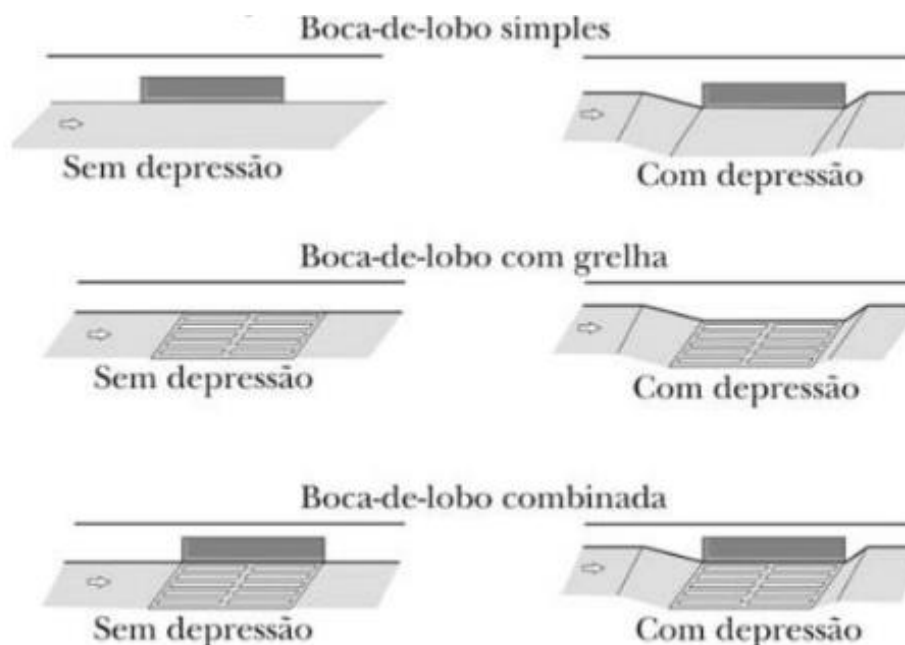


Figura 6- Tipos de Bocas de Lobo. (Fonte: Coelho, 2011)

De acordo com Botelho (1998), a capacidade de absorção da boca de lobo, quando está bem construída e limpa, não excede 60 litros por segundo (l/s). Com base nisso, o tubo de conexão ou ligação não precisa ter um diâmetro superior a 200 mm.

As galerias são tubos usados para transportar as águas da chuva das bocas de lobo ou das conexões privadas até um corpo receptor. Elas precisam ser calculadas e projetadas para suportar um volume estimado que satisfaça as necessidades da população local. Isso assegura que funcionem bem em termos de vazão planejada e que a velocidade máxima seja aceitável de acordo com a rugosidade do material dos tubos usados na rede (ANDRADE, ABREU, 2017).

MEMORIAL DESCRITIVO

PROJETO EXECUTIVO

**Dimensionamento de um sistema de microdrenagem para
o bairro Alto dos Bastos na cidade de Icó-CE**

Proprietário: Emanoela Faustino de Lima

Projeto de Microdrenagem Urbana, compostos pelos seguintes dispositivos: Sarjeta, boca de Logo e Galeria para o Bairro Alto dos Bastos.

Autor e Responsável Técnico:

Emanoela Faustino de Lima

Engenheiro(a) Civil – Matrícula 916210346

Pombal, Paraíba

Maio, 2024

1. Normas e Manuais

Como, até o momento, não há normas específicas para projetos de drenagem, foi utilizado o manual de projeto de Drenagem urbana pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica e da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de 1980, além do Manual de pavimentação urbana; Drenagem: Manual de Projetos de 2008.

Como normas auxiliares necessárias para a elaboração do projeto, foram utilizadas as seguintes normas:

- NBR 12211 - Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água.
- NBR 9648 - Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário.
- NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário.
- NBR 8890 - Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios.

2. Objetivo

1.1. Objetivo Geral

Demonstrar os critérios e diretrizes usados para fazer o projeto de dimensionamento dos dispositivos de microdrenagem de águas pluviais para o Bairro Alto dos Bastos.

1.2. Objetivos Específicos

- Calcular a curva IDF para a região estudada.
- Diagnostica o uso e ocupação do solo da área estudada;

2. Metodologia

Tendo em vista a relevância da gestão de águas pluviais nas áreas urbanas e os efeitos do desenvolvimento econômico municipal, bem como a desatualização da maioria dos PDM nas cidades Brasileiras, foi realizada uma análise da infraestrutura de drenagem na cidade de Icó, localizada na região Centro-Sul do Ceará.

Desta forma, objetiva-se aqui, propor um projeto de microdrenagem para o Bairro Alto dos Bastos. Sua metodologia abrange três frentes: a caracterização da região de estudo com a ajuda do software QGis With Grass 3.34.6, a análise hidrológica da área utilizando dados fornecidos pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e, por fim, o dimensionamento hidráulico de dispositivos de microdrenagem.

3. Localização

O município de Icó situa-se no sudoeste do estado do Ceará, na Mesorregião Centro Sul Cearense (Figura 7), a uma altitude de 153,4 metros. Ao Norte, faz fronteira com Jaguaribe e Pereiro; ao sul, com Umari, Lavras da Mangabeira e Cedro; a leste, com os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba; e a oeste, com Iguatu e Orós. Está a 308 km de distância em linha reta da capital Fortaleza (IPECE, 2017). Possui uma

curta estação chuvosa que vai de fevereiro a abril, possuindo uma precipitação média em torno de 733,9mm.

Segundo o último censo do IBGE (2022), sua área territorial é de 1865,862 km² possuindo uma população de 62.642 habitantes e com 4,7% de urbanização das vias pública.

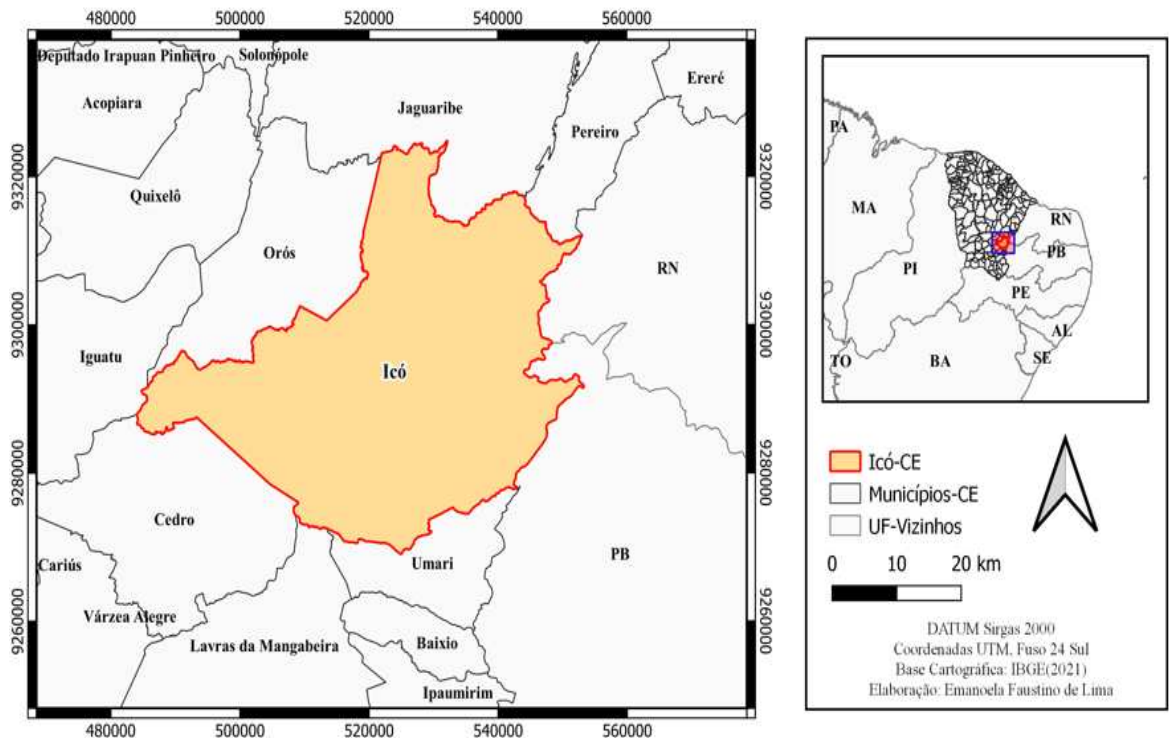


Figura 7- Mapa de Localização do município de Icó. (Fonte: Elaborado pela autora, 2024).

3.1. Caracterização da Área de Estudo

O bairro Alto dos Bastos, apresentado na **Figura 8**, foi a área de estudo desse projeto. Composta por uma área de 0,21 km² é formado principalmente de domicílios, podendo ser considerado um bairro residencial e relativamente novo em comparação ao ano de fundação da cidade.



Figura 8- Mapa de Localização da área de estudo. (Fonte: Elaborado pela autora, 2024).

3.1.1 Uso e ocupação do solo

A taxa de uso e ocupação do solo foi calculada usando o software QGIS versão 3.34.6. Isso foi feito através do processo de vetorização, que envolve a criação de camadas Shapefiles. Em seguida, foram delimitadas áreas específicas e classificadas como ruas em paralelepípedo, ruas de terra, telhados e solo exposto, conforme mostrado na Figura 9.



Figura 9- Mapa de Uso e Ocupação da área de estudo. (Fonte: Elaborado pela autora, 2024).

3.1.2 Curvas de Nível

Para a criação das curvas de nível, utilizou-se o software Civil 3D. Inicialmente, buscou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE) para a área de interesse. O MDE foi adquirido através do site GPS Visualizer e, após o processamento dos dados, estes foram importados para a criação de uma superfície topográfica no software. Em seguida, definiu-se o intervalo de elevação e o estilo de exibição desejados. Posteriormente, as curvas de nível foram geradas a partir da superfície previamente criada, com a seleção de um intervalo de um metro entre elas. As curvas resultantes podem ser observadas na Figura 10.



Figura 10- Curvas de Nível da área de estudo. (Fonte Elaborado pela autora,2024).

As curvas de nível demonstram as elevações de um terreno, revelando a topografia de uma área, sendo essencial para entender o movimento da água no solo, pois a inclinação e as variações de elevação ajudam a prever a direção e a velocidade do escoamento da água da chuva.

3.1.3 Áreas de Contribuição

Após a obtenção das curvas de nível, procedeu-se à definição dos fluxos de água para cada trecho, levando em consideração a cota topográfica em cada

cruzamento de rua. Em seguida, realizou-se o levantamento das áreas contribuintes (**Figura 11**) utilizando o método da bissetriz.



Figura 11- Áreas de contribuição. (Fonte: Elaborado pela autora,2024).

3.2 Dados de Análise

3.2.1 Coeficiente de Manning

Para as sarjetas foi usado o Coeficiente de Manning de 0,016 e para as galerias o valor de 0,013, conforme indicado nas **Tabela 4** e **Tabela 5**, respectivamente.

Tabela 4- Coeficiente de Rugosidade para sarjetas e pavimento

Tipos de Sarjeta ou pavimento	Coeficiente de Manning
Sarjeta em concreto bem acabada	0,012
Pavimento em asfalto com textura lisa	0,013
pavimento em asfalto com textura áspera	0,016
sarjeta em concreto e pavimento em asfalto com textura lisa	0,013

Sarjeta em concreto e pavimento em asfalto com textura áspera	0,013
pavimento em concreto bem acabado	0,014
pavimento em concreto mal acabado	0,016

Fonte: Adaptado FHWA (1996).

Tabela 5- Coeficiente de Rugosidade

Tipo de Conduto	Mínimo	Máximo	Valor Usual
Alvenaria de Tijolos	0,014	0,017	0,015
Tubos de concreto armado	0,011	0,015	0,013
Galeria celular de concreto - pré-moldada	0,012	0,014	0,013
Galeria celular de concreto - forma de madeira	0,015	0,017	0,015
Galeria celular de concreto - forma metálica	0,012	0,014	0,013
Tubos de ferro fundido	0,011	0,015	0,011
Tubos de aço	0,009	0,011	0,011
Tubos corrugados de metal			
68 x 13 mm	0,019	0,021	0,021
76 x 25 mm	0,021	0,025	0,025
152 x 51 mm	0,024	0,028	0,028
Tubos corrugados Polietileno	0,018	0,025	0,025
Tubos de PVC	0,009	0,011	0,011

Fonte: Adaptado Manual de Instruções Técnicas Projetos de Drenagem RJ (2010).

3.2.2 Tempo de Recorrência

O tempo de recorrência, ou período de retorno, a ser usado na determinação da vazão de projeto e, portanto, no dimensionamento dos dispositivos de drenagem, deve ser escolhido de acordo com as indicações apresentadas na **Tabela 6**.

Tabela 6- Tempo de recorrência.

Tipo de Obra	Tipo de Ocupação	Período de Retorno (Anos)
Microdrenagem	Residencial	2
	Comercial	5
	Edifícios de serviços ao público	5
	Aeroportos	2--5
	Áreas comerciais e artérias de tráfego	5--10
Macro-drenagem	Áreas comerciais e residenciais	50--100
	Áreas de importância específica	500

Fonte: Adaptado Tucci (1995).

Assim, levando em conta o crescimento contínuo da área urbana, foi escolhido um período de retorno de 10 anos, superior ao recomendado, para garantir uma vazão

maior e dimensionar sistemas de microdrenagem já preparados para futuras expansões urbanas.

3.2.3 Tempo de Concentração

No método racional, a duração da precipitação máxima de projeto é considerada igual ao tempo de concentração da bacia. Essa condição é válida especialmente para bacias de tamanho reduzido, já que a intensidade da chuva é inversamente proporcional à sua duração. Segundo a fórmula de Kirpich, encontrada no “Califórnia Culverts Practice” (1956), o tempo de concentração mínimo para superfícies urbanas é de 10 minutos, calculado pela equação 1.

$$T_c = 57. \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0,385} \quad (1)$$

Onde,

T_c –Tempo de concentração(min);

L –Comprimento do trecho(km);

H –Desnível do trecho(m).

Após calcular o tempo de concentração (t_c) para cada trecho, conforme mostrado no anexo A, adotou-se um valor mínimo de 10 minutos para todos os trechos.

3.3 Coeficiente de escoamento superficial (C)

Conforme Tucci (1995), o coeficiente de escoamento superficial é influenciado pelas características como tipo de ocupação, cobertura do solo, tipo de solo, período de retorno e intensidade da chuva.

O valor do Coeficiente de Escoamento Superficial de Runoff (C) da bacia foi determinado utilizando a Tabela 1, que está no tópico fundamentação teórica deste documento. Para calcular a vazão máxima, considerando que as áreas contribuintes possuem diferentes valores de C, foi calculado um valor único, conforme a seguinte equação 2:

$$C = \frac{\sum C_i \times A_i}{A} \quad (2)$$

Em que,

C – Coeficiente de escoamento superficial da área(adimensional);

A –Área Contribuinte(m²);

C_i –Coeficiente de escoamento superficial de uma parcela de área(adimensional);

A_i –Parcela de área contribuinte.

Tabela 7-Taxa de Uso e Ocupação do Solo

Uso e Ocupação do Solo	Área	Un	Percentual	C	C x A
solo Exposto	60.033	m ²	28%	0,3	18010
Ruas de Terra	7.454	m ²	4%	0,79	5888
Ruas em Paralelepípedo	36.342	m ²	17%	0,7	25439
Telhados	108.543	m ²	51%	0,95	103115
Área Total	212.371	m²	100%	C médio	0,72

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Assim, o valor de "C" foi calculado com base nos valores da Tabela 7 e foi adotado o valor de 0,75.

4 Especificações

Este projeto não dispõe de estudos estruturais, apenas inclui especificações de serviços e padrões geométricos calculados conforme o tópico "4. Memorial de Cálculo".

4.1 Sarjeta

As sarjetas devem obedecer às dimensões representadas na Tabela 8, e na Figura 12 tem-se uma representação, que pode ser melhor visualizada no Anexo F desse arquivo.

Tabela 8- Parâmetros da sarjeta

w_{rua} (m)	i_{sarj} (%)	i_{rua} (%)	h (m)	n
0,6	5	2	0,15	0,016

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

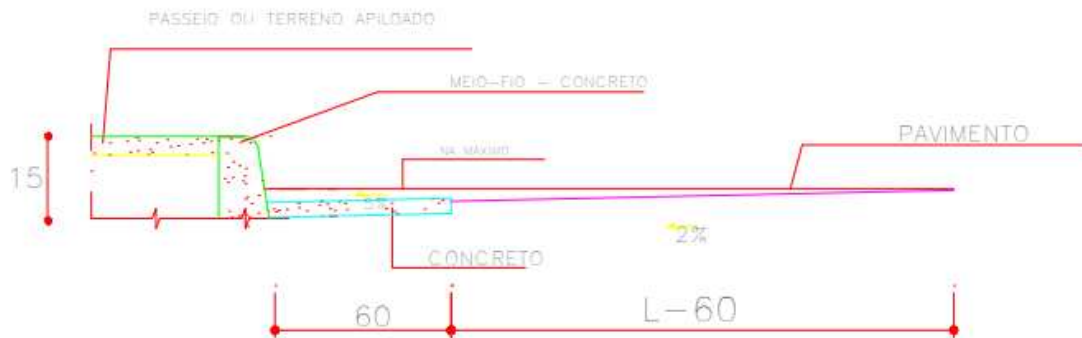


Figura 12- Dimensões da Sarjeta projetada. (Fonte: Elaborado pela autora, 2024).

O concreto empregado na moldagem dos meios-fios e sarjetas devem possuir resistência mínima de 20 MPa no ensaio de compressão simples, aos 28 dias de idade.

As formas para a execução dos meios-fios devem ser metálicas, ou de madeira revestida, que permita acabamento semelhante àquele obtido com o uso de formas metálicas.

Para o assentamento dos meios-fios e sarjetas, o terreno de fundação deve estar com sua superfície devidamente regularizada, de acordo com a seção transversal do projeto, apresentando-se liso e isento de partículas soltas ou sulcadas e, não deve apresentar solos turfosos, micáceos ou que contenham substâncias orgânicas. Devem estar, também, sem quaisquer infiltrações d'água ou umidade excessiva. Para efeito de compactação, o solo deve estar no intervalo de mais ou menos 1,5% em torno da umidade ótima de compactação, referente ao ensaio de Proctor Normal.

Não é permitida a execução dos serviços durante dias de chuva.

Após a compactação, deve-se umedecer ligeiramente o terreno de fundação para o lançamento do lastro. Sobre o terreno de fundação devidamente preparado, deve ser executado o lastro de concreto das sarjetas e sarjetões, de acordo com as dimensões especificadas no projeto.

O lastro deve ser apilado, convenientemente, de modo a não deixar vazios. O assentamento dos meios-fios deve ser feito antes de decorrida uma hora do

lançamento do concreto da base. As peças devem ser escoradas, nas juntas, por meio de bolas de concreto com a mesma resistência da base.

Depois de alinhados os meios-fios, deve ser feita a moldagem das sarjetas, utilizando-se concreto com plasticidade e umidade compatível com seu lançamento nas formas, sem deixar buracos ou ninhos. As sarjetas e sarjetões devem ser moldados *in loco*, com juntas de 1 cm de largura a cada 3 m. Estas juntas devem ser preenchidas com argamassa de cimento e areia de traço 1:3. A colocação do meio-fio deve preceder à execução da sarjeta adjacente. Estes dispositivos devem estar concluídos antes da execução do revestimento betuminoso.

4.2 Bocas de Lobo

Dispositivos de captação nas bordas das estradas urbanas coletam água da chuva e a direcionam para galerias ou outros canais através de tubos. Para segurança, são cobertos com grelhas metálicas ou de concreto por estarem em áreas urbanas.

Para esse projeto, optou-se por uma boca de lobo com caixa de grelha, sem depressão, uma escolha comum devido à sua praticidade. Todas as dimensões foram padronizadas para facilitar a execução do projeto, adotando-se as medidas de 1m x 0,3m, que pode ser visto na **Figura 13** e no Anexo F.

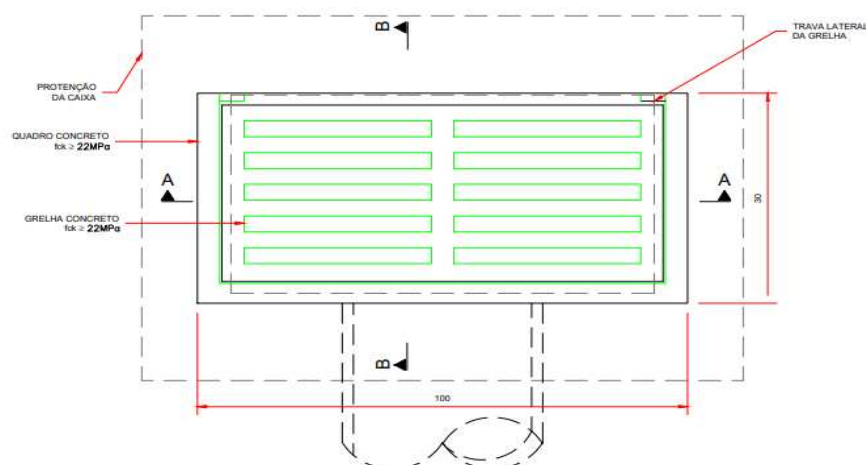


Figura 13- Dimensões da boca de lobo projetada. (Fonte: Elaborado pela autora, 2024).

As escavações devem ser feitas para permitir a instalação dos dispositivos planejados, com uma largura extra adequada nas cavas de assentamento. Após a conclusão da escavação e preparação da superfície do fundo, será realizada a compactação para a fundação da boca de lobo, que será assentada sobre uma base de concreto dosado para alcançar a resistência mínima característica à compressão (Fck_{min}) de 15MPa aos 28 dias.

As paredes devem ser feitas com tijolos maciços cozidos ou blocos de concreto, assentados com argamassa de numa proporção de cimento-areia o traço 1:3. Elas precisam ser revestidas internamente com a mesma argamassa, que devem ser alisadas. Na parte superior, haverá uma cinta de concreto simples, com (Fck_{min}) de 15 MPa aos 28 dias, onde será fixado o quadro para a grelha.

As grelhas podem ser de ferro fundido ou concreto armado e deverá ter as dimensões e formas fixadas no projeto. sendo que a grelha de concreto armado deverá ser dosada para resistência característica a compressão mínima (Fck_{min}) aos 28 dias, de 22Mpa.

4.3 Poços de Visita

Os Poços de visita são caixas intermediárias que se localizam ao longo da rede para permitir modificações de alinhamento, dimensões, declividade ou alterações de quedas.

Devem ser constituídos de duas partes componentes: a câmara de trabalho, na parte inferior e a chaminé que dá acesso à superfície na parte superior. Eles precisam ser executados com as dimensões e características fixadas pelo projetista ou de acordo com o Álbum de projetos–tipo de dispositivos de drenagem do DNER.

Os poços devem ser assentes sobre a superfície resultante da escavação regularizada e compactada, executando-se o lastro com concreto magro dosado para resistência característica à compressão mínima (fck, min), aos 28 dias, de 11MPa. Após a execução do lastro, devem ser instaladas as fôrmas das paredes da câmara de trabalho e os tubos convergentes ao poço.

Em seguida procede-se à colocação das armaduras e à concretagem do fundo da caixa, com a conseqüente vibração, utilizando concreto com resistência característica à compressão mínima (fck, min), aos 28 dias, de 15Mpa.

Concluída a concretagem das paredes, devem ser realizada a desmoldagem, seguindo-se a colocação da laje pré-moldada de cobertura da caixa, executada com concreto dosado para resistência característica à compressão mínima ($f_{ck, \min}$), aos 28 dias, de 22MPa, sendo esta provida de abertura circular com a dimensão da chaminé. A laje de cobertura do poço poderá ser moldada *in loco* executando-se o cimbramento e o painel de fôrmas, posteriormente retirados pela chaminé.

Sobre a laje devem ser instalada a chaminé de alvenaria com tijolos maciços recozidos, rejuntados e revestidos internamente com argamassa de cimento e areia no traço 1:3, em massa. Alternativamente, a chaminé poderá ser executada com anéis de concreto armado, de acordo com os procedimentos fixados na norma NBR 9794/87.

Internamente será fixada na chaminé a escada de marinho, para acesso à câmara de trabalho, com degraus feitos de aço CA-25 de 16 mm de diâmetro, chumbados à alvenaria, distantes um do outro no máximo 30cm.

Na parte superior da chaminé devem ser executada cinta de concreto, onde será colocada a laje de redução, pré-moldada, ajustada para recebimento do caixilho do tampão de ferro fundido. A instalação do poço de visita será concluída com a colocação do tampão especificado. A Figura 14 demonstra como devem ser esses poços de visita.

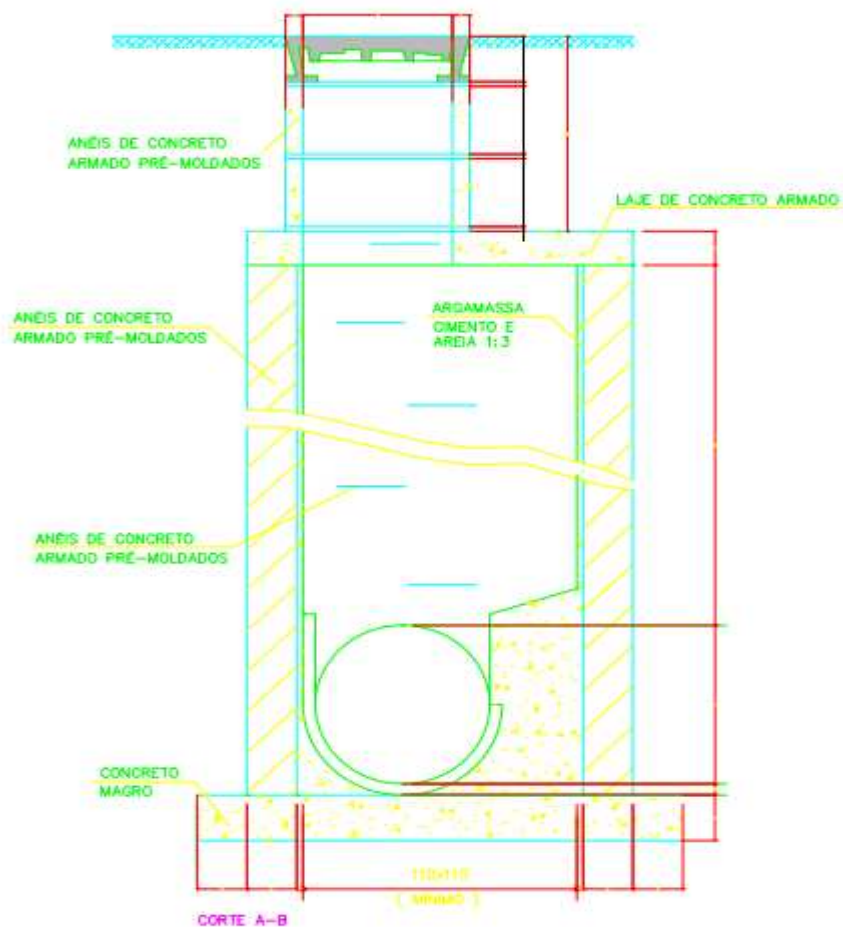


Figura 14- Poço de visita. (Fonte: Elaborado pela autora, 2024).

4.4 Galerias

Um sistema de tubos e dispositivos subterrâneos é usado para levar a água das bocas de lobo até o ponto de escoamento. Os tubos são de concreto armado pré-moldado, em formato circular, com diâmetros de 300 mm e 400 mm, e atendem à classe PA1 conforme a NBR 8890.

A escavação deve remover material até de acordo com as especificações do projeto. As valas seguem o alinhamento da planta baixa, com largura mínima de 2 vezes o diâmetro nominal, com estudos adicionais para solos instáveis. O fundo das valas é limpo, nivelado e compactado, ou substituído por pedra de mão. Valas com mais de 1,50 m de profundidade devem ser escoradas pelo executor. Os tubos não são diretamente assentados no fundo da vala; um berço de apoio (Figura 15) é construído com material granular ou concreto, com superfície lisa. Sulcos devem ser deixados para as juntas de ponta e bolsa dos tubos.

O preenchimento da vala pode ser feito mecanicamente usando o solo escavado, mas não deve incluir pedaços de pavimento, tocos de madeira, raízes ou outros detritos. Ele deve ser compactado com equipamentos como soquete manual, "sapo" mecânico ou placa vibratória, e é responsabilidade de quem executa o trabalho.

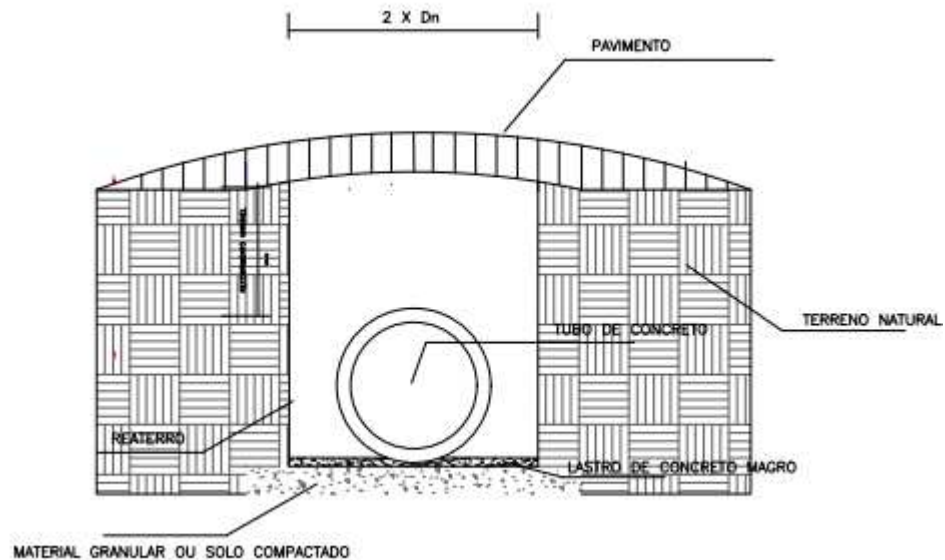


Figura 15- Assentamento da Tubulação de Concreto. (Fonte: Elaborado pela autora, 2024).

5 Quantitativos

A descrição e quantidade de material está apresentada na Tabela 9.

Tabela 9-Quantitativos do projeto

Descrição	Quantidade	Unidade
Sarjeta	6467,154	m
Boca de Lobo	64	un
Poço de visita	29	un
Tubo em concreto PA 1 D=40cm	1377,35	m

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

6 Memorial de Cálculo

6.1 Equação da chuva

Para saber a vazão que vai chegar aos sistemas de drenagem, precisamos descobrir a intensidade de chuva que incidirá sobre as áreas de contribuição. Neste projeto, usou-se a equação das chuvas intensas em Icó, que leva em conta a relação de intensidade, duração e frequência proposto por Tucci (1995). Essa equação nos ajudará a calcular a intensidade da chuva na área que estamos estudando.

Os dados provenientes da estação pluviométrica do município de Icó-CE, foram colhidos no site da ANA (Agência Nacional das Águas e de Saneamento Básico) e foram utilizados para um período abrangendo desde 1912 até 2022, que após tratamento, totalizaram um total de 108 anos de informações diárias de precipitação.

6.1.1 Coleta e análise dos dados

Após a coleta e análise dessa série histórica, os valores máximos diários anuais foram identificados, como evidenciado na **Tabela 10**.

Tabela 10-Dados de chuva máxima diária anual

Ano	Máxima Anual	Ano	Máxima Anual	Ano	Máxima Anual	Ano	Máxima Anual
2022	55	1995	65	1968	73,2	1941	120
2021	95	1994	74,6	1967	73,4	1940	115
2020	47,5	1993	67	1966	87	1939	41
2019	44,5	1992	75	1965	40,3	1938	92,4
2018	52	1991	93	1964	106	1937	73
2017	50	1990	68	1963	40	1936	62
2016	46,5	1989	67	1962	76	1935	76
2015	48	1988	103	1961	45	1934	65
2014	65	1987	60,3	1960	80	1933	61
2013	78	1986	77	1959	82	1932	55
2012	122,5	1985	129	1958	90,2	1931	52,0
2011	95	1984	84	1957	80	1930	83
2010	140	1983	46,2	1956	90	1929	28
2009	106	1982	80	1955	74	1928	4,2
2008	93,5	1981	97,5	1954	80	1924	67,5
2007	63,8	1980	60,8	1953	85	1923	63,1
2006	53,3	1979	80,5	1952	36	1922	100
2005	80	1978	91	1951	55	1921	112
2004	68,1	1977	141	1950	82	1920	118
2003	68,1	1976	40	1949	70	1919	77

2002	68,2	1975	104	1948	57	1918	100,3
2001	68	1974	102	1947	68,5	1917	76,4
2000	99,4	1973	86,5	1946	59	1916	85,3
1999	87,7	1972	60	1945	81	1915	45
1998	39,3	1971	41	1944	81,1	1914	64,2
1997	70	1970	50	1943	77,7	1913	60
1996	59,6	1969	95,2	1942	104	1912	66

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Os dados relativos à precipitação, depois de serem reunidos e processados, são apresentados na Figura 16, o qual ilustra a sequência anual das máximas precipitações diárias de chuva.

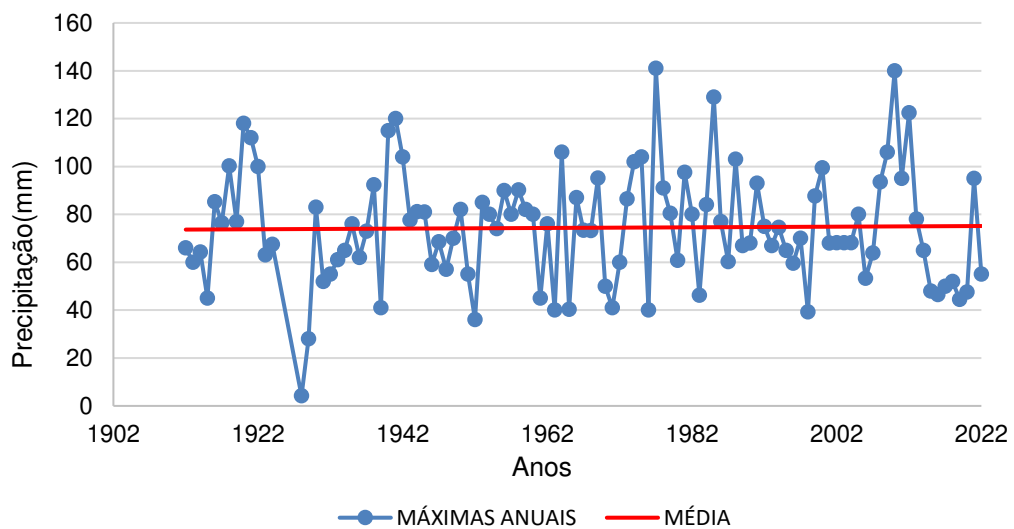


Figura 16- Gráfico com os valores de precipitação(ano). (Fonte: Elaborado pela autora, 2024).

É possível observar um valor significativamente superior à média no ano de 1977, com uma precipitação que ultrapassou os 140 mm. Esses anos podem ser considerados como atípicos.

Para a organização dos dados demonstrados acima, realizou-se a classificação e enumeração em ordem decrescente. Posteriormente, analisou-se a probabilidade observada dada pela Equação 3.

$$P = \frac{i}{N+1} \quad (3)$$

Em que,

P –Frequencia Observada;

i – Posição ocupada pelos dados dentro da série histórica;
 N – Número de anos da série histórica.

E seu período de retorno dado pela Equação 4:

$$T = \frac{1}{P} \quad (4)$$

Onde,

T – período de retorno(anos);

P – probabilidade observada.

Após reunir os dados, pôde-se calcular parâmetros estatísticos, como a média aritmética obtida pela Equação 5 e o desvio padrão dado pela Equação 6.

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 \dots + x_n}{N} \quad (5)$$

Onde,

\bar{x} – média das precipitações (mm);

$x_1 + x_2 \dots + x_n$ – somatório das precipitações (mm);

N – número de anos da série.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_j^N (X - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (6)$$

Em que,

S – desvio padrão da série (mm);

\bar{x} – média das precipitações (mm);

N – número de anos da série.

Para assegurar um ajuste eficaz dos valores de precipitação máxima diária anual, foi aplicado o teste de distribuição estatística Gumbel. Esse teste busca verificar se a série de dados se ajusta aos dados amostrais, comparando os valores de distribuição observada (Equação 7) com os valores de distribuição teórica (Equação 8).

$$\gamma_{obs} = -\ln \left[-\ln \left(\frac{T-1}{T} \right) \right] \quad (7)$$

Em que,

γ_{obs} – Variável reduzida de Gumbel observada(mm);

T – Período de retorno(anos).

$$\gamma_{teo} = \frac{H - \bar{x} + 0,45 \times S_x}{0,7797 \times S_x} \quad (8)$$

Em que,

γ_{teo} – Variável reduzida de Gumbel teórica(mm);

H – Precipitação(mm);

S_x – Desvio padrão(mm);

\bar{x} – Média aritmética(mm).

Com a finalidade de avaliar a qualidade do ajuste dos dados à distribuição estatística, realizou-se o teste X^2 de Pearson ou Qui-Quadrado. Esse teste tem como intuito verificar se a distribuição de Gumbel se ajusta de maneira correta e precisa aos valores de precipitação máxima anual. Para essa análise, foram utilizadas as Equações 9 e 10.

$$H_{teo} = \gamma_{obs} \times 0,7797 \times S_x - S_x \times 0,45 + \bar{x} \quad (9)$$

Onde,

\bar{x} – Média aritmética

H_{teo} – Precipitação teórica (mm);

γ_{obs} – Variável reduzida de Gumbel observada(mm);

S_x – Desvio padrão(mm);

$$X^2_{cal} = \sum \frac{(H - H_{teo})^2}{H} \quad (10)$$

Em que,

X^2_{cal} – Qui-quadrado calculado;

H – precipitação(mm);

H_{teo} – Precipitação teórica(mm).

O X^2_{teo} foi calculado a partir da função “INV.QUIQUA.CD”, dado nível de significância de 0,05 e 107 graus de liberdade. Seguindo o método descrito, foram adquiridas as variáveis teóricas e observadas para toda a série histórica como mostra a Tabela 11.

Tabela 11- Parâmetros de precipitação e variável reduzida de Gumbel

N	H	F	T	Yobs	Yteo	Hteo	X ² cal
1	141	0,0092	109,00	4,686743	21,3475	151,09	20,6717
2	140	0,0183	54,50	3,988955	66,1475	138,07	0,0270
3	129	0,0275	36,33	3,578814	55,1475	130,42	0,0154
4	122,5	0,0367	27,25	3,286418	48,6475	124,97	0,0486
5	120	0,0459	21,80	3,058523	46,1475	120,71	0,0042
6	118	0,0550	18,17	2,871413	44,1475	117,22	0,0051
7	115	0,0642	15,57	2,712434	41,1475	114,26	0,0048
8	112	0,0734	13,63	2,574035	38,1475	111,68	0,0009
9	106	0,0826	12,11	2,451344	32,1475	109,39	0,1050
10	106	0,0917	10,90	2,341035	32,1475	107,33	0,0165
11	104	0,1009	9,91	2,240734	30,1475	105,46	0,0202
12	104	0,1101	9,08	2,14869	30,1475	103,74	0,0006
13	103	0,1193	8,38	2,063571	29,1475	102,16	0,0070
14	102	0,1284	7,79	1,984342	28,1475	100,68	0,0174
15	100,3	0,1376	7,27	1,910184	26,4475	99,29	0,0102
16	100	0,1468	6,81	1,840435	26,1475	97,99	0,0411
17	99,4	0,1560	6,41	1,774553	25,5475	96,76	0,0718
18	97,5	0,1651	6,06	1,712089	23,6475	95,60	0,0378
19	95,2	0,1743	5,74	1,652668	21,3475	94,49	0,0053
20	95	0,1835	5,45	1,595971	21,1475	93,43	0,0263
21	95	0,1927	5,19	1,541728	21,1475	92,42	0,0719
22	93,5	0,2018	4,95	1,489702	19,6475	91,45	0,0459
23	93	0,2110	4,74	1,439693	19,1475	90,52	0,0680
24	92,4	0,2202	4,54	1,391521	18,5475	89,62	0,0862
25	91	0,2294	4,36	1,345033	17,1475	88,75	0,0569
26	90,2	0,2385	4,19	1,30009	16,3475	87,91	0,0594
27	90	0,2477	4,04	1,25657	16,1475	87,10	0,0964
28	87,7	0,2569	3,89	1,214364	13,8475	86,32	0,0222
29	87	0,2661	3,76	1,173375	13,1475	85,55	0,0245
30	86,5	0,2752	3,63	1,133514	12,6475	84,81	0,0338
31	85,3	0,2844	3,52	1,094703	11,4475	84,08	0,0176

32	85	0,2936	3,41	1,056868	11,1475	83,38	0,0316
33	84	0,3028	3,30	1,019946	10,1475	82,69	0,0208
34	83	0,3119	3,21	0,983875	9,1475	82,02	0,0118
35	82	0,3211	3,11	0,9486	8,1475	81,36	0,0051
36	82	0,3303	3,03	0,914072	8,1475	80,71	0,0205
37	81,1	0,3394	2,95	0,880244	7,2475	80,08	0,0129
38	81	0,3486	2,87	0,847073	7,1475	79,46	0,0297
39	80,5	0,3578	2,79	0,814518	6,6475	78,86	0,0342
40	80	0,3670	2,73	0,782544	6,1475	78,26	0,0386
41	80	0,3761	2,66	0,751115	6,1475	77,67	0,0696
42	80	0,3853	2,60	0,720199	6,1475	77,10	0,1092
43	80	0,3945	2,53	0,689767	6,1475	76,53	0,1573
44	80	0,4037	2,48	0,659789	6,1475	75,97	0,2137
45	78	0,4128	2,42	0,630238	4,1475	75,42	0,0883
46	77,7	0,4220	2,37	0,601091	3,8475	74,88	0,1065
47	77	0,4312	2,32	0,572323	3,1475	74,34	0,0952
48	77	0,4404	2,27	0,54391	3,1475	73,81	0,1379
49	76,4	0,4495	2,22	0,515833	2,5475	73,29	0,1323
50	76	0,4587	2,18	0,488069	2,1475	72,77	0,1435
51	76	0,4679	2,14	0,4606	2,1475	72,26	0,1940
52	75	0,4771	2,10	0,433407	1,1475	71,75	0,1474
53	74,6	0,4862	2,06	0,406471	0,7475	71,25	0,1579
54	74	0,4954	2,02	0,379776	0,1475	70,75	0,1495
55	73,4	0,5046	1,98	0,353304	-0,4525	70,25	0,1408
56	73,2	0,5138	1,95	0,327039	-0,6525	69,76	0,1692
57	73	0,5229	1,91	0,300964	-0,8525	69,28	0,2000
58	70	0,5321	1,88	0,275066	-3,8525	68,79	0,0211
59	70	0,5413	1,85	0,249327	-3,8525	68,31	0,0416
60	68,5	0,5505	1,82	0,223734	-5,3525	67,84	0,0065
61	68,2	0,5596	1,79	0,198272	-5,6525	67,36	0,0104
62	68,1	0,5688	1,76	0,172926	-5,7525	66,89	0,0219
63	68,1	0,5780	1,73	0,147681	-5,7525	66,42	0,0426
64	68	0,5872	1,70	0,122523	-5,8525	65,95	0,0637
65	68	0,5963	1,68	0,097438	-5,8525	65,48	0,0968
66	67,5	0,6055	1,65	0,072412	-6,3525	65,01	0,0950
67	67	0,6147	1,63	0,047429	-6,8525	64,55	0,0931
68	67	0,6239	1,60	0,022475	-6,8525	64,08	0,1327
69	66	0,6330	1,58	-0,00247	-7,8525	63,62	0,0892
70	65	0,6422	1,56	-0,02741	-8,8525	63,15	0,0540
71	65	0,6514	1,54	-0,05237	-8,8525	62,69	0,0853
72	65	0,6606	1,51	-0,07736	-8,8525	62,22	0,1241
73	64,2	0,6697	1,49	-0,1024	-9,6525	61,75	0,0969
74	63,8	0,6789	1,47	-0,12751	-10,0525	61,29	0,1032
75	63,1	0,6881	1,45	-0,15271	-10,7525	60,82	0,0858

76	62	0,6972	1,43	-0,17801	-11,8525	60,34	0,0455
77	61	0,7064	1,42	-0,20344	-12,8525	59,87	0,0213
78	60,8	0,7156	1,40	-0,22901	-13,0525	59,39	0,0334
79	60,3	0,7248	1,38	-0,25476	-13,5525	58,91	0,0327
80	60	0,7339	1,36	-0,2807	-13,8525	58,43	0,0423
81	60	0,7431	1,35	-0,30685	-13,8525	57,94	0,0732
82	59,6	0,7523	1,33	-0,33326	-14,2525	57,45	0,0806
83	59	0,7615	1,31	-0,35995	-14,8525	56,95	0,0738
84	57	0,7706	1,30	-0,38694	-16,8525	56,45	0,0054
85	55	0,7798	1,28	-0,41429	-18,8525	55,94	0,0157
86	55	0,7890	1,27	-0,44202	-18,8525	55,42	0,0032
87	55	0,7982	1,25	-0,47019	-18,8525	54,89	0,0002
88	53,3	0,8073	1,24	-0,49885	-20,5525	54,36	0,0206
89	52	0,8165	1,22	-0,52805	-21,8525	53,81	0,0612
90	52	0,8257	1,21	-0,55785	-21,8525	53,26	0,0297
91	50	0,8349	1,20	-0,58833	-23,8525	52,69	0,1373
92	50	0,8440	1,18	-0,61957	-23,8525	52,11	0,0852
93	48	0,8532	1,17	-0,65168	-25,8525	51,51	0,2390
94	47,5	0,8624	1,16	-0,68476	-26,3525	50,89	0,2260
95	46,5	0,8716	1,15	-0,71896	-27,3525	50,25	0,2804
96	46,2	0,8807	1,14	-0,75443	-27,6525	49,59	0,2320
97	45	0,8899	1,12	-0,79138	-28,8525	48,90	0,3114
98	45	0,8991	1,11	-0,83006	-28,8525	48,18	0,2100
99	44,5	0,9083	1,10	-0,87078	-29,3525	47,42	0,1800
100	41	0,9174	1,09	-0,91394	-32,8525	46,62	0,6767
101	41	0,9266	1,08	-0,96008	-32,8525	45,76	0,4943
102	40,3	0,9358	1,07	-1,00994	-33,5525	44,83	0,4570
103	40	0,9450	1,06	-1,06457	-33,8525	43,81	0,3308
104	40	0,9541	1,05	-1,12555	-33,8525	42,67	0,1670
105	39,3	0,9633	1,04	-1,19545	-34,5525	41,37	0,1031
106	36	0,9725	1,03	-1,27891	-37,8525	39,81	0,3644
107	28	0,9817	1,02	-1,38584	-45,8525	37,81	2,5471
108	4,2	0,9908	1,01	-1,54572	-69,6525	34,83	26,9385

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Estes dados deram origem a **Figura 17**, que mostra o ajuste da Distribuição de Gumbel. A média encontrada para a amostra foi de 74,83 com um desvio padrão de 23,92.

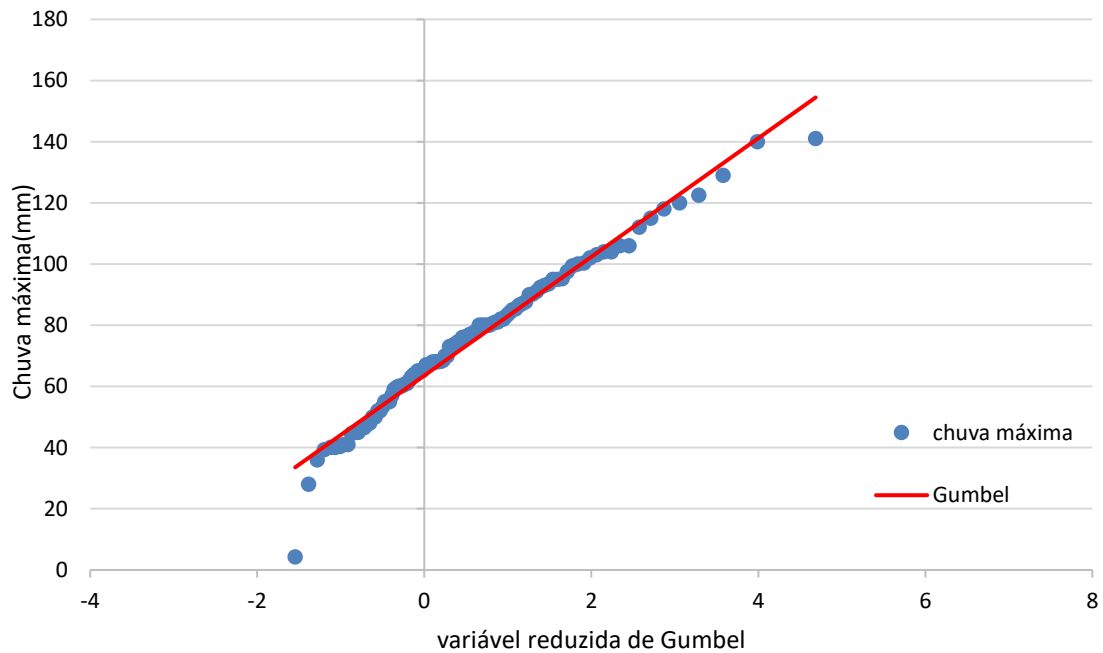


Figura 17- Gráfico do ajuste da distribuição de Gumbel. (Fonte: Elaborado pela autora, 2024).

Na figura, pôde-se observar que os valores registrados para a precipitação e a variável reduzida estão bem ajustados. Para assegurar a qualidade do ajuste, procede-se com a realização do teste de aderência. Conforme apresentado na **Tabela 12**, o valor calculado de χ^2_{cal} é inferior ao valor χ^2_{teo} , o que confirma que os dados sob análise demonstram consistência.

Tabela 12- Parâmetros para teste Qui-Quadrado

n	GL	Alfa	χ^2_{cal}	χ^2_{teo}
108	107	0,05	60,12	132,14

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

No teste qui-quadrado, a soma do qui-quadrado calculado atingiu 60,12, com um nível de significância de 0,05 e 107 graus de liberdade. Isso resultou em um valor teórico de qui-quadrado de 132,14. Podemos afirmar que os dados estão em bom ajuste, já que a hipótese nula de igualdade entre os valores teóricos e observados foi confirmada.

6.1.2 Curvas IDF

Com base nessas mudanças, foram obtidos valores de chuva máxima diária anual referente aos períodos de retorno (T) de 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75 e 100 anos. Com o uso da variável de Gumbel (γ_{obs}) foi calculado o fator de frequência (K_t) dado pela Equação 11.

$$K_t = 0,7797 \times \gamma_{obs} + 0,45 \quad (11)$$

Em que,

K_t –Fator de frequência;

γ_{obs} –Variável reduzida de Gumbel observada.

Logo após, foi encontrada a chuva de projeto (H_t), dada pela equação 12, com duração de 1 dia, para cada período de retorno. Resumindo assim os dados na **Tabela 13**. É possível observar que à medida que o período de retorno aumenta, também aumenta o valor da precipitação.

$$H_t = \bar{x} + K_t \times S_x \quad (12)$$

Em que,

H_t –Chuva de projeto(mm);

K_t –Fator de frequência;

S_x –Desvio padrão(mm);

\bar{x} –Média aritmética(mm)

Tabela 13- Precipitações máximas em função do período de retorno

Período de Retorno (Anos)	Variável reduzida (y)	Fator de frequência KT	Chuva de projeto (mm)
2	0,37	-0,16	70,50
5	1,50	1,62	91,64
10	2,25	2,20	105,64
15	2,67	2,53	113,54
20	2,97	2,77	119,07
30	3,38	3,09	126,79

40	3,68	3,32	132,24
50	3,90	3,49	136,45
75	4,31	3,81	144,07
100	4,60	4,04	149,47

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Com os valores de chuva máxima para cada período de retorno em mãos, foi necessário realizar a desagregação das mesmas de acordo com as diretrizes do método de relações das durações (DAEE/CETESB, 1980), em intervalos menores que variam de 5 a 1440 minutos.

Desse modo, calculou-se para a chuva de 1 dia utilizando o coeficiente de desagregação no valor de 1,14 como mostra a **Tabela 14**, porém a tabela não dispõe todos os coeficientes necessários, desta forma utilizou-se a Equação 13 proposta e adaptada por André Silveira, para a obtenção dos valores desconhecidos.

Tabela 14- Desagregação das Chuvas

Coeficiente de desagregação	Duração	Tempo de Retorno (Anos)									
		2	5	10	15	20	30	40	50	75	100
0,10	5	8,32	10,82	12,47	13,40	14,05	14,96	15,61	16,10	17,00	17,64
0,18	10	14,24	18,51	21,33	22,93	24,05	25,61	26,71	27,56	29,10	30,19
0,23	15	18,16	23,60	27,21	29,24	30,67	32,66	34,06	35,15	37,11	38,50
0,26	20	21,13	27,46	31,66	34,03	35,68	38,00	39,63	40,89	43,18	44,80
0,29	25	23,53	30,59	35,26	37,90	39,74	42,32	44,14	45,54	48,09	49,89
0,32	30	25,56	33,22	38,30	41,16	43,17	45,97	47,94	49,47	52,23	54,19
0,42	60	33,76	43,88	50,59	54,37	57,01	60,71	63,32	65,34	68,99	71,57
0,48	90	38,90	50,56	58,28	62,64	65,69	69,95	72,96	75,28	79,49	82,46
0,53	120	42,69	55,49	63,96	68,74	72,09	76,77	80,06	82,61	87,23	90,50
0,57	150	45,70	59,41	68,48	73,60	77,19	82,20	85,73	88,46	93,40	96,90
0,60	180	48,22	62,68	72,26	77,66	81,44	86,72	90,45	93,33	98,54	102,23
0,63	210	50,38	65,49	75,50	81,14	85,09	90,61	94,50	97,51	102,96	106,82
0,65	240	52,28	67,96	78,34	84,20	88,30	94,03	98,07	101,19	106,84	110,85
0,69	300	55,51	72,15	83,18	89,39	93,75	99,83	104,12	107,43	113,43	117,68
0,72	360	58,19	75,64	87,19	93,71	98,28	104,65	109,15	112,62	118,92	123,37
0,75	420	60,49	78,63	90,64	97,42	102,16	108,79	113,46	117,08	123,62	128,25
0,78	480	62,51	81,25	93,66	100,67	105,57	112,42	117,25	120,98	127,74	132,53
0,80	540	64,31	83,59	96,36	103,56	108,61	115,65	120,62	124,46	131,41	136,34
0,82	600	65,93	85,70	98,79	106,17	111,34	118,57	123,66	127,60	134,73	139,78
0,86	720	68,77	89,39	103,04	110,75	116,14	123,67	128,98	133,09	140,53	145,79
0,90	900	72,29	93,97	108,33	116,43	122,10	130,02	135,60	139,92	147,74	153,27
0,96	1200	76,93	100,00	115,27	123,89	129,92	138,35	144,29	148,89	157,21	163,10

1,14 1440 80,37 104,47 120,43 129,43 135,74 144,54 150,75 155,55 164,24 170,40

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Tabela 15- Tabela com os coeficientes de desagregação para diferentes durações de chuva

Relação entre alturas Pluviométricas	Coeficiente de desagregação
5 min/30min	0,34
10min/30min	0,54
15min/30 min	0,7
20min/30min	0,81
25min/30min	0,91
30min/1h	0,74
1h/24h	0,42
6h/24h	0,72
8h/24h	0,78
10h/24h	0,82
12h/24	0,85

Fonte: Adaptado (CETESB, 1980).

$$C_{24}(t) = e^{1,5 \times \ln\left(\frac{\ln t}{7,3}\right)} \quad (13)$$

Em que,

$C_{24}(t)$ – Coeficiente de desagregação em função da duração;

t – Duração escolhida (min).

Neste contexto, observa-se que o valor da lâmina de água precipitada aumenta à medida que a duração do evento também aumenta. Em seguida, foram registrados os valores máximos de intensidade de chuva, demonstrados na Tabela 16, levando em conta o período de retorno e a duração.

Tabela 16- Intensidades da Chuva

Duração(min)	Tempo de Retorno (Anos)									
	2	5	10	15	20	30	40	50	75	100
5	99,84	129,78	149,60	160,79	168,62	179,56	187,27	193,23	204,03	211,67
10	85,43	111,04	128,00	137,57	144,27	153,63	160,23	165,33	174,57	181,11
15	72,64	94,42	108,84	116,98	122,68	130,63	136,24	140,58	148,44	154,00
20	63,39	82,39	94,98	102,08	107,05	113,99	118,89	122,68	129,53	134,39
25	56,48	73,41	84,63	90,96	95,38	101,57	105,94	109,31	115,42	119,74

30	51,12	66,45	76,60	82,33	86,34	91,94	95,89	98,94	104,47	108,38
60	33,76	43,88	50,59	54,37	57,01	60,71	63,32	65,34	68,99	71,57
90	25,93	33,71	38,86	41,76	43,79	46,63	48,64	50,19	52,99	54,98
120	21,34	27,74	31,98	34,37	36,04	38,38	40,03	41,31	43,61	45,25
150	18,28	23,76	27,39	29,44	30,88	32,88	34,29	35,38	37,36	38,76
180	16,07	20,89	24,09	25,89	27,15	28,91	30,15	31,11	32,85	34,08
210	14,40	18,71	21,57	23,18	24,31	25,89	27,00	27,86	29,42	30,52
240	13,07	16,99	19,59	21,05	22,07	23,51	24,52	25,30	26,71	27,71
300	11,10	14,43	16,64	17,88	18,75	19,97	20,82	21,49	22,69	23,54
360	9,70	12,61	14,53	15,62	16,38	17,44	18,19	18,77	19,82	20,56
420	8,64	11,23	12,95	13,92	14,59	15,54	16,21	16,73	17,66	18,32
480	7,81	10,16	11,71	12,58	13,20	14,05	14,66	15,12	15,97	16,57
540	7,15	9,29	10,71	11,51	12,07	12,85	13,40	13,83	14,60	15,15
600	6,59	8,57	9,88	10,62	11,13	11,86	12,37	12,76	13,47	13,98
720	5,73	7,45	8,59	9,23	9,68	10,31	10,75	11,09	11,71	12,15
900	4,82	6,26	7,22	7,76	8,14	8,67	9,04	9,33	9,85	10,22
1200	3,85	5,00	5,76	6,19	6,50	6,92	7,21	7,44	7,86	8,15
1440	3,35	4,35	5,02	5,39	5,66	6,02	6,28	6,48	6,84	7,10

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Os valores de intensidade máxima foram usados para criar a Figura 18, que representa as curvas de intensidade, duração e frequência. Esse gráfico permite a análise do comportamento dessas curvas.

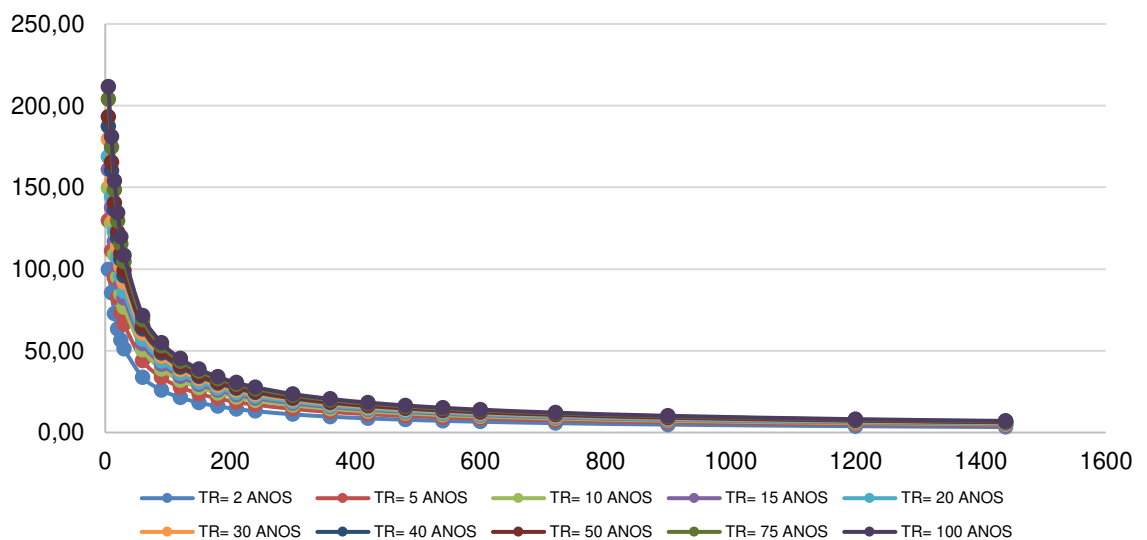


Figura 18- Gráfico das curvas intensidade - Duração - Frequência (IDF). (Fonte: Elaborado pela autora, 2024).

6.1.3 Determinação da equação IDF

A caracterização das chuvas intensas pode ser feita ajustando os parâmetros K , m , n e b da Equação de intensidade, duração e frequência através de uma regressão linear conforme a equação 14 demonstrada abaixo:

$$I = \frac{K \times T^m}{(t+t_0)^n} \quad (14)$$

Onde,

I –intensidade(mm/h);

T –período de retorno(anos);

t –Duração da chuva(min);

K, m, t_0 e n –Parâmetros empíricos que dependem de características locais.

As intensidades de chuvas para as durações de 5 a 1440 min e períodos de retornos citados foram utilizados para a confecção das curvas I-D-F (Figura 18) representadas pela Equação 15 de chuvas intensas.

$$i = \frac{C}{(t+t_0)} = \frac{K \times T^m}{(t+t_0)^n} \quad (15)$$

Em que,

i –intensidade(mm/h);

T –período de retorno(anos);

t –Duração da chuva;

K, m, t_0 e n –Parâmetros empíricos que dependem de características locais.

Os parâmetros empíricos são determinados por meio da equação da chuva que é realizada por meio da regressão linear, utilizando os métodos mínimos quadrados. Desse modo, foi realizado o procedimento de linearização da Equação 15, aplicando-se logaritmo dos dois lados da equação transformando-a em uma equação reta, gerando as seguintes expressões (Equação 16 e Equação 17):

$$\log i = \log a - n \log(t + t_0) \quad (16)$$

$$\log C = \log k - m \log(T) \quad (17)$$

Nota-se a semelhança entre a equação linear $y = b - a.x$ e as equações citadas acima. Logo, o coeficiente angular (a) das retas apresentadas equivalem aos parâmetros “n” e “m”, e o coeficiente linear (b) são os valores de Log(C) e Log(K).

Para Transformar o Gráfico 3 de curvas em equações lineares, é necessário ajustar o valor de duração à um valor $t_0=13$ encontrado através de tentativas e erros as quais resultassem em um valor R^2 próximo a 1 (um), e aplica-se logaritmo aos dados analisados. Gerando assim o Gráfico 4, possuindo valor de $R^2=0,9999$, e nos quais os valores dos coeficientes lineares e angulares serão utilizados para obter os parâmetros da equação da chuva.

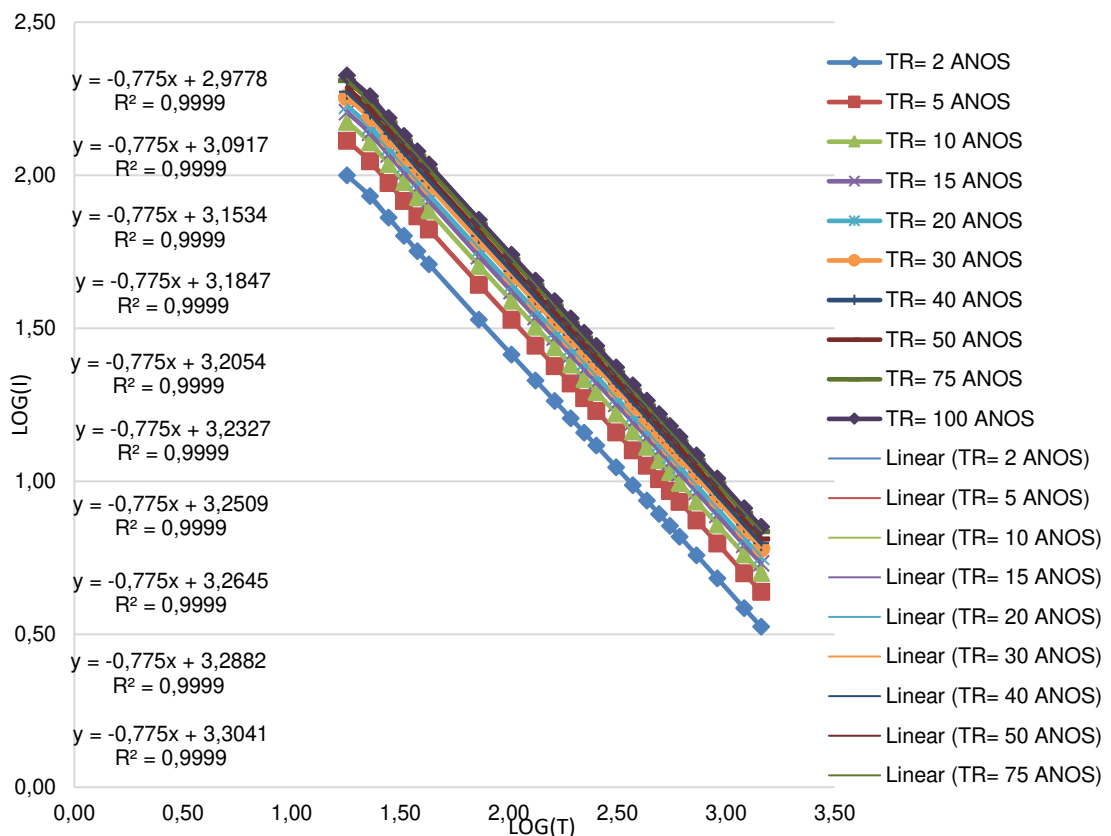


Figura 19- Distribuição Linear das curvas IDF. (Fonte: Elaborado pela autora, 2024).

Assim, é realizado novo gráfico aplicando logaritmo no período de retorno (T) e os dados Log(C) obtidos pelos coeficientes angulares apresentados no Gráfico 4. Assim resultando a **Tabela 17** e a Figura 20.

Tabela 17- Logaritmo do tempo.

Tempo de Retorno (Anos)	Log T	C
2	0,3010	2,9778
5	0,6990	3,0917
10	1,000	3,1534
15	1,1761	3,1847
20	1,3010	3,2054
30	1,4771	3,2327
40	1,6021	3,2509
50	1,6990	3,2645
75	1,8751	3,2882
100	2,000	3,3041

Fonte: Elaborado pela autora, 2023.

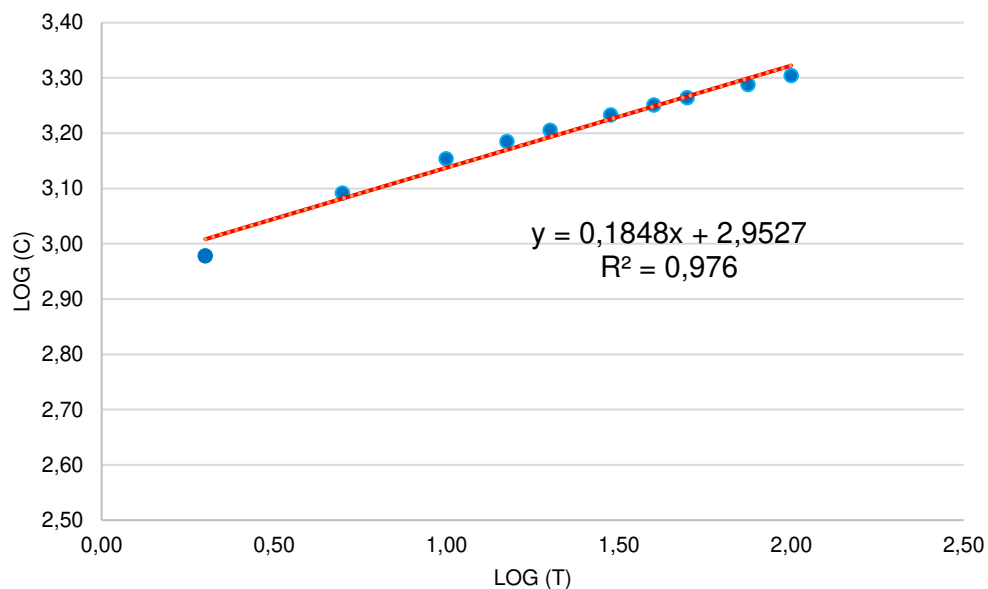


Figura 20- Log(T) x Log(C). (Fonte: Elaborado pela autora, 2024).

Com os parâmetros encontrados na Tabela 18, é possível construir a equação de chuva. Nesse contexto, os parâmetros "m" e "K" foram derivados da equação da reta da Figura 20, enquanto o valor de "n" foi obtido a partir das equações apresentadas no Figura 19.

Tabela 18- Parâmetros IDF

Parâmetros

t0	13
n	0,775
k	896,81
m	0,1848

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

Por último, a equação de chuva para o município de Icó-CE, abrangendo períodos de retorno de 2 a 100 anos, foi estabelecida, como demonstrado na equação 18.

$$i = \frac{896,81 \times T^{0,1848}}{(t+13)^{0,775}} \quad (18)$$

6.2 Dimensionamento das sarjetas

As sarjetas são canais longitudinais localizados entre o meio-fio e a pista, geralmente com formato triangular. Elas servem para levar a água da chuva que corre na superfície da rua até o local de captação ou deságue

6.2.1 Declividade Longitudinal da Sarjeta

A inclinação da sarjeta segue o mesmo caminho que as ruas. Ao calcular a diferença de altura dividida pelo comprimento de cada trecho como demonstrada na Equação 19, foi possível determinar a inclinação de cada uma delas.

$$S = \frac{C_m - C_j}{L} \quad (19)$$

Onde,

S –Declividade longitudinal(m/m);

C_m –Cota Montante (m);

C_j –Cota jusante (m);

L –Comprimento do trecho (m).

6.2.2 Áreas de Contribuição

As áreas que contribuem foram delimitadas usando as curvas de nível que já tínhamos, levando em conta também a elevação das ruas, seguindo o seu comprimento.

A Figura 11 mostra as áreas de contribuição parciais. Elas podem ser examinadas com mais detalhes no projeto em Anexo D. Os dados correspondentes estão na Tabela 01 em Anexo A. Para calcular as vazões, usamos as áreas acumuladas. Isso significa que, quando a água não é captada, ela segue para a próxima sarjeta, acumulando-se ao longo do caminho.

6.2.3 Vazão de Contribuição

As vazões de contribuição são determinadas usando o método racional (Equação 20). Este método considera a intensidade da chuva calculada na seção "Determinação da Equação IDF" e a área onde ela vai cair, que já foi calculada anteriormente.

$$Q_c = 0,278.C.I.A \quad (20)$$

Em que,

Q_c –Vazão de contribuição(m³/s);

C –Coeficiente de Escoamento superficial;

I –Intensidade de precipitação(mm/h);

A –Área da Bacia de contribuição(km²);

A intensidade de chuva utilizada foi de 106,304mm/h, onde o período de retorno (Tr) utilizado foi de 10 anos, e o tempo de concentração foi o mínimo de 10 minutos.

6.2.4. Sarjeta adotada

Foi feita a escolha de um padrão de sarjeta que fosse eficiente e econômico para o projeto. Aqui estão os parâmetros da sarjeta escolhida (Tabela 19):

Tabela 19-Formulas dos parâmetros geométricos da sarjeta

Z	Z_0	Z_1	y_1	y_2
$w \cdot i_{sarj}$	$\frac{1}{i_{sarj}}$	$\frac{1}{i_{rua}}$	$y_1 + H$	$(i_{sarj} \cdot w) - y_0$

Fonte: Elaborado pela autora,2024.

Em que:

H –Altura da sarjeta(y_0 - y_1) (m);

z_0 –declividade transversal da sarjeta(m);

z_1 –Declividade transversal da rua(m);

y_0 –lâmina d'água;

y_1 –Altura do triangulo formado pela declividade da rua(m);

w –comprimento dá sarjeta(m);

i_{sarj} –Inclinação transversal da Sarjeta (%);

i_{rua} –Inclinação transversal da Rua (%);

Assim a sarjeta escolhida teve os seguintes parâmetros exemplificados na Tabela 20.

Tabela 20-Parâmetros adotados para a sarjeta padrão

w_{rua}	i_{sarj}	i_{rua}	h	n
(m)	(%)	(%)	(m)	
0,6	5	2	0,15	0,016

Fonte: Elaborado pela autora,2024.

6.2.5. Vazão máxima suportada pela sarjeta

Utilizou-se a fórmula modificada de Manning por Izzard para calcular a capacidade máxima de vazão que a sarjeta pode suportar. Esta fórmula leva em conta

que parte da via é asfaltada, chamada de sarjeta composta, e é expressa pela Equação 21:

$$Q_{st} = 0,375 \times \left(\frac{z_0}{n} \times y_0^{\frac{8}{3}} - \frac{z_0}{n} \times y_1^{\frac{8}{3}} + \frac{z_1}{n} \times y_1^{\frac{8}{3}} \right) \times S^{1/2} \quad (21)$$

Em que,

Q_{st} –Vazão teórica da sarjeta(m³/s);

z_0 –declividade transversal da sarjeta(m);

z_1 –Declividade transversal da rua(m);

y_0 –lâmina d'água;

y_1 –Altura do triangulo formado pela declividade da rua(m);

n –Coeficiente de Manning;

S –Declividade longitudinal(m/m);

Depois de calcular a capacidade de vazão que a sarjeta pode suportar, é necessário aplicar um fator de correção (consulte a Tabela 7). Esse fator leva em conta possíveis obstruções por sedimentos, lixo ou problemas na construção, conforme expresso na Equação 22:

$$Q_{adm} = Q_{st} \times F_r \quad (22)$$

Em que,

Q_{adm} –Vazão admissível da sarjeta(m³/s);

Q_{st} –Vazão teórica da sarjeta(m³/s);

F_r –fator de redução.

Depois disso, calculamos a velocidade do fluxo nas sarjetas, garantindo que não ultrapasse 3,5 m/s, pois velocidades muito altas podem causar danos à estrutura. Para verificar isso, usamos a Equação 23:

$$v = 0,958 \times \left(\frac{1}{z^{1/4}}\right) \times \left(\frac{S^{1/2}}{n}\right) \times Q^{1/4} \quad (23)$$

Em que,

v – velocidade da sarjeta(m/s);

z – declividade transversal da rua(m);

n – Coeficiente de Manning;

Q – Vazão teórica da sarjeta(m³/s).

Por último, foi analisado cada trecho para verificar se a vazão de água que chega à sarjeta escolhida é maior do que a vazão máxima que ela pode suportar. Se for, é preciso instalar uma boca de lobo nesse trecho.

6.3 Dimensionamento das bocas de lobo

Então, como explicado anteriormente, verificou-se a necessidade de instalar uma boca de lobo. Se a vazão de projeto for maior do que a vazão teórica que a sarjeta pode captar, é necessário colocar bocas de lobo. Para manter o projeto consistente, deve-se instalar bocas de lobo em ambos os lados da rua, mesmo que apenas um lado seja necessário, para facilitar a execução e evitar erros.

Quando a água se acumula sobre a boca de lobo, forma-se uma camada de água mais fina do que a abertura no meio-fio. Isso faz com que ela funcione como um vertedouro de seção retangular. A capacidade de engolimento das bocas de lobo tipo grelha, sem depressão, é calculada pela Equação 24:

$$Q_{eng} = 1,7 \times (2l + b) \times y^{1/2} \times F_r \quad (24)$$

Onde,

Q_{eng} – vazão de engolimento(m³/s);

l – comprimento da boca de lobo(m);

b – largura da boca de lobo(m);

y – altura da lâmina de água(m);

O modelo selecionado para o projeto foi a boca de lobo com caixa de grelha sem depressão, uma escolha comum devido à sua praticidade. Todas as dimensões da boca de lobo foram padronizadas para facilitar a execução do projeto, adotando-se as dimensões de 1 m x 0,3m. A planilha de dimensionamento encontra-se no Anexo B desse material.

6.4 Dimensionamento das Galerias

Para começar a projetar as galerias, primeiro é necessário determinar os fluxos de água seguindo as curvas de nível. Em seguida, posiciona-se os poços de visita em mudanças de direção e de forma estratégica para receber as vazões das bocas de lobo.

Depois de posicionar os poços de visita e determinar os fluxos de água, houve a medição das distâncias entre os poços de visita e as vazões das bocas de lobo para cada trecho da galeria. Leva-se em conta que o tempo de concentração mínimo de 10 minutos é maior do que o tempo de concentração acumulado nos trechos, então utilizaram-se as vazões das bocas de lobo diretamente.

Depois de calcular a vazão Q para todos os trechos, registraram-se as alturas montante e jusante de cada um deles para calcular as declividades dos trechos. Para calcular os diâmetros mínimos das galerias, usa-se uma equação. No entanto, para manter a padronização, optou-se por adotar diâmetros comerciais calculados por meio da Equação 25.

$$D = 1,55 \times \left(\frac{Q \cdot n}{S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (25)$$

Em que,

D – Diâmetro da tubulação(m);

Q – vazão recebida das bocas de lobo(m³/s);

n – coeficiente de Manning;

S –declividade do trecho(m/m);

Com todos os diâmetros calculados, adotou-se diâmetros comerciais. para padronização do projeto em questão foi utilizado $D_{mín}=400\text{mm}$, e então realizou-se o cálculo da lâmina percentual y/D . Para a determinação de y/D , deve--se, primeiramente determinar o fator hidráulico (FH), que é dado pela equação 26

$$FH = \frac{Q \cdot n}{D^{8/3} \cdot S^{1/2}} \quad (26)$$

Em que,

FH –fator hidráulico;

Q –vazão máxima de condução(m^3/s);

n –coeficiente de Manning;

D –Diâmetro adotado(m);

S –declividade do trecho(m/m);

Com os Fatores Hidráulicos de cada trecho determinado, pode-se calcular os y/D (Equação 27):

$$\frac{y}{D} = 1,14 \times FH^{0,482} \quad (27)$$

FH –fator hidráulico;

$\frac{y}{D}$ –lâmina percentual;

A altura da lâmina d'água do conduto não deve ultrapassar 0,85m.

Por último, verifica-se a velocidade do escoamento (Equação 28). Segundo Tucci (1995), a velocidade nos condutos não deve ser menor que 0,75 m/s nem maior que 5 m/s. Se estiver fora desses limites, pode ocorrer sedimentação e ruptura nas tubulações. Uma solução recomendada é ajustar o diâmetro.

$$v = 0,397 \times D^{2/3} \times \frac{\sqrt{S}}{n} \quad (28)$$

Em que,

v – velocidade(m/s);

D – diâmetro adotado(m/s);

n – coeficiente de Manning;

S – declividade do trecho(m/m);

A planilha de dimensionamento das Galerias encontra-se no Anexo C desse Material.

7. Conclusões

Realizou-se este estudo com o intuito de propor um projeto de microdrenagem urbana para o bairro Alto dos Bastos em Icó/CE para lidar com os problemas causados pelas chuvas nessa área.

Neste estudo, foi necessário obter a equação de chuva do município. A relação IDF foi calculada usando o método de desagregação da chuva de um dia. Os dados hidrológicos foram ajustados usando o modelo probabilístico de distribuição de Gumbel e validados com o teste Qui-Quadrado, garantindo a consistência dos dados, que apresentaram um alto coeficiente de determinação ($R^2= 0,9999$).

Os parâmetros hidráulicos foram determinados de acordo com o método racional, comumente aplicado em bacias de até 2 km². O dimensionamento foi feito para um período de retorno de 10 anos, com um tempo de concentração mínimo de 10 minutos. Constatou-se que 36 trechos de sarjeta não são capazes de lidar com a vazão de projeto. Portanto, será necessário instalar 64 bocas de lobo e 1377,35 metros de galeria pluvial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. NBR 12211:2011. Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro, 2011.
- ABNT. NBR 9648:1986. Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
- ABNT. NBR 9649:1986. Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
- ABNT. NBR 8890:2007. Tubos de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários - Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro, 2007.
- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Hidroweb. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>. Acesso em: 11 fev. 2024.
- ALBUQUERQUE, J. Contextualizando o ensino de geografia: um mergulho no ciclo hidrológico. 2022. Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras-PB. Acesso em: 18 fev. 2024.
- Assumpção, T. Mudanças nas cidades e a revisão dos Planos Diretores. In: Urban Systems - Blog. 2021. Disponível em: <https://blog.urbansystems.com.br/mudancas-nas-cidades-e-a-revisao-dos-planos-diretores/>. Acesso em: 19 jan. 2024.
- BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BEZERRA, A. M. *et al.* Drenagem urbana de águas pluviais: cenário atual do sistema da cidade de Assú/RN. 2016. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/IX-040.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2024.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde - FNS. Manual de saneamento. 5ª edição. Brasília: Funasa, 2019b. 545 p. Disponível em: https://repositorio.funasa.gov.br/bitstream/handle/123456789/506/Manual_de_Saneamento_Funasa_5a_Edicao.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 21 abril. 2024.
- CABRAL, L.; CÂNDIDO, G. Urbanização, vulnerabilidade, resiliência: relações conceituais e compreensões de causa e efeito. p. 1–13, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.AO08>. Acesso em: 16 fev. 2024.
- COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013.
- DAEE; CETESB. Manual de Projeto de Drenagem Urbana. São Paulo, 1980.
- DER - Departamento De Estradas De Rodagem. Especificação técnica, meiofio, sarjetas e sarjetões. São Paulo, 2006.

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Drenagem - Dispositivos de drenagem pluvial urbana - Especificação de serviço. Espírito Santo, 2004.

DINIZ, M. Dimensionamento de microdrenagem da cidade de Curral Velho - PB 2022. - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2022. Disponível em: Acesso em: 24 fev. 2024.

DIOGO, D. A capacidade municipal na gestão dos riscos e desastres sob a perspectiva das mudanças climáticas: A cidade de santo André. 2021. 166 f. Dissertação de Mestrado - Faculdade Latino-Americana De Ciências Sociais Fundação Perseu Abramo, São Paulo, 2021. Acesso em: 17 jan. 2024.

DIOGO, J.; SCIAMMARELLA, J. MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO URBANA; Drenagem: Manual de Projetos. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Pavimentação, 2008. v. 2 Disponível em: Acesso em: 11 abr. 2024.

FHWA - Federal Highway Administration. United States Department of Transportation, 1996.

GARCEZ, Lucas Nogueira. Elementos de engenharia hidráulica e sanitária. 2ª edição. São Paulo: Blucher, 1976.

HORNINK, G. G. H2O: o ciclo de vida. 2016. Disponível em: https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/206074/2/H2O_ebook.pdf. Acesso em: 19 fev. 2024.

IPECE. Perfil Municipal-Icó. O Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), 2017.

Manual de Pavimentação Urbana; Drenagem: Manual de Projetos. 2008.

MAMÉDIO, F. M. P.; CASTRO, N. M. dos R.; CORSEULI, C. W. Tempo de concentração para bacias rurais monitoradas na região do planalto basáltico no Sul do Brasil. Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 15, n. 2018, 2018. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/39>. Acesso em: 25 fev. 2024.

MATOS, A.; MAUAD, A.; BARBOSA, A. Metodologia para a Caracterização do Coeficiente de Manning Variando na Seção Transversal e ao Longo do Canal Estudo de Caso Bacia do Alto Sapucaí-MG. [s. l.], v. 16, n. 4, p. 8, 2011.

OLIVEIRA, V. Dimensionamento de canal utilizando como modelo chuva-vazão o método Santa Bárbara. 2021. - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2021. Acesso em: 24 fev. 2024.

PASCHOAL, R. Usos da água e necessidades de tratamento para consumo humano. 2012. - Universidade Federal De Juiz De Fora, Juiz de fora, 2012. Disponível em: <https://www2.ufjf.br/engenhariacivil/files/2012/10/TCC-Renan-da-Silva-Paschoal.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2024.

PEREIRA, D. Dimensionamento De Canal De Macrodrenagem Urbana Utilizando Os Modelos De Chuva-Vazão: SCS e o Santa Bárbara (HUSB). 2023. - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2023. Disponível em: Acesso em: 19 fev. 2024.

PEREIRA, M. C. A.; LIMA, J. R. A. de. Dimensionamento dos sistemas de coleta de esgoto e drenagem urbana do Loteamento Luar Pinto Gadelha, na Cidade de Sousa-PB. 2022. bachelorThesis, 2022. Acesso em: 21 abril. 2023.

PINTO, E. Atlas Pluviométrico do Brasil. SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL-CPRM, 2020. Disponível em: Acesso em: 22 fev. 2024.

SANTOS, J. Proposta de sistema de Microdrenagem Urbana para o bairro Maternidade no município de Patos/pb. 2023. 83 f. Bacharel em Engenharia Civil - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB, 2023.

SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO. Panorama do Saneamento Básico no Brasil. Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021. Disponível em: Acesso em: 11 maio 2024.

SERVICE MAP. O que é uma Bacia Hidrográfica? – SERVICE MAP. *In*: 18 jul. 2017. Disponível em: <https://www.servicemap.com.br/blog/o-que-e-uma-bacia-hidrografica/>. Acesso em: 5 mar. 2024.

SILVA, A. A situação atual do saneamento ambiental em favelas brasileiras. 2023. 54 f. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de São Carlos, Buri-SP, 2023.

SOTTO, D. *et al.* Sustentabilidade urbana: dimensões conceituais e instrumentos legais de implementação. p. 1–20, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2019.3397.004>. Acesso em: 16 fev. 2024.

TOMAZ, P. Curso de Manejo de Águas Pluviais. Distribuição de Gumbel e Log-Pearson Tipo III. 2016. v. Capítulo 151 Disponível em: <https://docplayer.com.br/74140056-Capitulo-151-distribuicao-de-gumbel-e-log-pearson-tipo-iii.html>. Acesso em: 21 fev. 2024.

TUCCI, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. v. 5, 2000.

TUCCI, C. E. M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. 2005. Disponível em: Acesso em: 19 fev. 2024.

USGS. O Ciclo d'água, The water cycle, Portuguese | U.S. Geological Survey. 2019. Disponível em: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/o-ciclo-dagua-water-cycle-portuguese>. Acesso em: 4 mar. 2024.

WATANABE, R. 5-Área de Contribuição. *In*: DRENAGEM URBANA. 2023. Disponível em: www.ebanataw.com.br/drenagem/drenagem.htm. Acesso em: 12 abr. 2024.

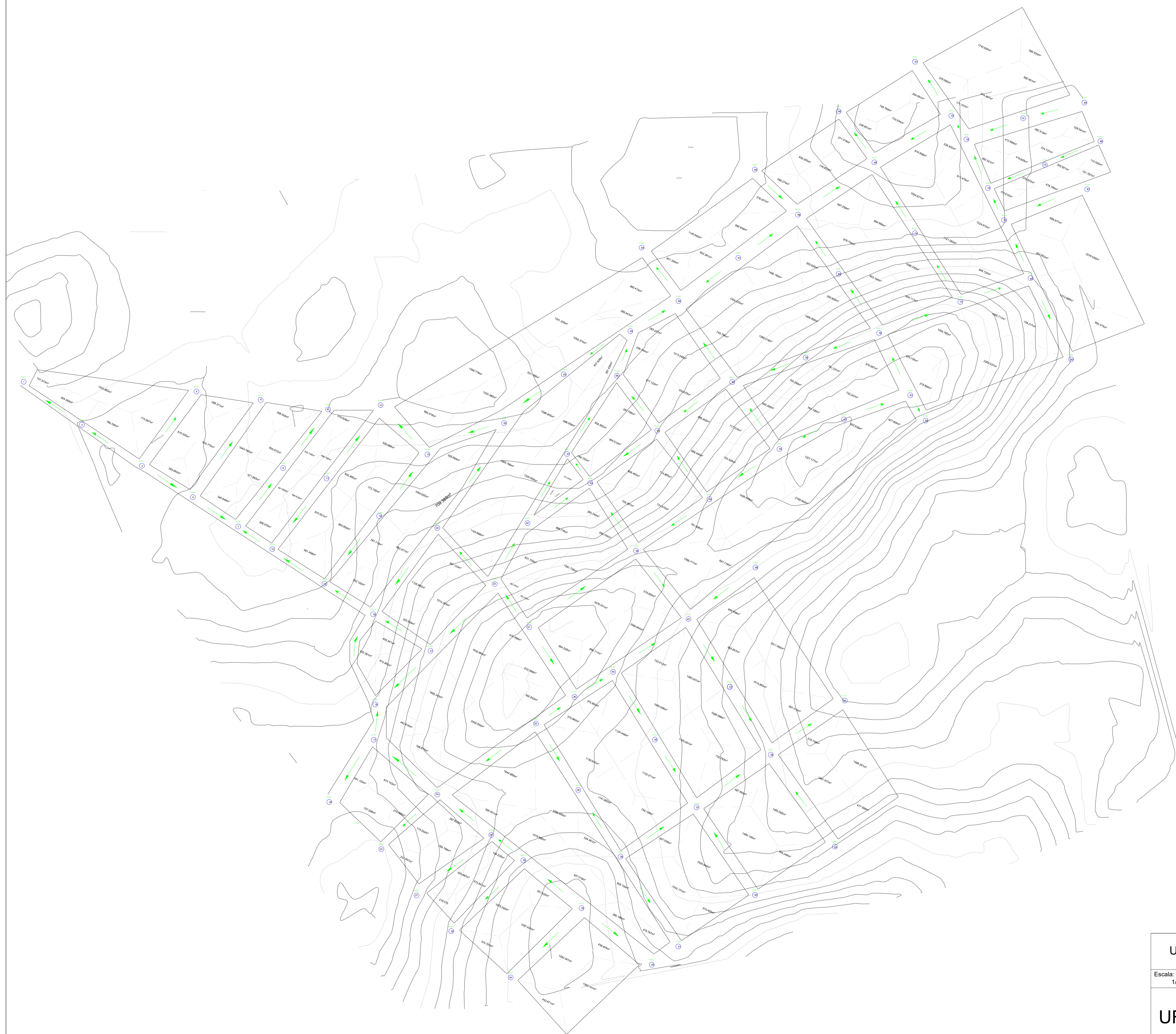
70 - 69	Rua	153,617	152,664	64,080	1,5%	819,569	733,534	8355,662	10212,184	2,43	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,161	0,196	0,097	0,8	0,078	1,533	ATENDE	SIM	SIM
71 - 69	Rua	158,000	152,664	93,652	5,7%	994,999	1004,677	3944,180	4404,419	1,94	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,076	0,085	0,190	0,6	0,114	3,548	ATENDE	NÃO	NÃO
72 - 70	Rua	154,252	153,617	20,017	3,2%	236,532	171,107	7536,093	9478,650	0,74	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,145	0,182	0,142	0,5	0,071	2,461	ATENDE	SIM	SIM
73 - 72	Rua	157,149	154,252	87,957	3,3%	795,820	1966,929	1178,334	2959,390	2,28	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,023	0,057	0,144	0,8	0,116	2,519	ATENDE	NÃO	NÃO
74 - 72	Rua	155,250	154,252	37,768	2,6%	817,476	300,321	6121,227	6348,153	1,30	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,118	0,122	0,129	0,8	0,103	2,195	ATENDE	SIM	SIM
75 - 74	Rua	157,656	155,250	86,692	2,8%	582,988	793,767	888,489	1168,504	2,41	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,017	0,022	0,133	0,8	0,106	2,263	ATENDE	NÃO	NÃO
76 - 56	Rua	165,605	163,471	55,106	3,9%	761,231	1466,950	1970,065	2540,324	1,50	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,038	0,049	0,157	0,8	0,125	2,787	ATENDE	NÃO	NÃO
76 - 77	Rua	165,605	164,345	61,965	2,0%	644,117	1204,785	1852,951	2278,159	2,10	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,036	0,044	0,113	0,8	0,091	1,863	ATENDE	NÃO	NÃO
76 - 84	Rua	165,605	159,398	99,055	6,3%	560,830	953,164	1769,664	2026,538	1,95	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,034	0,039	0,199	0,5	0,100	3,765	ATENDE	NÃO	NÃO
77 - 71	Rua	164,232	158,480	93,994	6,1%	1096,230	1121,583	2949,181	3399,742	1,89	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,057	0,065	0,197	0,5	0,098	3,710	ATENDE	NÃO	NÃO
77 - 80	Rua	164,232	161,295	62,673	4,7%	648,724	1095,717	2501,675	3373,876	1,54	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,048	0,065	0,172	0,5	0,086	3,140	ATENDE	NÃO	NÃO
78 - 74	Rua	155,972	155,250	25,553	2,8%	741,252	175,610	4415,262	4879,328	0,94	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,085	0,094	0,134	0,8	0,107	2,289	ATENDE	NÃO	NÃO
80 - 78	Rua	159,131	155,972	75,371	4,2%	483,358	851,652	2985,033	4225,528	1,85	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,057	0,081	0,163	0,5	0,081	2,928	ATENDE	NÃO	NÃO
80 - 83	Rua	159,131	157,924	64,685	1,9%	1212,869	738,217	3714,544	4112,093	2,24	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,071	0,079	0,109	0,8	0,087	1,766	ATENDE	NÃO	NÃO
81 - 76	Rua	168,589	165,605	59,495	5,0%	476,587	570,735	1208,834	1073,374	1,44	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,023	0,021	0,178	0,8	0,143	3,276	ATENDE	NÃO	NÃO
81 - 82	Rua	168,589	167,633	21,101	4,5%	218,894	427,804	951,141	930,443	0,67	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,018	0,018	0,169	0,5	0,085	3,074	ATENDE	NÃO	NÃO
84 - 68	Rua	159,398	155,100	91,055	4,7%	550,830	979,734	2320,494	3006,272	2,04	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,045	0,058	0,173	0,5	0,086	3,154	ATENDE	NÃO	NÃO
85 - 73	Rua	157,472	157,149	45,052	0,7%	382,514	992,461	-	-	2,45	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,007	0,019	0,067	0,5	0,034	0,971	ATENDE	NÃO	NÃO
86 - 75	Rua	158,212	157,656	42,886	1,3%	305,501	374,737	-	-	1,88	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,006	0,007	0,091	0,8	0,072	1,407	ATENDE	NÃO	NÃO
87 - 78	Rua	157,725	155,972	63,112	2,8%	688,977	478,190	-	-	1,89	10	106,304	20	50	0,08	0,05	0,013	0,009	0,133	0,8	0,106	2,264	ATENDE	NÃO	NÃO




ANEXO B- Planilha de Dimensionamento das Bocas de Lobo

Trecho	L (m)	S (m/m)	Qc(m³/s)		Qst (m³/s)	FR	Qadm (m³/s)	v(m/s)	Dimensões BL		y m	Qexc(m³/s)		Qeng	Qnt. BL	
			ME	MD					l(m)	b(m)		ME	MD		D	E
7 - 8	19,535	0,5%	0,234	0,267	0,056	0,5	0,028	0,767	1	0,3	0,13	0,206	0,239	1,128	1	1
8 - 9	52,535	0,5%	0,246	0,275	0,056	0,5	0,028	0,774	1	0,3	0,13	0,218	0,247	1,128	1	1
10 - 7	29,127	0,9%	0,214	0,256	0,077	0,8	0,062	1,146	1	0,3	0,13	0,152	0,194	1,128	1	1
13 - 10	44,574	2,0%	0,197	0,241	0,113	0,8	0,090	1,857	1	0,3	0,13	0,106	0,150	1,128	1	1
15 - 12	48,295	4,8%	0,192	0,215	0,175	0,5	0,088	3,204	1	0,3	0,13	0,105	0,127	1,128	1	1
62 - 15	58,936	0,6%	0,185	0,202	0,064	0,5	0,032	0,907	1	0,3	0,13	0,153	0,170	1,128	1	1
17 - 16	54,390	1,1%	0,077	0,104	0,084	0,8	0,067	1,274	1	0,3	0,13	0,010	0,037	1,128	1	1
17 - 18	25,199	2,6%	0,063	0,119	0,128	0,8	0,103	2,170	1	0,3	0,13	-0,039	0,017	1,128	1	1
18 - 19	71,851	3,2%	0,145	0,163	0,143	0,8	0,114	2,491	1	0,3	0,13	0,030	0,048	1,128	1	1
19 - 13	90,835	3,5%	0,182	0,214	0,149	0,8	0,119	2,623	1	0,3	0,13	0,062	0,094	1,128	1	1
20 - 19	76,494	0,5%	0,041	0,041	0,059	0,5	0,029	0,818	1	0,3	0,13	0,011	0,012	1,128	1	1
22 - 21	66,050	0,5%	0,049	0,026	0,059	0,5	0,029	0,816	1	0,3	0,13	0,020	-0,003	1,128	1	1
24 - 17	59,753	4,1%	0,063	0,111	0,162	0,5	0,081	2,899	1	0,3	0,13	-0,017	0,030	1,128	1	1
31 - 38	56,404	1,7%	0,225	0,179	0,105	0,8	0,084	1,695	1	0,3	0,13	0,141	0,095	1,128	1	1
37 - 38	64,793	4,2%	0,135	0,117	0,164	0,8	0,131	2,950	1	0,3	0,13	0,004	-0,014	1,128	1	1
38 - 39	80,239	5,4%	0,367	0,058	0,185	0,8	0,148	3,445	1	0,3	0,13	0,218	-0,090	1,128	1	1
45 - 31	56,404	5,2%	0,206	0,158	0,182	0,5	0,091	3,354	1	0,3	0,13	0,115	0,068	1,128	1	1
48 - 45	61,333	0,6%	0,119	0,149	0,060	0,5	0,030	0,841	1	0,3	0,13	0,089	0,119	1,128	1	1
48 - 53	99,488	5,5%	0,103	0,088	0,187	0,5	0,093	3,480	1	0,3	0,13	0,009	-0,005	1,128	1	1
49 - 54	99,289	6,7%	0,064	0,042	0,206	0,3	0,062	3,934	1	0,3	0,13	0,003	-0,020	1,128	1	1
53 - 57	26,476	5,3%	0,116	0,116	0,184	0,5	0,092	3,407	1	0,3	0,13	0,024	0,024	1,128	1	1
55 - 54	63,559	2,5%	0,128	0,117	0,126	0,8	0,101	2,118	1	0,3	0,13	0,028	0,017	1,128	1	1
57 - 58	66,022	1,1%	0,275	0,159	0,085	0,8	0,068	1,290	1	0,3	0,13	0,208	0,091	1,128	1	1
58 - 59	33,192	1,5%	0,250	0,224	0,098	0,8	0,079	1,556	1	0,3	0,13	0,171	0,145	1,128	1	1
59 - 60	30,339	0,6%	0,291	0,285	0,061	0,8	0,048	0,851	1	0,3	0,13	0,242	0,237	1,128	1	1
63 - 62	54,836	0,9%	0,280	0,254	0,076	0,8	0,061	1,129	1	0,3	0,13	0,219	0,194	1,128	1	1
60 - 64	46,224	1,8%	0,347	0,328	0,108	0,8	0,087	1,756	1	0,3	0,13	0,260	0,241	1,128	1	1
69 - 66	44,296	0,8%	0,244	0,319	0,069	0,8	0,055	1,001	1	0,3	0,13	0,189	0,263	1,128	1	1
70 - 67	46,239	2,9%	0,152	0,187	0,136	0,8	0,108	2,327	1	0,3	0,13	0,044	0,078	1,128	1	1
68 - 69	65,850	3,7%	0,076	0,107	0,153	0,5	0,077	2,709	1	0,3	0,13	-0,001	0,030	1,128	1	1
70 - 69	64,080	1,5%	0,161	0,196	0,097	0,8	0,078	1,533	1	0,3	0,13	0,083	0,118	1,128	1	1
72 - 70	20,017	3,2%	0,145	0,182	0,142	0,5	0,071	2,461	1	0,3	0,13	0,074	0,111	1,128	1	1
74 - 72	37,768	2,6%	0,118	0,122	0,129	0,8	0,103	2,195	1	0,3	0,13	0,014	0,018	1,128	1	1

ANEXO C- Planilha de Dimensionamento das Galerias


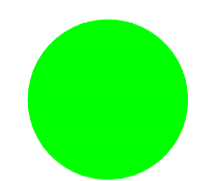

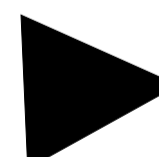
Trecho	Cota do Terreno		L(m)	S(m/m)	Área de contribuição acum.(m ²)	Q(m ³ /s)	Dcalculado	Dadotado	FH	Y/D	Cota da Tubulação		profundidade da tubulação	V(m/s)
	m	j									m	j		
PV01-PV02	164,241	161,665	56,404	0,0457	2076,858	0,040	0,16	0,4	0,028	0,203	163,241	160,665	1	3,543
PV02-PV03	161,665	160,679	54,404	0,0181	4179,837	0,080	0,25	0,4	0,089	0,356	160,665	159,679	1	2,232
PV03-PV04	160,679	156,317	80,239	0,0544	5386,585	0,103	0,22	0,4	0,066	0,308	159,679	155,317	1	3,865
PV04-DESÁGUE	156,317	155,341	17,893	0,0545	5386,585	0,103	0,22	0,4	0,066	0,308	155,317	154,341	1	3,872
PV05-PV06	161,762	161,160	54,39	0,0111	261,153	0,005	0,10	0,4	0,007	0,105	160,762	160,16	1	1,744
PV06-DESÁGUE	161,160	160,63	25,713	0,0206	261,153	0,005	0,09	0,4	0,005	0,091	160,16	159,63	1	2,380
PV08-PV09	161,108	158,784	71,851	0,0323	425,391	0,008	0,10	0,4	0,007	0,103	160,108	157,784	1	2,982
PV07-PV09	164,436	158,784	99,65	0,0567	731,136	0,014	0,11	0,4	0,009	0,117	163,436	157,784	1	3,948
PV09-PV10	158,784	155,592	90,835	0,0351	1708,719	0,033	0,16	0,4	0,026	0,197	157,784	154,592	1	3,108
PV10-PV11	155,592	154,691	44,574	0,0202	2270,217	0,044	0,20	0,4	0,046	0,258	154,592	153,691	1	2,357
PV11-PV12	154,691	154,419	29,127	0,0093	2578,287	0,050	0,24	0,4	0,077	0,331	153,691	153,419	1	1,602
PV12-PV13	154,419	154,323	19,535	0,0049	3592,02	0,069	0,30	0,4	0,147	0,453	153,419	153,323	1	1,162
PV13-PV14	154,323	154,061	52,535	0,005	4635,962	0,089	0,33	0,4	0,189	0,510	153,323	153,061	1	1,171
PV14-PV17	154,061	153,061	37,484	0,0267	4946,591	0,095	0,25	0,4	0,087	0,351	153,061	152,061	1	2,708
PV15-PV16	154,382	154,003	58,936	0,0064	1780,074	0,034	0,22	0,4	0,064	0,303	153,382	153,003	1	1,329
PV16-PV17	154,003	153,233	48,295	0,0159	3279,679	0,063	0,23	0,4	0,075	0,326	153,003	152,233	1	2,093
PV17-DESÁGUE	153,233	152,786	29,96	0,0149	8226,27	0,158	0,33	0,4	0,194	0,517	152,233	151,786	1	2,025
PV18-PV19	159,375	159,094	56,526	0,005	1342,505	0,026	0,21	0,4	0,055	0,281	158,375	158,094	1	1,169
PV19-PV20	159,094	156,680	26,476	0,0912	1693,595	0,033	0,13	0,4	0,016	0,156	158,094	155,68	1	5,006
PV20-PV21	156,680	155,935	66,022	0,0113	3038,216	0,058	0,24	0,4	0,082	0,342	155,68	154,935	1	1,761
PV21-PV22	155,935	155,429	33,192	0,0152	4303,044	0,083	0,26	0,4	0,100	0,376	154,935	154,429	1	2,047
PV22-PV23	155,429	155,253	30,339	0,0058	4954,718	0,095	0,33	0,4	0,187	0,508	154,429	154,253	1	1,263
PV23-PV24	155,253	154,398	46,224	0,0185	6221,463	0,120	0,29	0,4	0,132	0,429	154,253	153,398	1	2,255
PV24-DESÁGUE	154,398	153,295	22,35	0,0494	6221,463	0,120	0,24	0,4	0,081	0,338	153,398	152,295	1	3,683
PV25-PV26	154,252	153,617	20,017	0,0317	1525,436	0,029	0,15	0,4	0,025	0,191	153,252	152,617	1	2,953
PV26-PV-27	153,617	152,275	46,239	0,029	2159,077	0,041	0,18	0,4	0,036	0,231	152,617	151,275	1	2,824
PV27-DESÁGUE	152,275	151,610	19,332	0,0344	2159,077	0,041	0,17	0,4	0,033	0,222	151,275	150,610	1	3,075
PV26-PV28	153,617	152,664	64,08	0,0149	3078,539	0,059	0,23	0,4	0,073	0,322	152,617	151,664	1	2,022
PV28-PV29	152,664	152,331	44,296	0,0075	3589,408	0,069	0,28	0,4	0,119	0,409	151,664	151,331	1	1,437
PV29-DESÁGUE	152,331	151,97	30,432	0,0119	3589,408	0,069	0,26	0,4	0,095	0,366	151,331	150,970	1	1,806



-  Curvas de Nível
-  Áreas de Contribuição
-  Sentido do Fluxo

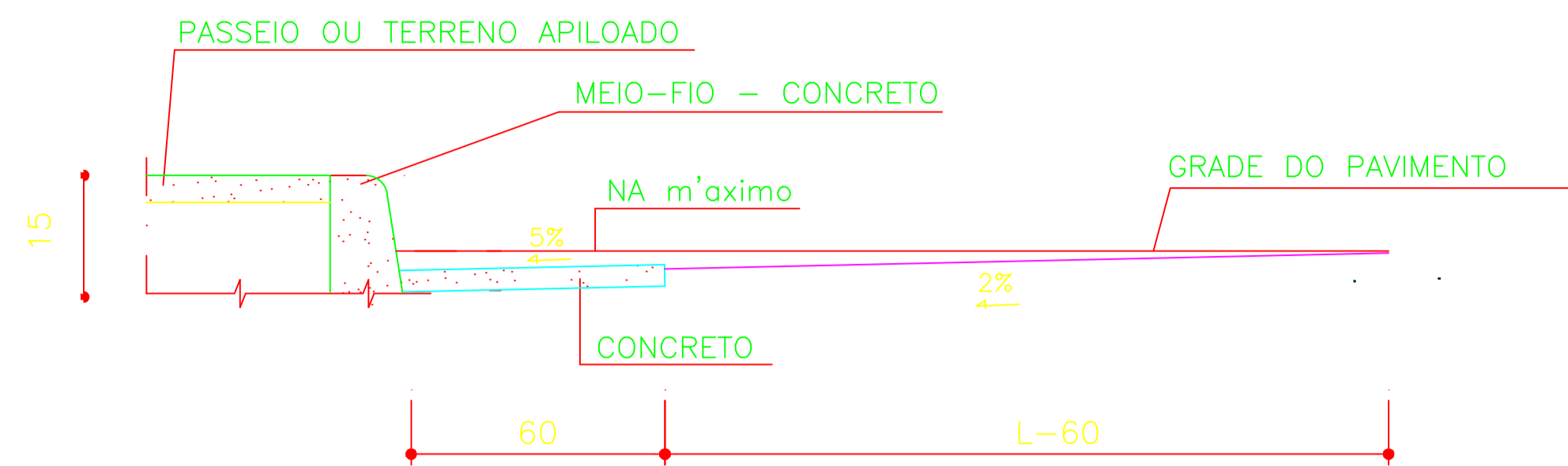
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE		
Escala: 1/2000	Aluna: Emanoela Faustino de Lima Orientadora: Rosinete Batista dos Santos Ribeiro Projeto: Sistema de microdrenagem para o bairro Alto dos Bastos Anexo D: Áreas de Contribuição e Sentido do Fluxo	Data: 10/05/2024 Prancha: 01/03
UFCG		



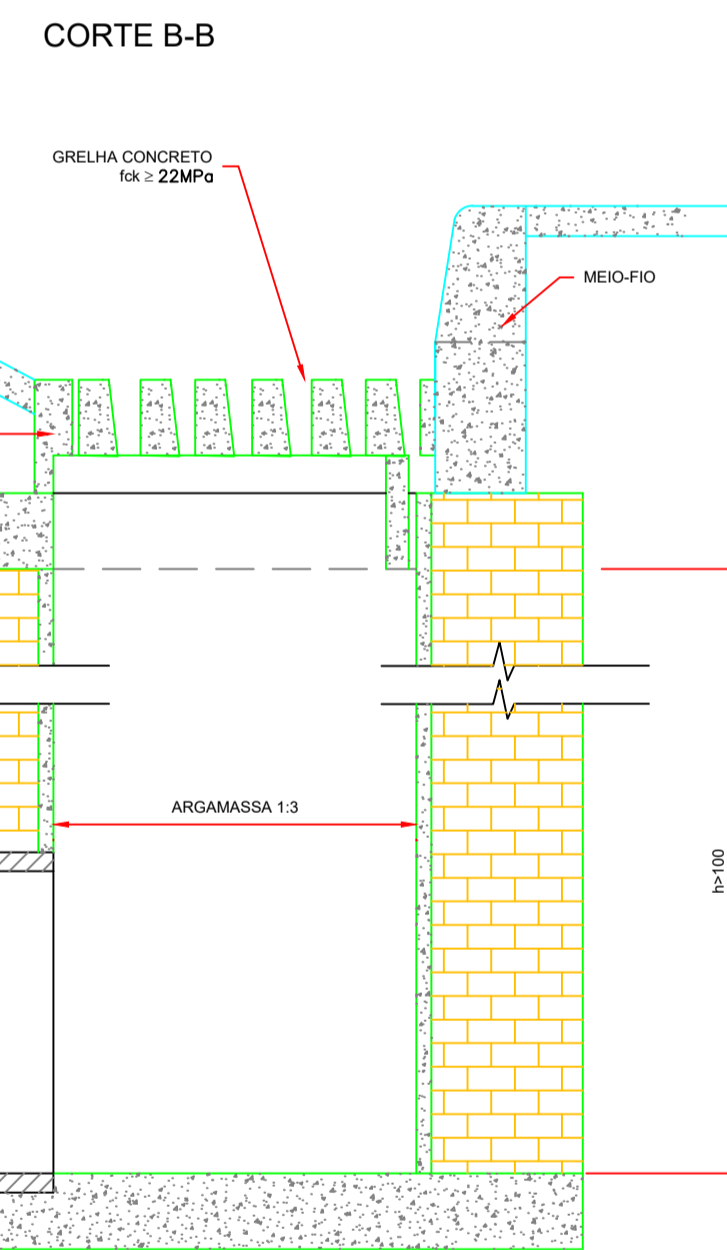
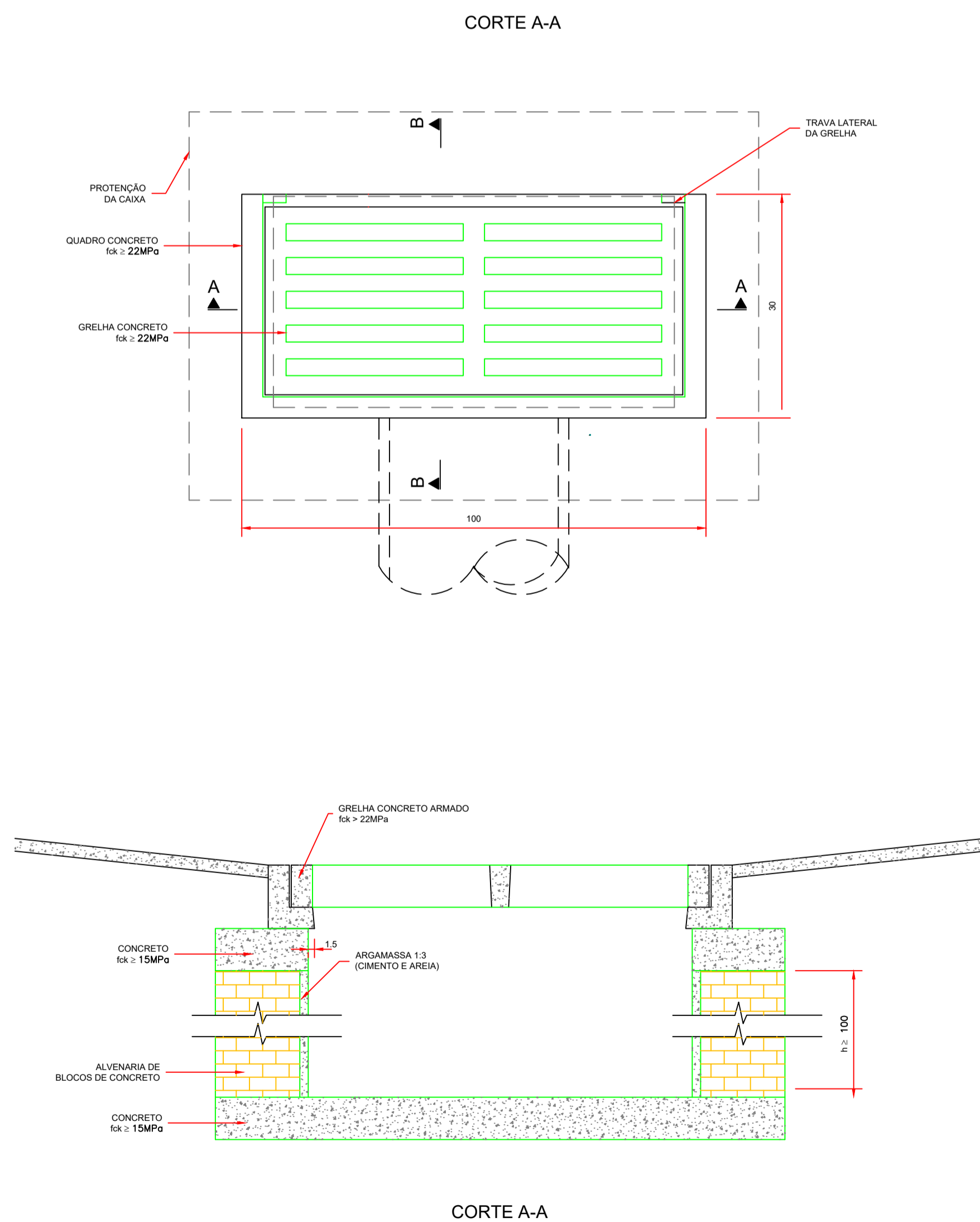
-  Boca de Lobo
-  Poço de visita
-  Condutor Pluvial
-  Sentido do Fluxo

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE		
Escala: 1/2000	Aluna: Emanoela Faustino de Lima	Data: 10/05/2024
UFCG	Orientadora: Rosinete Batista dos Santos Ribeiro	Prancha: 02/03
	Projeto: Sistema de microdrenagem para o bairro Alto dos Bastos	
	Anexo E: Rede de Microdrenagem Urbana	

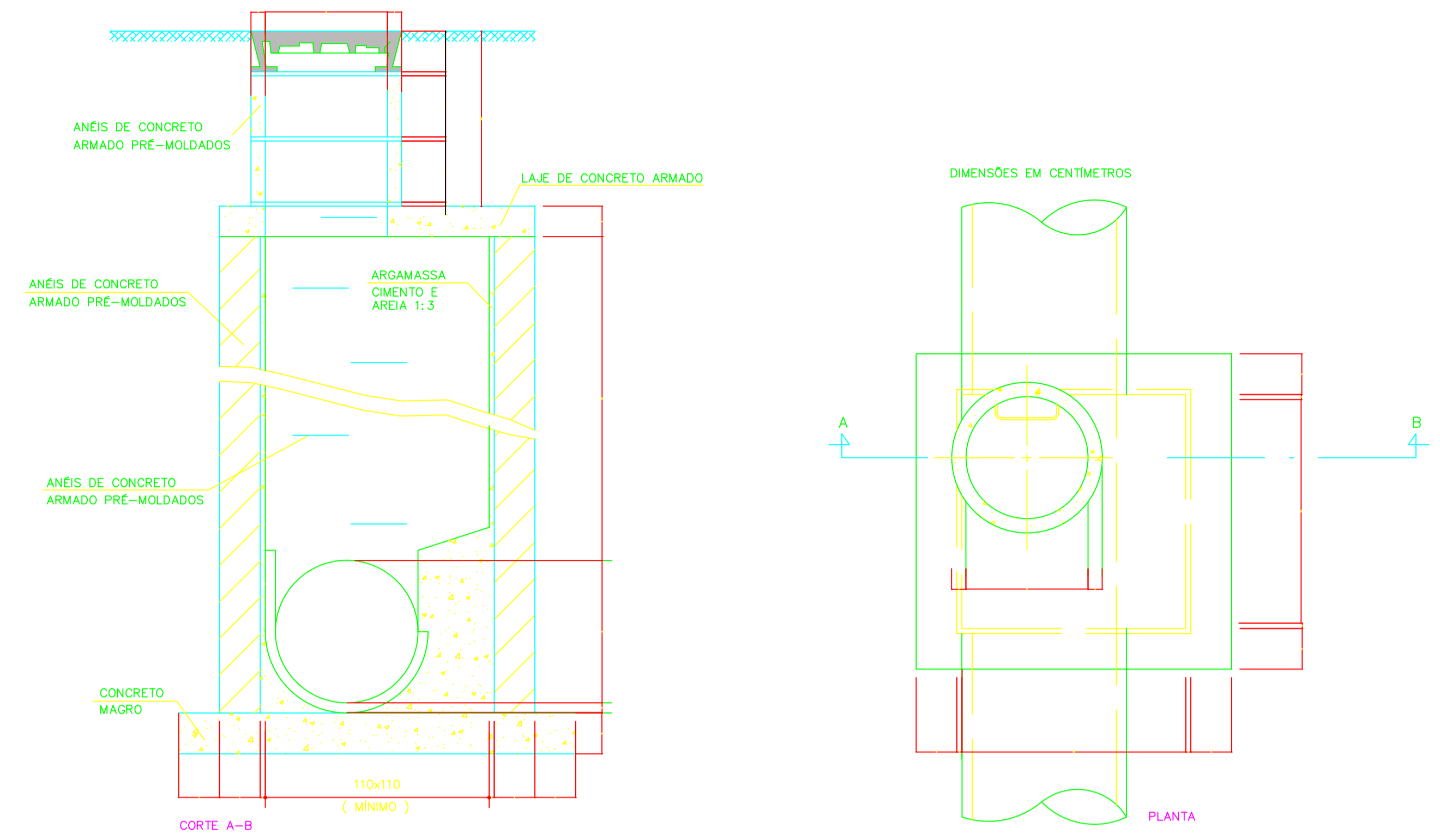
SARJETA COMPOSTA



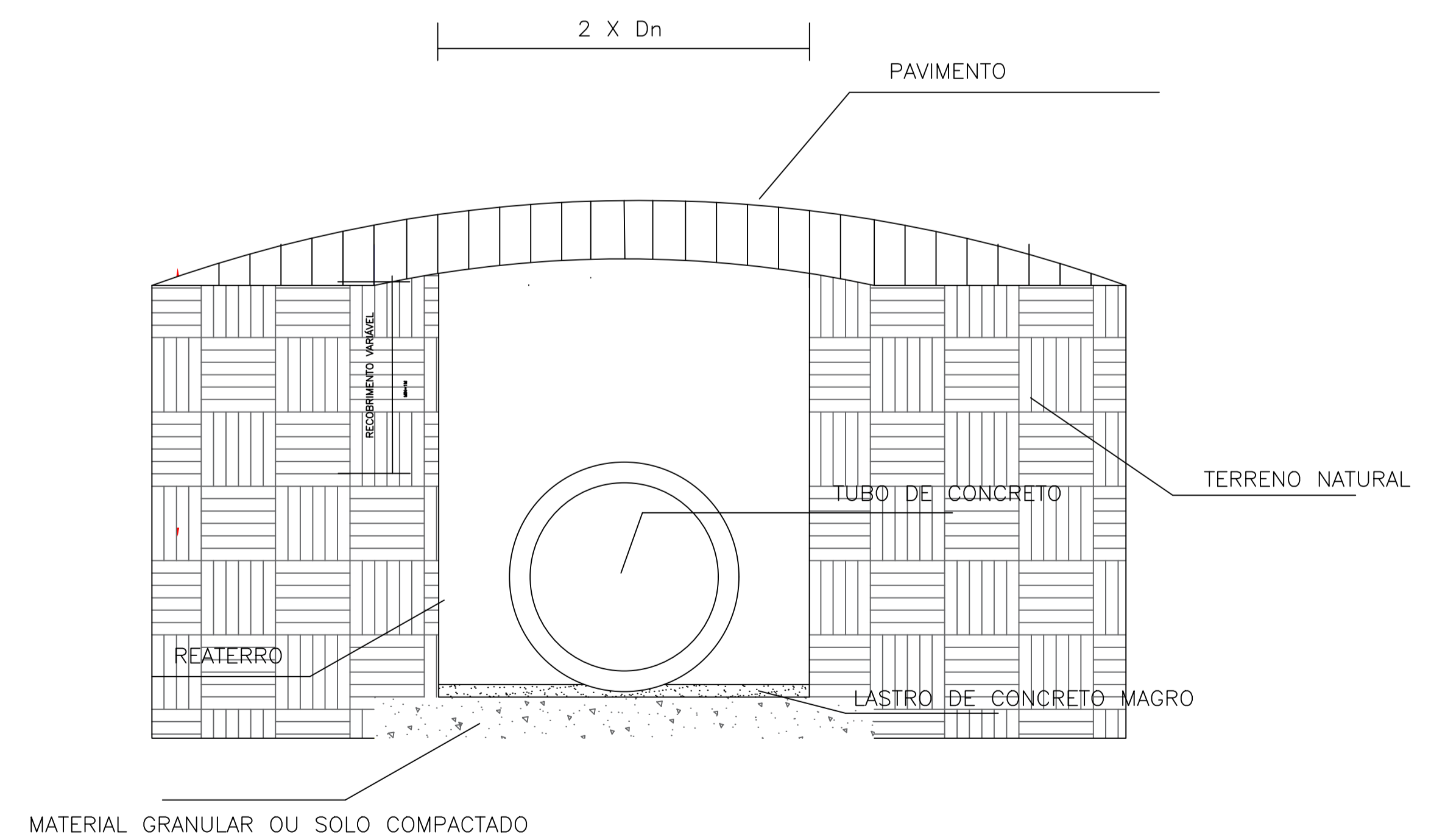
BOCAS-DE-LOBO SIMPLES COM GRELHAS DE CONCRETO



POÇO DE VISITA



TUBULAÇÃO DE CONCRETO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Escala: 1/2000	Aluna: Emanoela Faustino de Lima	Data: 10/05/2024
UFCG	Orientadora: Rosinete Batista dos Santos Ribeiro	Prancha: 03/03
	Projeto: Sistema de microdrenagem para o bairro Alto dos Bastos	
	Anexo F: Dispositivos de Microdrenagem	