



**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 MICRODRENAGEM DA CIDADE DE  
CURRAL VELHO - PB**

**MARIA CELINA SILVA DINIZ**

**POMBAL – PB**

**2022**

MARIA CELINA SILVA DINIZ

DIMENSIONAMENTO DE MICRODRENAGEM DA CIDADE DE  
CURRAL VELHO - PB

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 Engenheiro Civil.

Orientador(a): Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz

POMBAL – PB

2022

D585d Diniz, Maria Celina Silva.

Dimensionamento de micro drenagem da cidade de Curral Velho - PB /  
Maria Celina Silva Diniz. – Pombal, 2022.

65 f. il. color

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –  
Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia  
Agroalimentar, 2022.

“Orientação: Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz.”.

Referências.

1. Concreto autoadensável. 2. Agregado miúdo - Resíduos de mineração.  
3. Construção civil - Material sustentável. 4. Concreto - Estado fresco. I.  
Queiroz, Manoel Moisés Ferreira de. II. Título.

CDU 691.32(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.

MARIA CELINA SILVA DINIZ

**DIMENSIONAMENTO DE MICRODRENAGEM DA CIDADE DE CURRAL VELHO –  
PB**

Trabalho de Conclusão de Curso da discente MARIA CELINA SILVA DINIZ **APROVADO** em 29 de agosto de 2022 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.



Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz  
(Orientador – UFCG)

Prof.<sup>a</sup> Dra. Rosinete Batista dos Santos Ribeiro  
(Membro Interno – UFCG)



Eng. Vitória Silva Martins de Oliveira  
(Membro Externo – Engenheira Civil)



Eng. Rivaldo Moura de Araujo  
(Membro Externo – Engenheiro Civil)

## 1. INTRODUÇÃO

O êxodo rural pode ser compreendido como o deslocamento populacional da área rural (campo) para área urbana (cidade), fluxo este causado pela amplificação da indústria e mecanização da agricultura. No Brasil, a migração urbana se desenvolveu na metade do século XX, tendo seus picos nos anos 80 e 90, e vem perdendo força com passar do tempo. Contudo, quando são estudadas as regiões Norte e Nordeste é visto o oposto, ou seja, segue se intensificando.

Dessa forma, o crescimento populacional das cidades, traz consigo um desenvolvimento desordenado, e sem planejamento. Portanto, em 1988, a Constituição Federal (CF) instituiu o Plano Diretor Municipal (PDM), que visa orientar a ocupação máxima do solo, e diretrizes gerais da sua infraestrutura.

Apesar da existência do PDM, sua obrigação, de acordo com § 1º do art. 182 da CF, é diante de cidades com mais de vinte mil habitantes. Assim, cidades pequenas não possuem um plano definido para sua expansão, ocasionando frequentemente a extrapolação dos seus sistemas.

A urbanização causa o aumento de áreas impermeáveis do solo, com a construção de edifícios e pavimentos, aumentando assim o escoamento das precipitações, o qual está entre o fornecimento de serviços básicos de uma cidade, de modo a evitar inundações. Segundo Almeida (2020), as obras de drenagem urbana são essenciais para minimizar danos ambientais, econômicos e sociais.

Dada a importância da drenagem urbana e os impactos do crescimento, assim como ausência de plano diretor, foi realizado o estudo da infraestrutura relacionada à drenagem de Curral Velho, pequena cidade localizada no interior da Paraíba.

Por conseguinte, este documento visa propor um projeto de microdrenagem para área urbana do município de Curral Velho-PB. Onde sua metodologia, se divide em três vertentes: a caracterização da área de estudo através do *software QGis With Grass 3.16.11*, o estudo hidrológico da região através da análise de dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), e por fim dimensionamento hidráulico e aspectos construtivos para dispositivos de coleta e condução da água pluvial ao sistema de macrodrenagem existente.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Ciclo Hidrológico

O ciclo da água, também conhecido como ciclo hidrológico, versa em um processo onde a água passa por diversos estágios iniciando-se pela evaporação da água dos oceanos. Esse vapor compõe as massas de ar e se desloca por esse meio (PASCHOAL, 2012).

*Sob determinadas condições, o vapor se condensa, formando as nuvens, que por sua vez podem resultar em precipitação. A precipitação pode ocorrer em forma de chuva, neve ou granizo. A maior parte fica temporariamente retida no solo, próxima de onde caiu, e uma parcela finalmente retorna à atmosfera por evaporação e transpiração das plantas (PASCHOAL, 2012, p.11).*

Parte dessa água precipitada escoar sobre a superfície do solo e abastece o lençol freático e artesianos. Em seus diversos estados físicos, a água no planeta se mantém constante e se distribui em três reservatórios principais, os oceanos, os continentes e a atmosfera, entre os quais existe uma circulação contínua - Ciclo Hidrológico (PINTO *et al.*, 1979; WARD e ROBINSON, 2000; LIMA, 2008 *apud* MIRANDA *et al.* 2010).

A compreensão de fenômenos hidrológicos requer relativa fragmentação do mesmo em componentes menores, os quais, podem ser, diretamente relacionados e calculados sob uma estrutura superior, uma vez que, se pressupõe que, as características de um sistema são determinadas de maneira lógica pelos componentes do nível imediatamente abaixo (MIRANDA *et al.* 2010).

Baseado em Carvalho e Silva (2006), o processo do ciclo hidrológico é influenciado por diversos fatores como a topografia, cobertura vegetal, temperatura, solo, entre outros. Esses fatores afetam por exemplo a quantidade de água que irá ser evaporada, precipitada, como também a água que vai ser infiltrada no solo.

A Figura 1 a seguir representa o ciclo da água em sua completude, em uma análise macro, e cada parte do processo pode ser delimitada e analisada segundo a natureza do evento.



Fonte: U.S. Geological Survey (2018).

É relevante que os fenômenos componentes do ciclo da água, apesar de articulados, sejam submetidos à uma análise isolada e assim percebe-se que resultam em características emergentes e imprevisíveis, devido às complexas inter-relações que podem ser estabelecidas (Andersen, 2001apud LIMA; HANAI, 2017). No entanto ao visualizarmos várias fases, é necessário inserir o fator humano e seu impacto nesse processo e enfim compreender a importância da espécie bem como as outras da biosfera sobre esse ciclo (LIMA; HANAI, 2017).

Todavia, Falkenmark (1997 apud LIMA; HANAI, 2017) afirma que existe a necessidade de simplificação do modelo usado na representação do ciclo hidrológico, a fim de subsidiar a elucidação dos dados para que os agentes e técnicos que decidem sobre as políticas públicas tenham condições de tomar medidas assertivas frente aspectos como a drenagem urbana. Apesar disso, tal simplificação não pode ter caráter reducionista pois assim, corre-se o risco de levar em consideração somente a água enquanto componente desse fenômeno.

## 2.2 Chuvas Intensas

As variáveis expressas na equação de chuva são intensidade, duração e frequência, estas são obtidas através de uma equação da chuva que relaciona esses três fatores. A intensidade é o valor da precipitação por unidade de tempo,

expressa, geralmente, em milímetros por minuto ou em milímetros por hora. A duração da chuva é o tempo em que está havendo a precipitação. Ela pode ser expressa em anos, meses, dias, horas, minutos, etc. A frequência (probabilidade), é o fenômeno de valor igual ou superior ao analisado (Oliveira, 2021).

Segundo Tomaz (2016 apud ARAUJO, 2021), a Distribuição de Gumbel é utilizada em regiões que não têm uma equação da chuva, mas têm muitos dados de precipitação. A Distribuição de Gumbel, método utiliza a estatística dos extremos, é empregue não só no Brasil, mas no Canadá também, por exemplo, quando se quer obter o valor máximo, como a precipitação máxima.

Segundo Cordero (2013), podem ser adotadas três séries para o cálculo das chuvas intensas. São elas:

*Séries Anuais: nesse critério utiliza-se apenas os valores máximos observados em cada ano, e os demais valores são desprezados. Este é o método mais utilizado.*

*Séries Parciais: essa série é formada pelos maiores valores observados ao longo dos anos. Utiliza-se este critério quando o número de dados (anos) é menor do que 12 anos.*

*Séries Completas: para utilizar este critério, deve-se selecionar todos os valores. O procedimento de cálculo de chuvas intensas, encontra-se descrito na metodologia do trabalho. A distribuição, pode-se conseguir diversas precipitações de acordo com o período de retorno almejado. (P.X).*

Segundo Oliveira (2021 apud ARAUJO, 2021), algumas das dificuldades geralmente enfrentadas pelos técnicos são: a inexistência daquela equação na localidade onde será realizado o projeto, além de um exaustivo trabalho de análise, interpretação e codificação de grande quantidade de dados.

*As vazões determinadas a partir da precipitação estimada pelo método de Bell (1969), comparativamente àquelas determinadas a partir da precipitação intensa com origem em dados pluviográficos (sintetizadas em IDF ou relações entre durações) apresentaram variações próximas a 5% em diferentes bacias típicas de microdrenagem urbana. Os resultados mostraram que, além de ser uma boa alternativa para a estimativa das precipitações de projeto, a equação de Bell (1969) pode facilmente ser adaptada para utilização com dados de base diária, sem perda significativa de qualidade (BASSO et al., 2017, p. 247)*



### **2.2.1 Equação IDF e seus parâmetros**

O tempo de concentração ( $t_c$ ) de uma bacia hidrográfica representa um parâmetro balizador para análises hidrológicas, a exemplo da determinação de vazões máximas. Isso para pequenas ou grandes bacias hidrográficas. Entretanto, por sua determinação, geralmente, estar embasada no empirismo, foi possível o desenvolvimento de diversas equações. Tempo de concentração para Bacias Rurais Monitoradas na Região do Planalto Basáltico no Sul do Brasil deram as características geométricas da bacia hidrográfica, com a finalidade de estimar esse parâmetro (MARMÉDIO *et al.*, 2018).

Atribui-se o termo “tempo de concentração” ao engenheiro civil Thomas James Mulvany em 1851. Por ele, foi determinado como o tempo necessário para que uma partícula de água, que atinge o ponto mais distante da bacia hidrográfica, alcance o exultório desta, o que possibilita afirmar que toda bacia hidrográfica colabora para a vazão que chega ao exultório (MARMÉDIO *et al.*, 2018).

As relações entre as grandezas que caracterizam as precipitações máximas devem ser obtidas através de análise de chuvas ao longo de determinado período de tempo relativamente grande. Assim, é possível estabelecer as frequências e transforma-las em probabilidades. Como resultado, tem-se uma família de curvas intensidade-duração-frequência, destinadas a cada período de retorno (CASTRO; SILVA; SILVEIRA, 2011, apud PEREIRA *et al.*, 2017).

Através destas relações entre intensidade, duração e período de retorno, obtém-se a equação de chuvas intensas, sendo os parâmetros obtidos por meio de análise de pluviogramas, ou, na ausência destes, de pluviômetros. Especificamente neste caso, é necessário utilizar-se da desagregação de chuvas para os valores de precipitação máxima diária anual (BATISTA, 2013 apud PEREIRA *et al.*, 2017).

## **2.3 Uso e Ocupação do Solo**

A situação atual dos sistemas tradicionais de drenagem já implantados, não está cumprindo o seu papel com eficiência, tendo em vista a quantidade de inundações que vem ocorrendo. A defasagem dos sistemas de drenagem está relacionada à ausência de plano diretor, o qual deverá instruir em relação à porcentagem de área que pode ser impermeável.

Ao tornar urbanizada a área da bacia hidrográfica há uma interferência no fluxo natural da água no solo. Segundo Tucci (2000), a impermeabilização de 20% da área da bacia hidrográfica acarreta na duplicação do escoamento superficial e que em situações onde a impermeabilização da bacia chega a 80%, o volume de escoamento superficial torna-se oito vezes e meio maior (TUCCI, 2000).

Segundo Garcez (1976) o coeficiente de escoamento superficial é a relação entre a quantidade de água total escoada e a quantidade total de água precipitada na bacia de contribuição. Assim, está diretamente ligado à permeabilidade do solo, são encontrados valores usuais para o coeficiente de escoamento de acordo com cada superfície, conforme Tabela 1.

Tabela 1 – valores de coeficiente de escoamento (c) para superfícies urbanas

Tipo de superfície	Faixa de Variação
Concreto, asfalto e telhado	0,90-0,95
Paralelepípedo	0,58-0,81
Blockets	0,70-0,89
Concreto e asfalto poroso	0,02-0,05
Solo compactado	0,59-0,79
Matas, parques e campos de esporte	0,05-0,20
Grama solo arenoso	0,08-0,18
Grama solo argiloso	0,15-0,30

Fonte: Prefeitura municipal de Toledo-PR (2017)

## 2.4 Inundações e Drenagem

O modelo de abastecimento concebido na Idade Média entrou em decadência. Na Idade Moderna (1453 a 1789), desenvolveu-se a medição de velocidade de escoamentos e das vazões. Estabeleceu-se ainda, que os rios, as fontes e as águas subterrâneas eram formadas pela chuva (SILVA,2020).

O Brasil entrou no mapa do saneamento em 1620, com as obras do aqueduto do Rio Carioca para abastecimento do Rio de Janeiro, com 270m de comprimento e 18m de altura. A obra só foi concluída mais de cem anos depois quando, em 1723, foi entregue à população, sendo o primeiro sistema de abastecimento de água no país.

Desde a antiguidade, segundo Barros (2014), o homem aprendeu que a água suja e o acúmulo de lixo disseminam doenças. Assim, era preciso desenvolver algumas técnicas para obter água limpa e livrar-se dos resíduos. Foi assim que se

deu início a ideia de saneamento básico. No século V d.C., o homem desenvolveu algumas técnicas importantes, como irrigação, construção de diques e canalizações superficiais e subterrâneas.

A urbanização descontrolada das cidades brasileiras tem provocado, dentre outros impactos, o agravamento das enchentes naturais e a ampliação de sua frequência, além de criar novos pontos de alagamento. Estes impactos provêm da crescente impermeabilização do solo com aumento do volume pluvial escoado e redução de amortecimento, causando aumentos nas vazões máximas, que podem representar seis vezes a vazão de pré-urbanização (Tucci & Genz, 1995 apud CRUZ *et al.*, 2007).

Segundo Araújo *et al.* (2000), os sistemas de drenagem urbana são essencialmente sistemas preventivos de inundações, principalmente nas áreas mais baixas das comunidades sujeitas a alagamentos ou marginais de cursos naturais de água. É evidente que no campo da drenagem, os problemas agravam-se em função da urbanização desordenada. Quando um sistema de drenagem não é considerado desde o início da formação do planejamento urbano, é bastante provável que esse sistema, ao ser projetado, revele-se, ao mesmo tempo, de alto custo e deficiente.

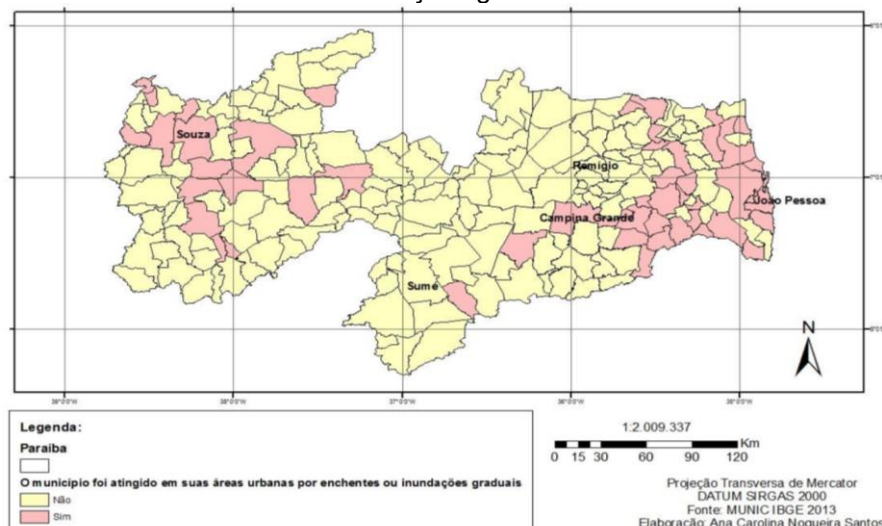
Tucci (1995) retrata que as causas das inundações urbanas são duas: ocupações de áreas ribeirinhas e a urbanização. As inundações ocasionadas pelas ocupações de áreas ribeirinhas estão relacionadas à diminuição da área natural do rio. O crescimento das cidades acaba gerando na população um esquecimento da dinâmica natural dos rios, e a população acaba ocupando essas áreas marginais correspondentes ao leito maior do rio, ocasionado uma situação de risco nos meses da maior pluviosidade quando o mesmo passa a ser leito de inundação.

Já no segundo caso, que está relacionada à inundação ocasionada pelo processo de urbanização, a causa principal é a impermeabilização do solo que causa uma diminuição no processo de infiltração, aumentando o escoamento das águas, com o crescimento acelerado das cidades e o alto nível de urbanização observa-se comumente nos períodos de alta pluviosidade que a maioria das aglomerações metropolitanas não possuem um sistema efetivo de microdrenagem.

Dessa forma, com o processo de urbanização parte da água que infiltrava no solo passou a escoar superficialmente e com a deficiência no sistema de drenagem aumenta o risco de inundações (SANTOS; CARVALHO, 2017).

Na Figura 2 é possível identificar os municípios foram atingidos por enchentes ou inundações graduais nos últimos cinco anos, 50 (cinquenta) municípios se encontram nesse conjunto. São cidades, em vermelho, que sofrem com a ocorrência de eventos de enchentes ou inundações graduais.

Figura 2 - Mapa dos municípios paraibanos atingidos em suas áreas urbanas por enchentes ou inundações graduais



Fonte: SANTOS; CARVALHO (2017).

## 2.5 Bacia Hidrográfica

A compreensão da definição de bacia hidrográfica a ser adequada à presente investigação sugere que seja diferenciada tais estruturas entre aquelas áreas em que as águas pluviais convergem para rios, córregos e demais cursos d'água e aquelas em que as mesmas são diretamente captadas pelo sistema de drenagem pluvial até seu lançamento no mar. Nesse sentido, Linsley e Franzini (1978, p.97 apud ÁLVARES *et al.*, 2012, p.111) conceituam as bacias hidrográficas como:

*[...] denomina-se bacia hidrográfica a área de drenagem à montante de uma determinada secção no curso de água da qual aquela área é tributária; essa área, também chamada cumiada, é limitada por um divisor de águas que a separa das bacias adjacentes, que pode ser determinado nas cartas topográficas. As águas superficiais, originárias de qualquer ponto da área delimitada pelo divisor, saem da bacia passando pela secção definida pelo ponto mais baixo do divisor, por onde passa também, forçosamente, o rio principal da bacia. Em geral considera-se que o divisor das águas subterrâneas coincide com o das águas superficiais; entretanto essa coincidência não se verifica em todos os casos, e substancial parcela de água pode se escoar de uma bacia para outra, subterraneamente.*

Nas últimas décadas, vêm sendo desenvolvidos inúmeros métodos para a obtenção automática dos limites das bacias hidrográficas, com intuito, principalmente, de permitir uma gestão sustentável dos recursos hídricos necessita de um conjunto mínimo de instrumentos principais: uma base de dados e informações socialmente acessível e possibilitando o controle dos impactos sobre os sistemas hídricos e o processo de tomada de decisão (PORTO, 2008).

## 2.6 Geoprocessamento

Para Boham-Carter (1996 apud BIER, 2013) o Sistema de Informação Geográfica (SIG) é um sistema de *software* computacional com o qual a informação pode ser capturada, armazenada e analisada, combinando dados espaciais de diversas fontes em uma base unificada, empregando estruturas digitais variadas que representam fenômenos espaciais também variados, através de uma série de planos de informação que se sobrepõe corretamente em qualquer localização.

Com um sistema informatizado e graficamente representado utilizado pelo geoprocessamento, existe a possibilidade de se obter dados computacionais geográficos qualitativos e quantitativos, o que possibilita a gestão dos recursos por meio da aplicação de técnicas otimizadas baseadas em diagnósticos georreferenciados (CAVALLARI, 2007).

### 2.6.1 Topografia e Perfil Longitudinal

O perfil longitudinal é a representação gráfica do corte que produz no terreno o plano vertical que compreende o eixo de uma obra linear. Neste perfil relaciona-se altimetricamente a rasante ou linha teórica que se pretende conseguir com o traçado ou linha real do terreno.

*A construção do perfil longitudinal é comumente feita através do estudo de cartas topográficas, utilizando as cotas em diversos pontos ao longo do canal do rio. No entanto a tecnologia tem contribuído significativamente para realização de pesquisas nesse campo. Conforme Santos & Segantine (2006, p.1) apud Silva & Nazareno (2009) os recursos tecnológicos disponíveis à cartografia têm viabilizado avanços consideravelmente importantes, através, principalmente, dos softwares que permitem velocidade na obtenção de dados, na troca de informações espaciais e em sofisticadas análises dos fenômenos espaciais (SOUZA; SOUZA; GOLDFAE, 2011 p.2).*

Entretanto, Amaral & Rosalen (2009) concluíram que o software *Google Earth*® é mais exato e preciso do que o GPS e eclímetro na determinação da declividade, e também é usual para o objetivo de classificação de relevo e da capacidade de uso da terra, projetos de terraceamento e outros usos nas Ciências Agrárias.

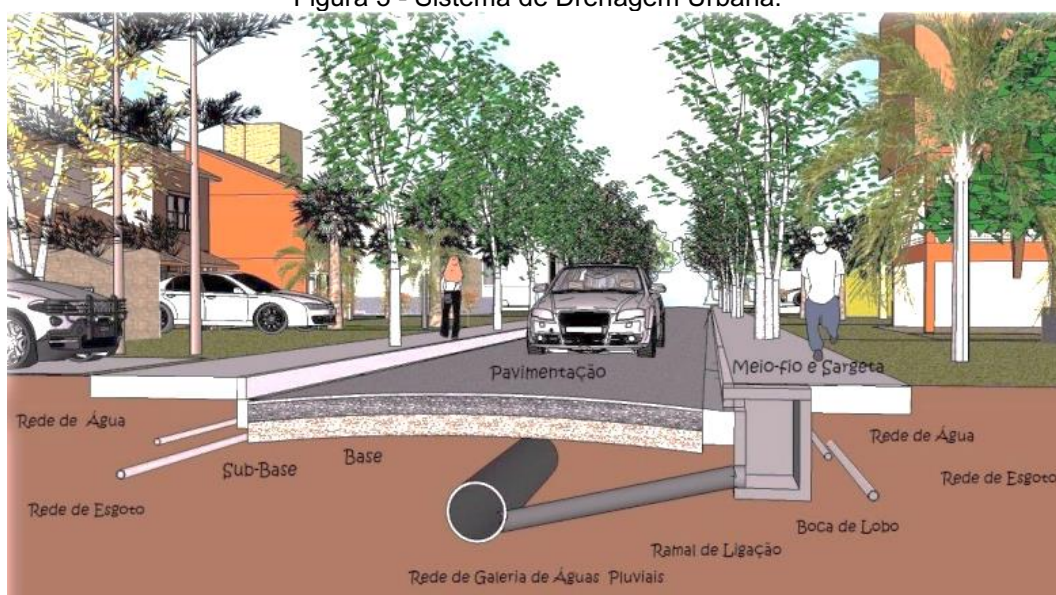
Segundo Nery (2010 apud SOUZA; SOUZA; GOLDFARB, 2011), o uso das imagens de sensoriamento remoto tem se multiplicado devido à evolução dos sensores, com resoluções cada vez melhores, associadas às técnicas de extração das informações advindas do processamento dessas imagens.

## 2.7 Drenagem Urbana

De acordo com Adasa (2014), o sistema de drenagem de águas pluviais é formado por estruturas e instalações de engenharia destinadas ao transporte, retenção, tratamento e disposição final das águas das chuvas. Tal sistema é constituído por uma série de medidas que visam reduzir os riscos a que estão expostas as populações, diminuindo os prejuízos causados pelos alagamentos e inundações (TUCCI *et al*, 2001 apud SILVA, 2019).

Assim, as medidas de controle do escoamento podem ser classificadas, de acordo com sua ação na bacia hidrográfica. A distribuição pela fonte pode ser realizada por microdrenagem e por macrodrenagem (Figura 3).

Figura 3 - Sistema de Drenagem Urbana.



Fonte: Silva (2019)

De acordo com Martins (2011), a gestão de drenagem urbana é compreendida por um conjunto de técnicas e ações, no qual o mesmo pode ser resumido no conceito dos 3P: Planejamento, Procedimento e Preparo. Dentre os três Ps, o planejamento é o mais fácil para ser explicado e compreendido no âmbito técnico, entretanto, o mesmo possui as maiores dificuldades com relação à sua observância ao longo do tempo.

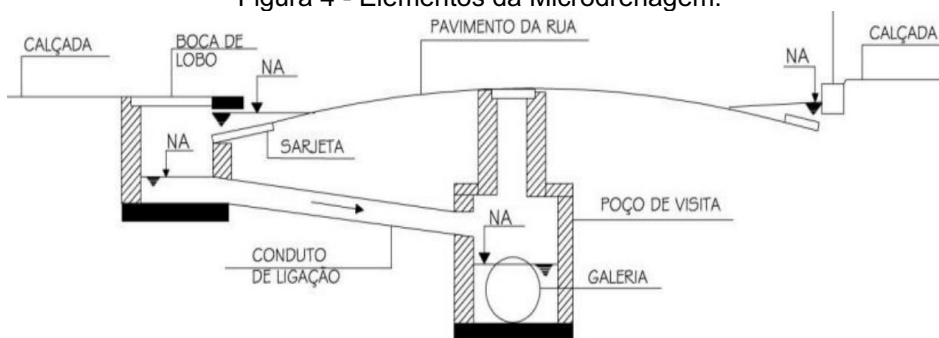
### **2.7.1 Microdrenagem**

A principal finalidade de um sistema de microdrenagem é a coleta e destinação das águas oriundas das chuvas, retirando-as das ruas e direcionando-as para as galerias pluviais, que por sua vez irão direcioná-las, para os depósitos naturais de águas, prevenindo acúmulos indesejados, danos às estruturas, proliferação de doenças, promovendo segurança ao tráfego de veículos nas vias carroçáveis e aos transeuntes com o intuito de evitar ou diminuir riscos e danos (SOARES, 2021, n.p.).

De modo tradicional o sistema de microdrenagem (Figura 4) é composto pelos seguintes elementos: guias, sarjetas, bocas de lobo, condutos de ligação, galerias e poços de visita, definidos 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 e f) Poço de visita: Dispositivo localizado em ponto conveniente do sistema de galerias para permitirem mudança de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações (SILVA, 2019, p.20).*

Figura 4 - Elementos da Microdrenagem.

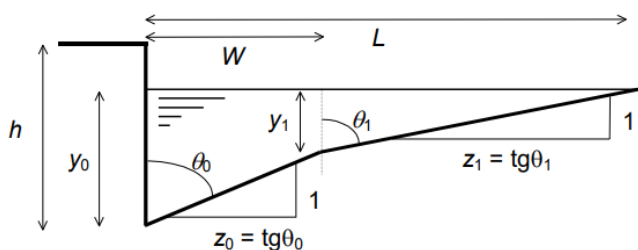


Fonte: FILARDO; AMORÉ; MEYER (2015).

Para dimensionamento do sistema de drenagem pluvial devem ser consideradas as mesmas fórmulas utilizadas para canais. Tendo como base um escoamento em conduto livre, as equações de Manning são as mais utilizadas para esse tipo de dimensionamento (ANDRADE; ABREU, 2017).

Para cálculo de sarjeta, é preciso desconsiderar a altura de meio-fio, diminuindo assim a altura da lâmina de água e evitando um transbordamento. Uma vez que já se tenha os dados como declividade, rugosidade e comprimento de sarjeta é possível calcular a vazão máxima que ela pode suportar (ANDRADE; ABREU, 2017). A Figura 5 representa o corte transversal de uma sarjeta composta, onde a inclinação da sarjeta é divergente da inclinação da rua.

Figura 5 - Sarjeta



- $W$ : 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

Fonte: Bonnacerrere, USP (2017)

A definição do coeficiente de Manning (coeficiente de rugosidade do escoamento), proposto pelo engenheiro Irlandês Robert Manning em 1889, ainda hoje é de difícil definição para canais naturais em locais que não possuem 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).

Mas como demonstrado por Chow (1959), este coeficiente varia na seção de acordo com o nível d'água. Em aspectos gerais, quanto menor a profundidade d'água, maiores os efeitos das irregularidades do fundo do canal e, portanto, maior o seu valor.

A capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo é menor que a calculada devido a vários fatores, entre os quais: obstrução causada por detritos, irregularidades nos pavimentos das ruas junto às sarjetas e alinhamento real. Na Figura 6 são propostos alguns coeficientes de redução para estimar-se essa redução.

Figura 6 – Fatores de redução de escoamento das sarjetas (DAEE/CETESB, 1980)

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

Tabela 4.4- FATOR DE REDUÇÃO DO ESCOAMENTO PARA BOCAS-DE-LOBO (DAEE/CETESB, 1980)

Localização na sarjeta	Tipo de Boca-de-lobo	% Permitida sobre o Valor Teórico
Ponto Baixo	de guia	80
	com grelha	50
	combinada	65
Ponto Intermediário	de guia	80
	grelha longitudinal	60
	grelha transversal ou longitudinal com barras transversais	50
	combinadas (grelha longitudinal)	66
	combinadas (grelha com barras transversais)	55

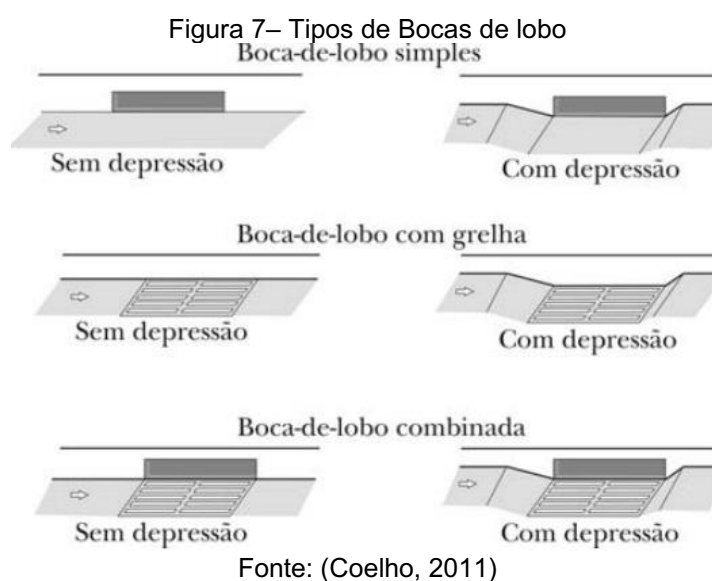
Fonte: (MATOS; MAUAD; BARBOSA, 2011).

Os tipos de bocas de lobo mais utilizados nos sistemas de drenagem das cidades brasileiras são a boca de lobo simples, com uma abertura na guia, através da qual é captada a água da sarjeta (COELHO, 2011, p.133).

A boca de lobo com grelha, constituída de uma abertura na sarjeta, coberta por uma grelha de barras metálicas ou de concreto, a boca de lobo combinada ou mista, correspondente a associação da boca de lobo simples com a de grelha. A Figura 7 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).

O funcionamento das bocas de lobo depende do tipo adotado, da sua disposição na sarjeta e das condições hidráulicas desta. A área livre para captação das águas pluviais superficiais da boca de lobo exerce uma grande influência na sua capacidade. Quando esta área livre é dotada de grelha, essa capacidade dependerá também da dimensão, da forma e disposição das barras da grelha (COELHO, 2011, p.133).



Conforme Botelho (1998), a capacidade de engolimento da boca de lobo quando bem construída e limpa não supera 60 l/s, nesse ponto de vista o tubo de conexão ou ligação não precisaria ser superior a 200 mm de diâmetro.

As galerias são canalizações utilizadas para conduzir as águas pluviais que chegam até as bocas de lobo ou de ligações privadas, até um corpo receptor. As galerias devem ser calculadas e projetadas a fim de suportar um volume estimado para atender a população daquela localidade, garantindo um bom funcionamento quanto à vazão de projeto, e a velocidade máxima admissível em função da rugosidade do material dos tubos empregados na rede.

Como exemplo, para tubos de concreto a velocidade máxima admissível é de 5,0 m/s e a velocidade mínima 0,60 m/s. A Figura 4 representa uma galeria de seção circular (ANDRADE, ABREU, 2017).

# **MEMORIAL DESCRITIVO**

# **PROJETO**

## **Dimensionamento De Microdrenagem Da Cidade De Curral Velho - PB**

Proprietário: Maria Celina Silva Diniz

Projeto de microdrenagem urbana, sistema de sarjeta, boca de lobo e galerias para cidade de Curral Velho, no estado da Paraíba.

Autor e Responsável Técnico:

**Maria Celina Silva Diniz**

Engenheiro(a) Civil – Matrícula 916210264

Pombal, Paraíba

Julho, 2022

## **1. Objetivo e localização**

### **1.1 Objetivo Geral**

Demonstrar os critérios e orientações que foram adotados para a realização do projeto de dimensionamento dos dispositivos de microdrenagem urbana pluvial para cidade de Curral Velho-PB, considerando que atualmente o município só possui macrodrenagem, em canal semiaberto.

Devido ausência de normativas para projetos de drenagem, foi utilizado o manual de projeto, drenagem urbana pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica e Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1980.

Como normas auxiliares necessárias a consecução do projeto, são utilizadas ainda:

- 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.

### **1.2 Objetivos Específicos**

- Obter equação de chuvas intensas.
- Identificar uso e ocupação do solo da área urbana
- Gerar curvas de nível da área urbana e perfis topográficos das ruas em estudo.
- Dimensionar sistemas de microdrenagem urbana.

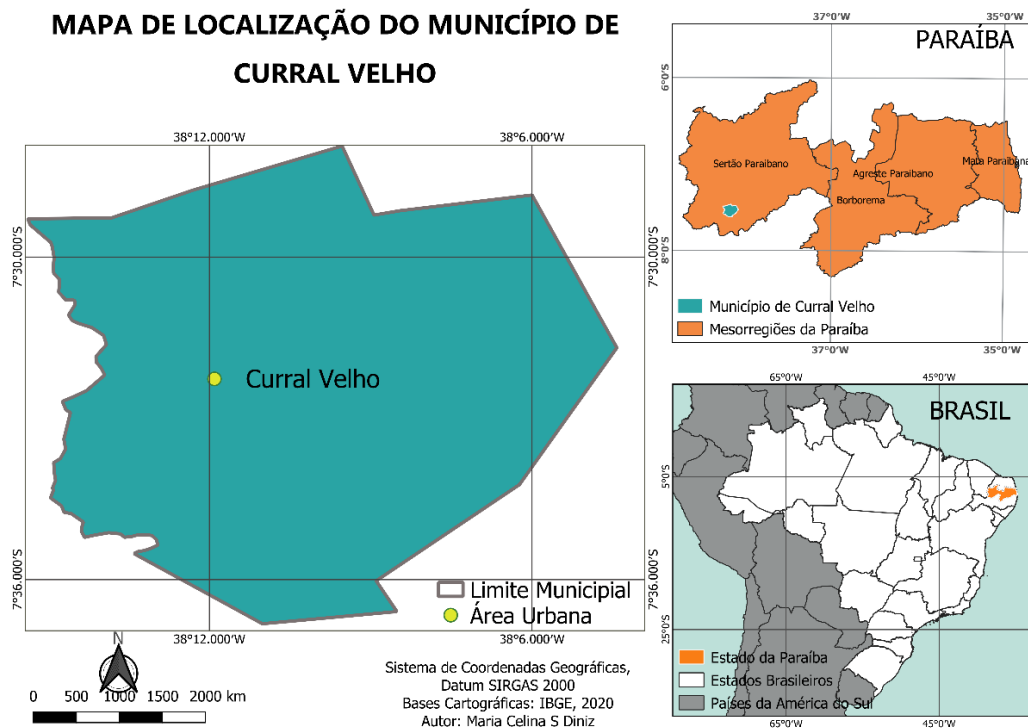
### **1.3 Localização**

O município de Curral Velho está localizado ao oeste do estado da Paraíba, na mesorregião do sertão paraibano, como representado na Figura 1. Está às margens da PB-370, a 373 metros de altitude, limitando-se a Oeste com Diamante,

ao Sul Santana de Mangueira, Manaíra e São José de Princesa, a Leste Nova Olinda, e a Norte Boa Ventura e se situando a 28 km de Itaporanga a maior cidade nos arredores.

De acordo com o IBGE, possui 217,624 km<sup>2</sup> de área territorial, e população no último censo no ano de 2010 de 2.505 habitantes, e 6,6% com urbanização das vias públicas.

Figura 1 – Mapa de Localização



Fonte: Acervo do Autor, 2022

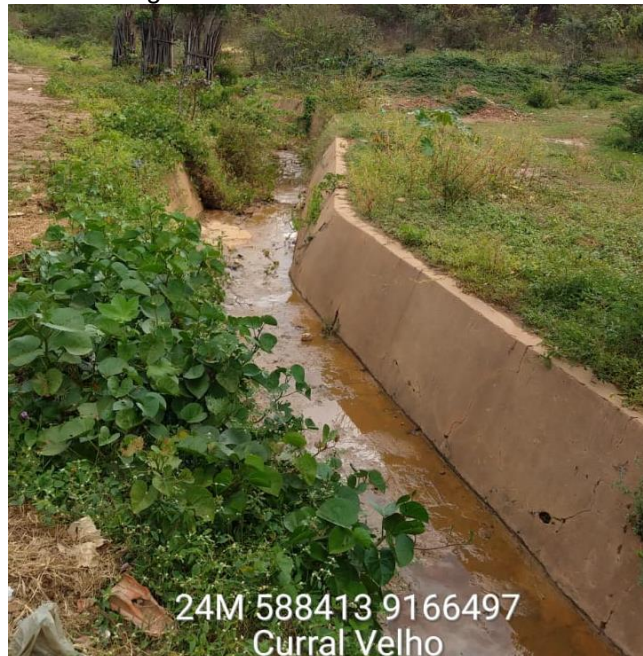
## 1.4 Características da área de projeto

Atualmente a cidade não dispõe de sistema de microdrenagem, possuindo apenas sua declividade natural das ruas e um canal que atravessa toda a cidade realizando a macrodrenagem da mesma, conforme Figura 2 e Figura 3.

De acordo com o manual de projeto Geométrico de Travessias Urbanas do DNIT, a seção transversal da rua deve ter caimento simples, sendo ele de 2,5% em locais com pavimentos com grau de porosidade alto ou qualidade inferior ao

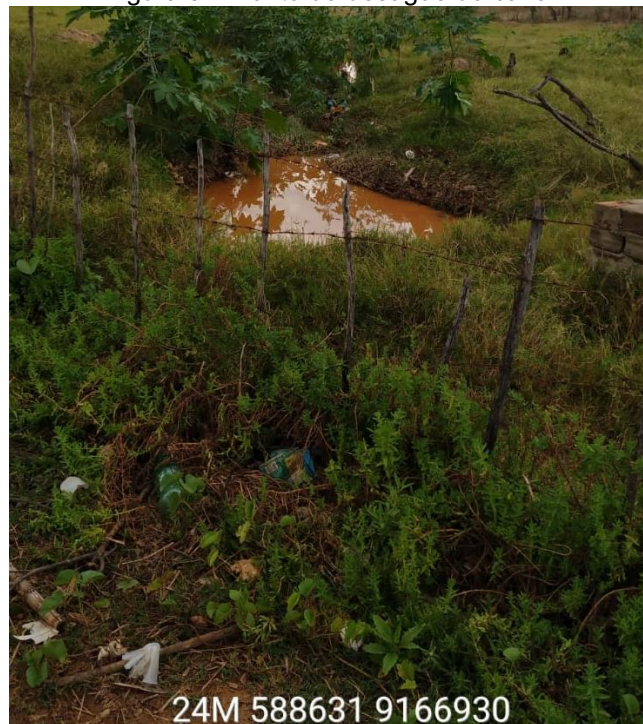
betuminoso. Assim, devido a inviabilidade de verificar individualmente as inclinações transversais das vias, foi adotado um padrão de caimento de 2,5%.

Figura 2 – Ponto de início do canal



Fonte: Acervo do Autor, 2022

Figura 3 – Ponto de deságue do canal

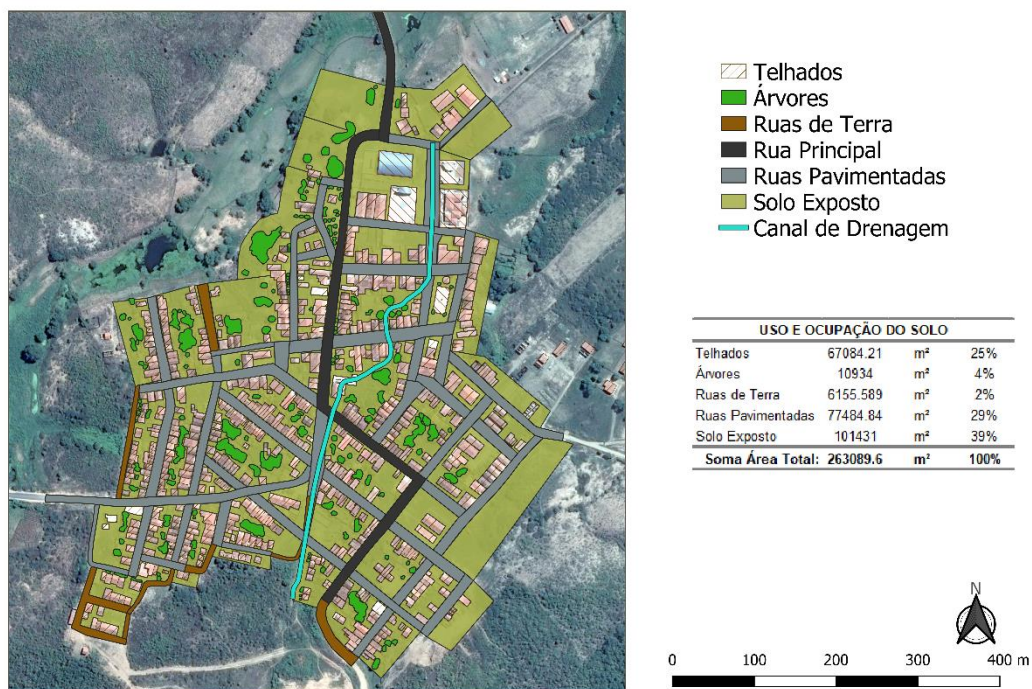


Fonte: Acervo do Autor, 2022

### 1.4.1 Uso e Ocupação do Solo

Foi realizado o estudo do uso e ocupação do solo da área urbana da cidade, através do software Qgis – *Las Palmas*. Com a imagem do Google Earth anexada, e georreferenciada, foram delimitadas, através do processo de vetorização, áreas com diferentes ocupações, classificando o solo em: telhado, árvore, rua pavimentada, rua de terra e solo exposto (Figura 4)

Figura 4 – Uso e ocupação do solo.



Fonte: Acervo do Autor, 2022

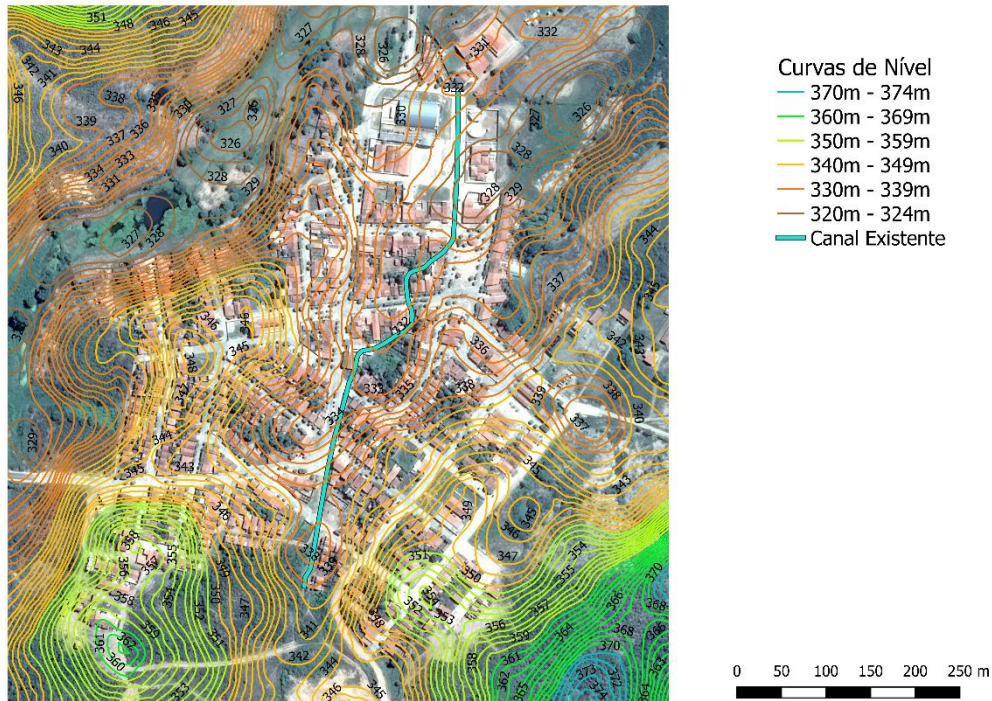
### 1.4.2 Topografia

A obtenção das curvas de nível da área urbana foi dada através da análise da imagem de satélite MDE (Modelo de Elevação Digital) obtida no site WEPMAPIT-TOPODATA, a mesma se encontra em formato “.TIF”, assim lido pelo software Qgis-*Las Palmas* através da leitura de camada RASTER.

As curvas de nível foram geradas de maneira equidistante, a partir do comando extrair e seguidamente contorno, de um em um metro. Para melhor precisão do estudo foi necessário também realizar o recorte da mesma para a área desejada.

Pode-se avaliar este dado através da Figura 5, onde é exposto sua variação de 324m a 374m, assim a região não apresenta grande desnível em sua topografia.

Figura 5 – Curvas de nível.



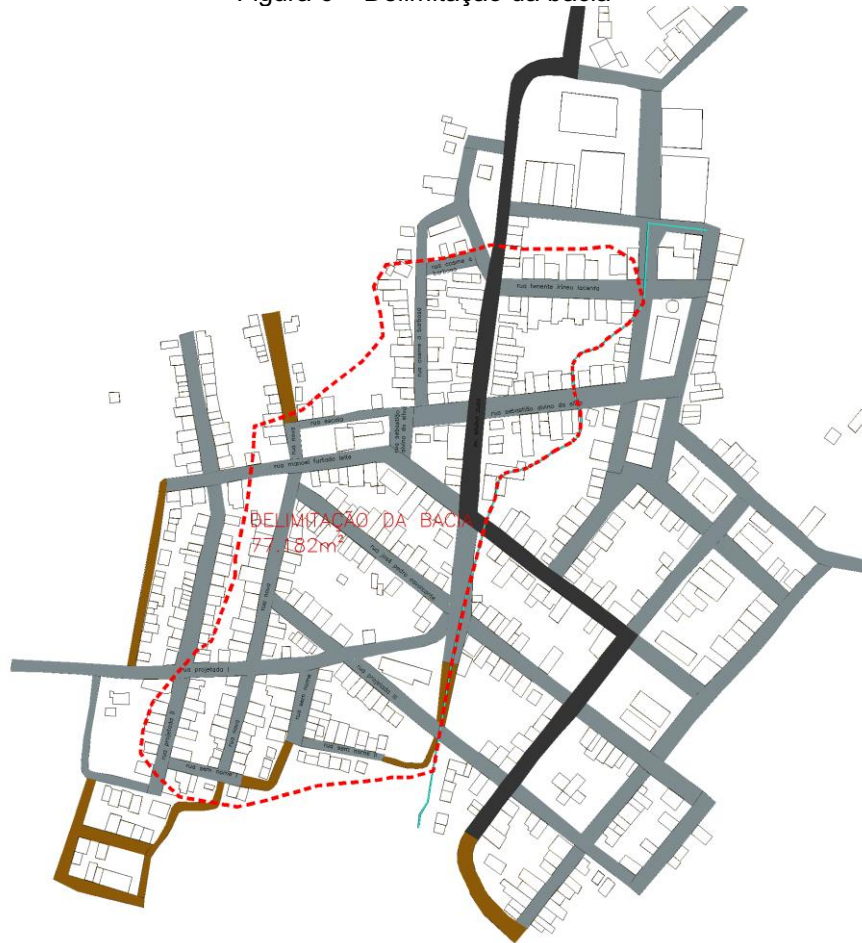
Fonte: Acervo do Autor, 2022

### 1.4.3 Delimitação da bacia de estudo

Para elaboração desse projeto foi realizada a delimitação da bacia, em aproximadamente 77.183m<sup>2</sup>, onde seu limite se dá onde o canal semi-aberto percorre, conforme Figura 6



Figura 6 – Delimitação da bacia



Fonte: Acervo do Autor, 2022

## 1.5 Dados de Análise

### 1.5.1 Coeficiente de Manning

Para o Coeficiente de Manning das sarjetas e das galerias, admitiu-se o valor de 0,013 de acordo com a Tabela 1 e Tabela 2.

Tabela 1 – Coeficiente de rugosidade

Tipo de sarjeta ou pavimento	Coefficiente n de Manning
Sarjeta em concreto bem acabada	0,012
Pavimento em asfalto com textura lisa	0,013
<b>Pavimento em asfalto com textura ásperas</b>	<b>0,016</b>
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: FHWA (1996)

Tabela 2 – 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			
68x13mm	0,019	0,021	0,021
76x25mm	0,021	0,025	0,025
152x51mm	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: Manual de Instruções Técnicas Projetos de Drenagem- RJ (2010)

### 1.5.2 Tempo de recorrência

O tempo de recorrência ou período de retorno a ser adotado na determinação da vazão de projeto e, conseqüentemente, no dimensionamento dos dispositivos de drenagem, deverá ser considerado conforme Tabela 3.

Tabela 3 - Tempo de recorrência.

Tipo de obra	Tipo de ocupação	Período de retorno (anos)
Micro-drenagem	Residencial	2
Micro-drenagem	Comercial	5
Micro-drenagem	Edifícios de serviços ao público	5
Micro-drenagem	Aerportos	2-5
Micro-drenagem	Áreas comerciais e artérias de tráfego.	5-10
Macro-drenagem	Áreas Comerciais e residenciais	50-100
Macro-drenagem	Áreas de importância específica	500

Fonte: Tucci (1995).

Deste modo, considerando o fato de que a área urbana atualmente está em crescimento, adotou-se um tempo de retorno de 10 anos, acima do indicado, para obter uma maior vazão e dimensionar sistemas de microdrenagem previamente preparados para urbanização.

### **1.5.3 Tempo de concentração**

No método racional, a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Para que essa condição aconteça, admite-se que a bacia é pequena, uma vez que a intensidade é inversamente proporcional à duração.

De acordo com a fórmula de Kirpich, publicada no “Califórnia Culverts Practice” (1956), o tempo de concentração para superfícies urbanas mínimo é de 10 minutos e calculado pela equação 1:

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

Em que:

$t_c$ : Tempo de concentração (minutos)

L: Comprimento do trecho (m)

H: Desnível do trecho (m).

Desta forma, após  $t_c$  calculado foi adotado o valor mínimo de 10 minutos para todos os trechos.

### **1.5.4 Coeficiente de escoamento superficial (C)**

Segundo Tucci (1995), o coeficiente de escoamento superficial depende das seguintes características: tipo de ocupação, tipo de cobertura, tipo de solo, tempo de retorno e intensidade de precipitação.

O valor do Coeficiente de Escoamento Superficial de Runoff (C) da bacia foi determinado com auxílio da Tabela 1 do referencial teórico deste documento. Para o

cálculo da vazão máxima, no qual as áreas contribuintes possuem diferentes valores de C, calculou-se um valor de C único, dado por:

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

Em que:

C: Coeficiente de escoamento superficial da área (adimensional)

A: Área contribuinte (m<sup>2</sup>)

C<sub>i</sub>: Coeficiente de escoamento superficial de uma parcela da área (adimensional)

A<sub>i</sub>: Parcela da área contribuinte (m<sup>2</sup>)

Tabela 4 – Coeficiente de escoamento superficial (runoff) - C.

USO E OCUPAÇÃO	Área	UN.	C	Ci x Ai
Telhados	67084	m <sup>2</sup>	0,95	63730
Árvores	10934	m <sup>2</sup>	0,2	2186,8
Ruas de Terra	6155,6	m <sup>2</sup>	0,79	4862,9
Ruas Pavimentadas	77485	m <sup>2</sup>	0,81	62763
Solo Exposto	101431	m <sup>2</sup>	0,3	30429
<b>Soma Área Total:</b>	<b>263090</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>Ctotal: 0,62</b>	

Fonte: Acervo do autor, 2022.

Desta forma, o valor de “C” foi calculado com os valores da Tabela 4 acima, e adotado valor de 0,65.

## 2 Especificações

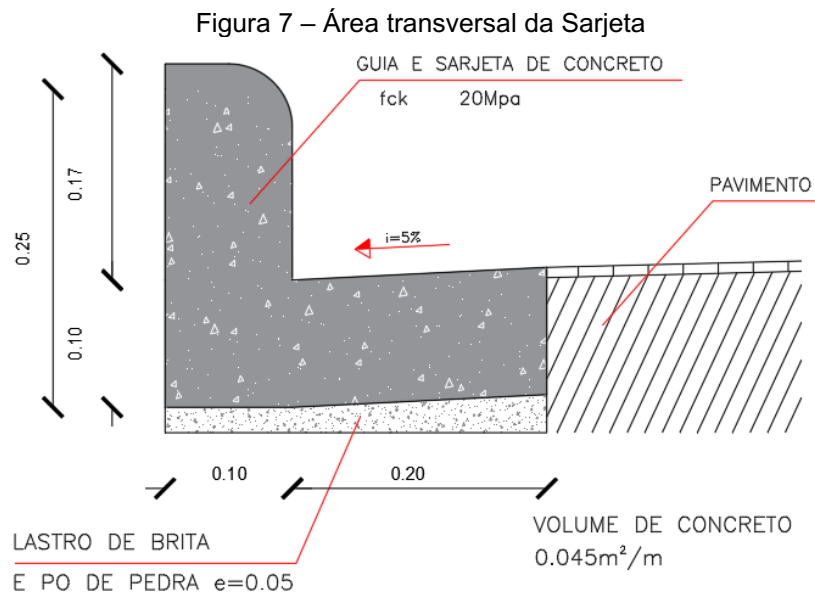
As especificações para o projeto não incluem nenhum estudo estrutural, apenas parâmetros mínimos indicados, e padrões geométricos calculados de acordo com o tópico “4 Memorial de Cálculo”.

Para posicionamento dos dispositivos e informações adicionais acessar os Anexos deste documento, onde se encontram as plantas necessárias para execução do projeto descrito. É importante salientar que os detalhamentos a seguir não dispõem de estudo estrutural, portanto vale verificar os padrões adotados.

## 2.1 Sarjetas

Tem por objetivo captar as águas que se precipitam sobre as faixas de rolamento, a sarjeta é uma placa de concreto de cimento Portland moldado ao longo da guia destinada a receber águas superficiais e conduzi-las a um coletor.

Visando facilitar a execução, foi adotado um padrão único de meio fio e sarjeta composta pré-moldada, com dimensões da sua seção transversal de acordo com a Figura 7, vale ressaltar que seu dimensionamento se encontra detalhado no tópico “4.2 Dimensionamento das Sarjetas”.



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Seguindo as indicações do DER-SP, meios-fios pré-moldados e sarjetas o concreto deve ter fck 20 Mpa, e atender as NBR 6118, NBR 12654 e NBR 12655. Salienta-se a importância da execução de juntas de dilatação, conforme recomendações do fabricante.

Antes do assentamento do dispositivo, deve haver um preparo do fundo da vala regularizando o solo e compactando-o convenientemente em camadas de 10cm de espessura até chegar ao nível desejado. Após preparação do solo, deve-se executar o lastro de brita e pó de brita aplilado, com espessura mínima de 5cm.

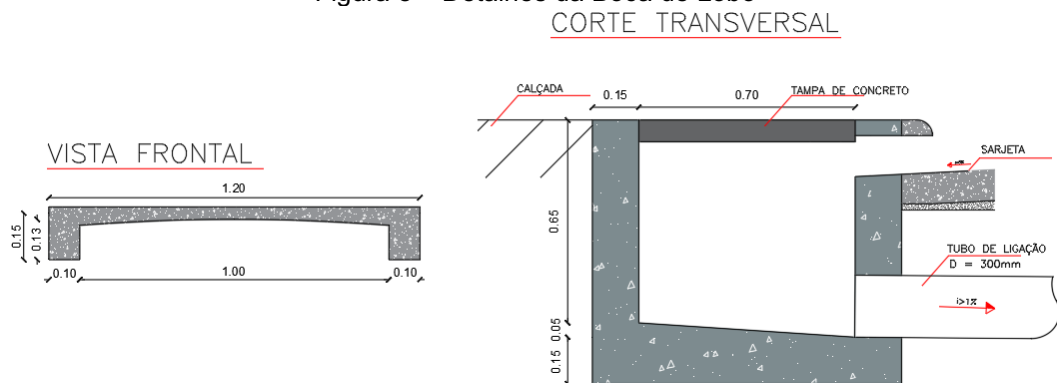
## 2.2 Boca de Lobo

Chama-se boca de lobo (BL) o conjunto de: caixa coletora, laje de cobertura e chapéu de entrada, detalhado na Figura 8. Coletando as águas pluviais conduzidas pelas sarjetas e encaminhando-as à galeria.

A guia chapéu segue as dimensões da sarjeta, sendo ela vazada com abertura livre de 13 cm na flecha. A caixa coletora é formada por uma placa de fundo e paredes de concreto com 15 cm, e  $f_{ck}$  mínimo de 8 Mpa. A laje da cobertura deve ter no mínimo 7cm de espessura,  $f_{ck}$  20Mpa, comprimento mínimo de 1 (um) metro, largura mínima de 0,70m, com alças para facilitar remoção.

De acordo com o dimensionamento detalhado no tópico “4.3 Dimensionamento das Bocas de Lobo”, foi adotado um único padrão de dispositivo com guia chapéu com abertura de 13cm de flecha e comprimento vazado de 1 (um) metro, conforme detalhe apresentado na Figura 8. Em alguns trechos onde a vazão de engolimento do dispositivo admitido foi ultrapassada, foram consideradas bocas de lobo duplas.

Figura 8 – Detalhes da Boca de Lobo



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Análogo aos dispositivos de sarjeta, o solo deve ser preparado para receber a caixa coletora. A disposição dos mesmos deve seguir o projeto disposto em anexo 02. Os tubos de ligação conectam a BL com a galeria, possui diâmetro mínimo adotado de 300mm, classe PA-1, de acordo com a NBR 8890.

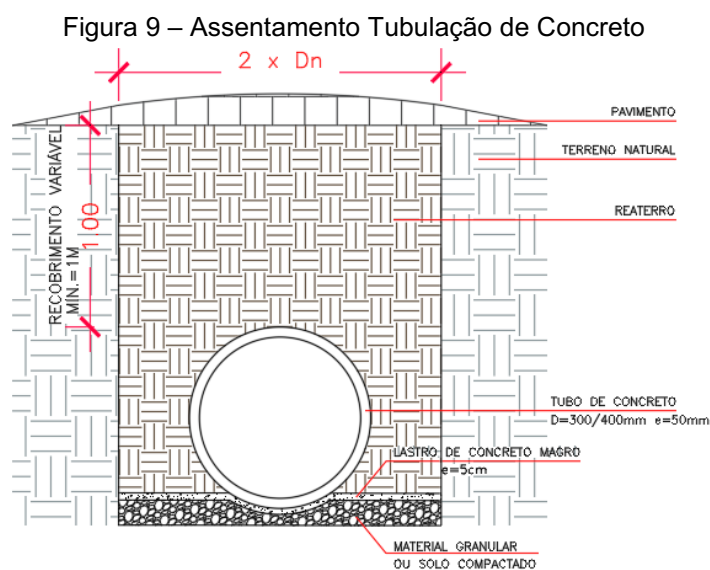
## 2.3 Galeria

Conjunto de tubulações e dispositivos subterrâneos para encaminhar águas vindas das bocas de lobo para o deságue. A tubulação adotada é pré-moldada de concreto armado, de seção circular com ponta e bolsa, sendo os de  $\varnothing$  de 300mm e 400 mm pelo menos classe PA1, de acordo com as especificações da NBR 8890.

Em questão da escavação, compreende a remoção de material abaixo da superfície até às linhas e cotas especificadas no projeto (Anexo 02). As valas deverão ser escavadas de acordo com a linha do eixo apresentado na planta baixa em anexo 2, obedecendo à largura mínima a 2 diâmetros nominais, caso o solo seja estável, já para solos instáveis deve se realizar estudo à parte.

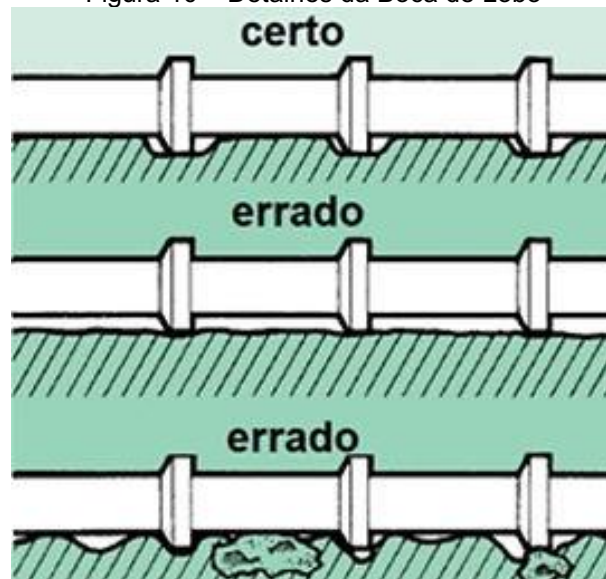
O fundo das valas deverá ser limpo, regularizado e compactado em camadas de 10cm, caso o mesmo não seja adequado deverá ser substituído por pedra de mão com profundidade mínima de 40cm. É obrigatório, no mínimo, o escoramento de valas e cavas de talude vertical com profundidade maior do que 1,50m, sendo esta estabilidade de responsabilidade do executor.

A instalação dos tubos não poderá ser realizada diretamente sobre o fundo da vala, deverá ser construído um berço de apoio (Figura 9) em material granular ou concreto, com superfície lisa, uniforme e retilínea. Vale salientar para assentamento das juntas de ponta e bolsa deverão ser deixados sulcos (Figura10).



Fonte: Acervo do autor, 2022.

Figura 10 – Detalhes da Boca de Lobo



Fonte: ABTC, 2017

O reaterro poderá ser executado com espalhamento mecânico utilizando material extraído da própria escavação, não poderão ser usados material com pedaços de pavimento, tocos de madeira, raízes, entre outros, compactado com soquete manual, “sapo” mecânico ou placa vibratória, sendo responsabilidade do executor.

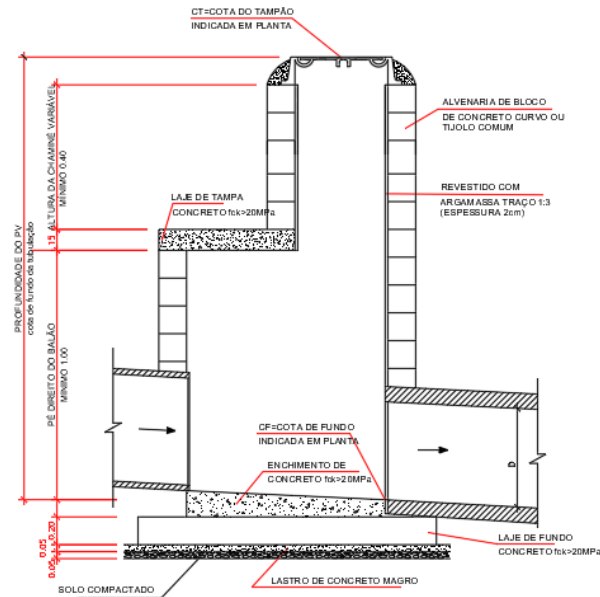
### **2.3.1 Poço de Visita**

Dispositivos utilizados nas redes de águas pluviais, para inspeção e manutenção, mudança de cotas, mudança de direção, conexão e entroncamento de redes. A escavação do poço de visita (PV) deve seguir as recomendações anteriores.

É composto por paredes com espessura de 15cm, executadas com alvenaria de bloco de concreto curvo ou tijolo comum, a laje de fundo deverá ter 0,20m de espessura e ferragem adequada, a laje de cobertura deverá ter 0,15m de espessura e ferragem adequada, e concreto com resistência mínima de 20 Mpa (Figura 11). Sobre a laje de cobertura será construída a chaminé devendo atingir a cota inferior do tampão construído de tijolo comum ou bloco de concreto, o tampão a ser instalado será de ferro fundido dúctil com resistência 30 toneladas.



Figura 11 – Poço de Visita

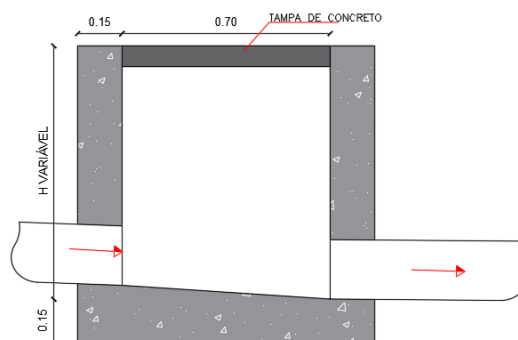


Fonte: Acervo do autor, 2022.

### 2.3.2 Caixa de ligação

Tem como objetivo apenas conduzir o fluxo das bocas de lobo para tubulação, sem acesso para limpeza ou visita. Deverão ser executadas com a instalação de caixas pré-moldadas com dimensões 1,0m x 1,0m x Hm (Figura 12), onde H é sua altura variável de acordo com a cota do terreno.

Figura 12 – Caixa de Ligação  
CORTE TRANSVERSAL



Fonte: Acervo do autor, 2022

### 3 Quantitativos

Tabela 5 – Quantitativos de projeto

DESCRIÇÃO	QUANTIDADE	UNIDADE
Sarjeta Padrão (20cm x 17cm x 10cm, i= 5%)	4085	m
Boca de Lobo (120cm x 10cm x 17cm)	30	un
Tubo em concreto PA 1 - D=30cm	160	m
Tubo em concreto PA 1 - D=40cm	642	m
Tubo em concreto PA 1 - D=50cm	115	m
Poço de Visita	10	un
Caixa de Ligação (100cm x 100cm x 150cm)	3	un

Fonte: Acervo do autor, 2022

## 4 Memorial de Cálculo

### 4.1 Equação da Chuva

Para determinar a vazão que chegará nos dispositivos de drenagem, é necessário encontrar a intensidade da chuva que incidirá sobre as áreas de contribuição. Para este projeto, será utilizada a equação das chuvas intensas, válida para o município de Curral Velho, calculada através da relação de intensidade, duração e frequência proposto por Tucci (1995). O uso da fórmula possibilitará determinar a intensidade de chuva na bacia delimitada.

Os dados de precipitação diária utilizados foram obtidos da estação pluviométrica de código 00738077, através do site da ANA (Agência Nacional das Águas) e da AESA (Agência Executiva de Gestão das Águas e Saneamento Básico). Utilizou-se os dados diários dos anos de 1995 a 2021, realizando um tratamento prévio dos mesmos para obter a precipitação máxima diária de cada ano disponibilizado, totalizando 27 dados.

#### 4.1.1 Análise dos dados

Para a organização dos dados, citados anteriormente, foi feita sua classificação e enumeração decrescente, posteriormente foi analisada a probabilidade observada dada por:  $P = \frac{Ni}{N+1}$ , onde Ni é o número do rol, N é o total

de números do rol, e seu período de retorno dado por:  $T = \frac{1}{p}$ , onde P é a probabilidade observada (Tabela 01)

Após compilação de dados, é possível encontrar parâmetros estatísticos como média aritmética dada pela equação 01 e desvio padrão dado pela equação 02. Com o valor mínimo e o valor máximo dos dados de precipitação é possível encontrar uma amplitude, representando a variação máxima entre as precipitações.

$$\bar{x} = \frac{(X1+X2...+Xn)}{N} \quad (\text{Eq 01})$$

Em que:

$\bar{x}$ : média das precipitações (mm)

(X1+X2...+Xn): somatório das precipitações (mm)

N: número de anos da série

$$S = \sqrt{\frac{\sum_j^N (X-\bar{x})^2}{N-1}} \quad (\text{Eq 02})$$

Em que:

S: desvio padrão da série (mm)

$\bar{x}$ : média das precipitações (mm)

N: número de anos da série

Para verificação da satisfação a série foi submetida ao ajuste da distribuição de probabilidade Gumbel, conforme Tabela 01, dado pela equação 03.

$$y_{obs} = -\ln\left(-\ln\left(\frac{T-1}{T}\right)\right) \dots\dots\dots (\text{Eq 03})$$

Em que:

Yobs: variável observada reduzida de Gumbel

T: período de retorno

Para realização do gráfico da distribuição de Gumbel (Gráfico 01), utilizou-se de uma variável teórica em relação aos dados reais da série utilizada, a partir da equação 04:

$$y_{teórico} = \frac{(P_i - \bar{x} + (S \cdot 0,45))}{0,7797 \cdot S} \quad (\text{Eq 04})$$

Em que:

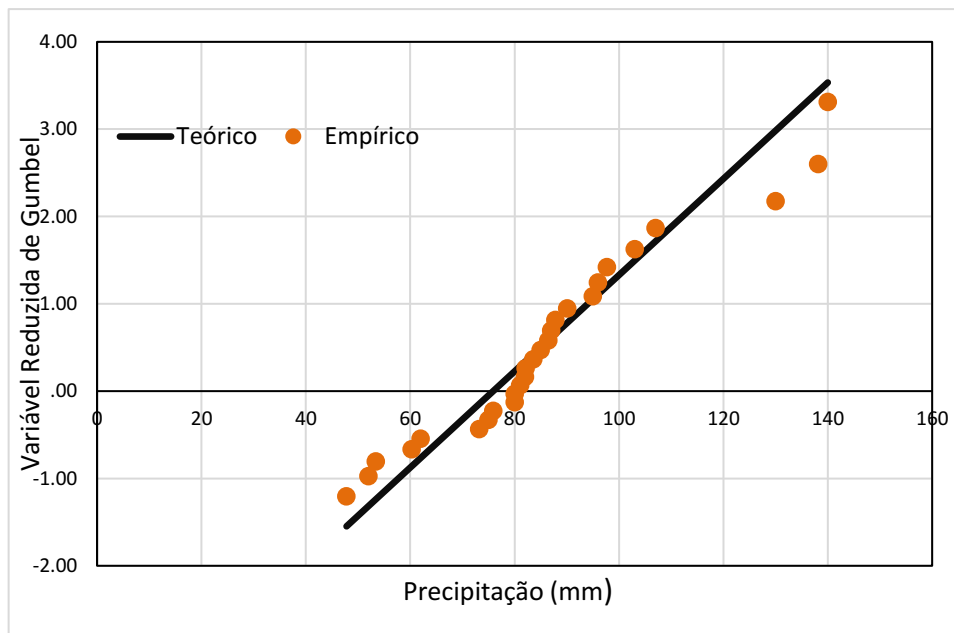
$y_{teórico}$ : variável Gumbel teórica

$P_i$ : precipitação (mm)

$\bar{x}$ : média das precipitações (mm)

$S$ : desvio padrão da série (mm)

Gráfico 01 – Verificação da distribuição de Gumbel



Fonte: Acervo do Autor, 2022

Com o gráfico da distribuição da variável de gumbel já é possível observar a satisfação dos dados obtidos, uma vez que a variável empírica, ou dita como observada, segue próxima ao segmento da variável teórica.

Para quantificar essa relação entre os resultados foi utilizado o teste  $\chi^2$  de Pearson ou qui-quadrado, uma das distribuições mais utilizadas em estatística inferencial. Foram utilizadas as equações abaixo:

$$P_{teórico} = y_{obs} \cdot 0,7797 \cdot S - S \cdot 0,45 + \bar{x} \quad (\text{Eq 05})$$

Em que:

Pteórico: Precipitação teórica (mm)

Yobs: variável observada reduzida de Gumbel

S: desvio padrão da série (mm)

$\bar{x}$ : média das precipitações (mm)

$$\chi^2_{calculado} = \sum \frac{(P_i - P_{teórico})^2}{P_i} \quad (\text{Eq 06})$$

Em que:

$\chi^2_{calculado}$ : Qui-quadrado calculado

Pteórico: Precipitação teórica (mm)

Yobs: variável observada reduzida de Gumbel

S: desvio padrão da série (mm)

O  $\chi^2_{teórico}$  foi calculado a partir da função "INV.QUIQUA.CD", dado nível de significância de 1% e Grau de Liberdade 26. Os valores encontrados se encontram expostos na Tabela 06, juntamente com os parâmetros estatísticos citados anteriormente.

Tabela 06 – Parâmetros estatísticos da série

Média (mm)	Desvio Padrão (mm)	Pi Máxima (mm)	Pi Mínima (mm)	Amplitude (mm)	X <sup>2</sup> calculado	X <sup>2</sup> teórico
86,40	23,30	140,00	47,80	92,20	9,25	12,20

Fonte: Acervo do Autor, 2022

Pode-se observar os valores de  $\chi^2_{calculado} = 9,25$  e  $\chi^2_{teórico} = 12,2$  satisfazendo então a hipótese de que os dados observados são próximos ao esperado.

Na Tabela 07 estão apresentados os dados em questão, seus parâmetros anteriormente apresentados e as variáveis de Gumbel.

Tabela 07 – Parâmetros da série de precipitação e varável reduzida de Gumbel

Anos	Pi (mm)	N	P	T	VARIÁVEL		P teórico	$\chi^2$
					Y obs	Y teórico		
1.999	140,00	1	0,036	28,00	3,3141	3,5337	136,02	0,1134
2.013	138,20	2	0,071	14,00	2,6022	3,4345	123,10	1,6498
1.996	130,00	3	0,107	9,33	2,1775	2,9825	115,39	1,6411
2.000	107,00	4	0,143	7,00	1,8698	1,7148	109,81	0,0739
2.017	103,00	5	0,179	5,60	1,6260	1,4943	105,39	0,0554
2.018	97,70	6	0,214	4,67	1,4223	1,2022	101,69	0,1632
2.020	96,00	7	0,250	4,00	1,2459	1,1085	98,49	0,0647
2.003	95,00	8	0,286	3,50	1,0892	1,0534	95,65	0,0045
2.011	90,10	9	0,321	3,11	0,9474	0,7833	93,08	0,0983
2.008	87,80	10	0,357	2,80	0,8168	0,6566	90,71	0,0963
2.005	87,00	11	0,393	2,55	0,6952	0,6125	88,50	0,0259
2.014	86,50	12	0,429	2,33	0,5805	0,5849	86,42	0,0001
2.001	85,00	13	0,464	2,15	0,4714	0,5022	84,44	0,0037
1.998	83,60	14	0,500	2,00	0,3665	0,4251	82,54	0,0135
2.004	82,10	15	0,536	1,87	0,2649	0,3424	80,69	0,0240
2.021	82,00	16	0,571	1,75	0,1657	0,3369	78,89	0,1176
2.002	81,10	17	0,607	1,65	0,0679	0,2873	77,12	0,1952
2.006	80,00	18	0,643	1,56	-0,0292	0,2266	75,36	0,2693
1.997	80,00	19	0,679	1,47	-0,1266	0,2266	73,59	0,5135
2.010	75,90	20	0,714	1,40	-0,2254	0,0007	71,80	0,2215
2.019	75,00	21	0,750	1,33	-0,3266	-0,0490	69,96	0,3384
2.009	73,20	22	0,786	1,27	-0,4321	-0,1482	68,05	0,3625
2.016	62,00	23	0,821	1,22	-0,5439	-0,7655	66,02	0,2606
2.007	60,30	24	0,857	1,17	-0,6657	-0,8592	63,81	0,2043
2.012	53,40	25	0,893	1,12	-0,8036	-1,2395	61,31	1,1712
1.995	52,00	26	0,929	1,08	-0,9704	-1,3167	58,28	0,7589
2.015	47,80	27	0,964	1,04	-1,2036	-1,5482	54,05	0,8174

Fonte: Acervo do Autor, 2022

Em que:

Pi: precipitação máxima anual (mm)

N: numeração do rol

P: probabilidade observada

T: período de retorno

Yobs: variável observada reduzida de Gumbel

Yteórico: variável Gumbel teórica

Pteórico: Precipitação teórica (mm)

$\chi^2$ : Qui-quadrado calculado

#### 4.1.2 Curvas IDF

A partir destes ajustes obtiveram-se valores de chuva máxima diária anual referente aos períodos de retornos (T) de 2, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75 e 100 anos. Ainda utilizando a variável de Gumbel (Yobs) foi calculado o Fator de Frequência (Kt) pela equação 07

$$K_t = 0,7797 \cdot yobs + 0,45 \quad (\text{Eq 07})$$

Então foi encontrada a chuva de projeto (Ht), dada pela equação 08, com duração de 1 dia, para cada período de retorno. Resumindo assim os dados na Tabela 08.

$$H_t = \bar{x} + Kt \cdot S \quad (\text{Eq 08})$$

Em que:

$\bar{x}$ : média das precipitações (mm)

Kt: fator de frequência

S: desvio padrão da série (mm)

Tabela 08 – Precipitação dado Período de Retorno de 2 a 100 anos

T (anos)	Yobs	Kt	Ht (mm)
2	0,36651	-0,164	<b>82,54</b>
5	1,49994	0,720	<b>103,10</b>
10	2,25037	1,305	<b>116,72</b>
15	2,67375	1,635	<b>124,40</b>
20	2,9702	1,866	<b>129,78</b>
30	3,38429	2,189	<b>137,29</b>
40	3,67625	2,416	<b>142,59</b>
50	3,90194	2,592	<b>146,68</b>
75	4,31078	2,911	<b>154,10</b>
100	4,60015	3,137	<b>159,35</b>

Fonte: Acervo do Autor, 2022

Com os valores de chuva máxima para cada período de retorno foi necessário realizar a desagregação das mesmas utilizando as diretrizes do método de relações das durações (DAEE/CETESB, 1980), para intervalos menores de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 300, 360, 420, 480, 540, 600, 720, 900, 1200 e 1440 minutos.

O coeficiente de desagregação empregado para precipitação de 1 dia foi o da DAEE/CETESB, de valor “1,14”, já os restantes foram calculados pela equação 09 adaptada por André Silveira para o Brasil. Assim, para obtenção das precipitações desagregadas, multiplicou-se a maior duração, primeiramente dada na Tabela 03 pelo seu respectivo coeficiente, e assim sucessivamente.

$$C_{24}(t) = e^{1,5 \cdot \ln\left(\frac{\ln t}{7,3}\right)} \quad (\text{Eq 09})$$

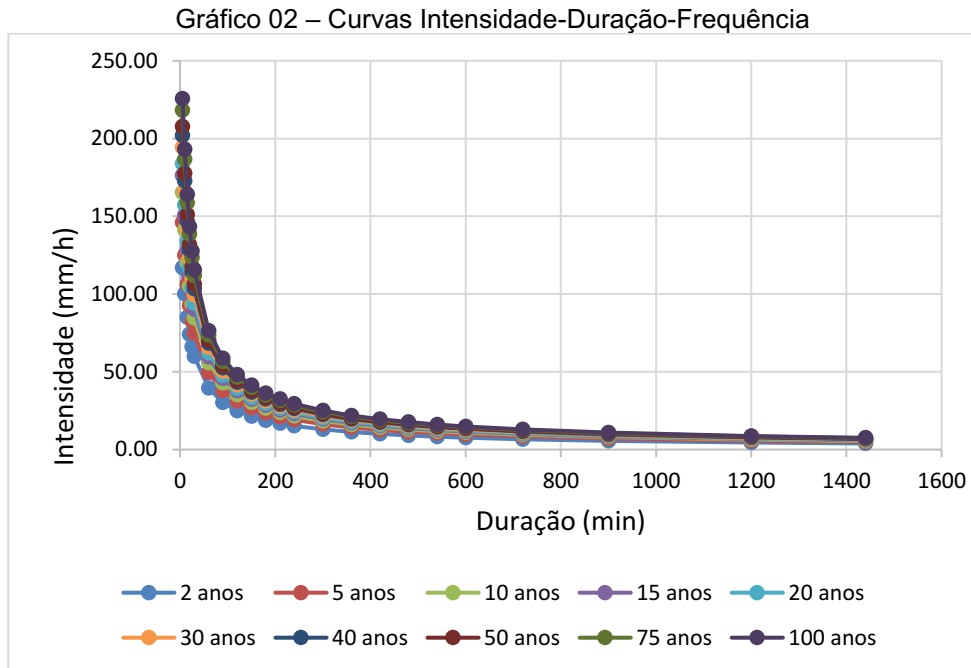
Em que:

C<sub>24</sub>(t): coeficiente de desagregação em função da duração

t: duração escolhida

Deste modo é possível plotar os valores de precipitações, durações e período de retorno no gráfico 02 com curvas I-D-F (Intensidade – Duração – Frequência).





#### 4.1.3 Determinação da Equação IDF

A caracterização de chuvas intensas pode ser descrita a partir do ajuste dos parâmetros  $K$ ,  $m$ ,  $n$ , e  $b$  da equação de intensidade, duração e frequência por meio de regressão linear pela equação a seguir:

$$I = \frac{K \cdot (T)^m}{(t + t_0)^n} \quad (\text{Eq 10})$$

Em que:

$I$ : intensidade da precipitação (mm/h)

$T$ : período de retorno (anos)

$t$ : duração da chuva (minutos)

$K$ ,  $m$ ,  $t_0$  e  $n$ : parâmetros ajustados com base nos dados de intensidade pluviométrica da localidade.

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 (gráfico 02) representadas por uma equação matemática de chuvas intensas (Eq 11):

$$I = \frac{C}{(t+t_0)^n} = \frac{K \cdot (T)^m}{(t+t_0)^n} \quad (\text{Eq 11})$$

Em que:

I: intensidade da precipitação (mm/h)

t: duração da chuva (minutos)

C,  $t_0$  e n: parâmetros ajustados com base nos dados de intensidade pluviométrica da localidade.

Desta forma aplicando transformação logarítmica da equação 11, obtém-se:

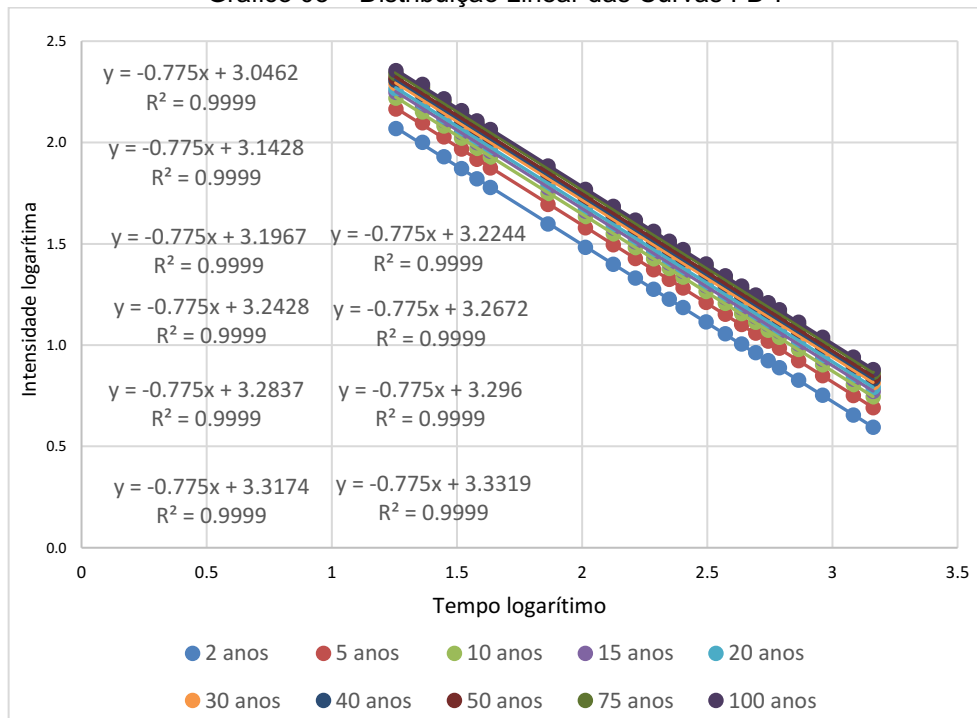
$$\text{Log } I = \text{Log } C - n \text{Log } (t + t_0) \quad (\text{Eq 12})$$

$$\text{Log } C = \text{Log } K - m \text{Log } (T) \quad (\text{Eq 13})$$

Observa-se a semelhança entre a equação linear ( $y = b - a \cdot x$ ) e as equações acima. Portanto, 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 02 de curvas em equações lineares, soma-se o tempo de duração à um valor  $t_0=13$  encontrado através de tentativas e erros as quais resultassem um valor de  $R^2$  próximo a 1 (um), e aplica-se logaritmo aos dados analisados. Gerando assim o gráfico 03, possuindo valor de  $R^2=0,999$ , e nos quais os valores dos coeficientes lineares e angulares serão utilizados para obter os parâmetros da equação da chuva.

Gráfico 03 – Distribuição Linear das Curvas I-D-F



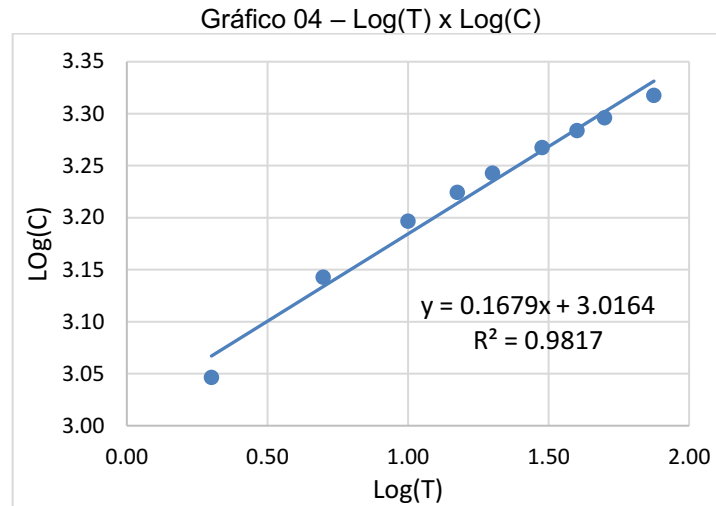
Fonte: Acervo do Autor, 2022

Assim, é realizado novo gráfico aplicando logaritmo no período de retorno (T) e os dados  $\text{Log}(C)$  obtidos pelos coeficientes angulares apresentados no gráfico 03. Assim resultando a Tabela 09 e o gráfico 04.

Tabela 09 – Logaritmo do tempo

T (anos)	Log(T)	Log(C)
2	0,301	3,046
5	0,699	3,143
10	1,000	3,197
15	1,176	3,224
20	1,301	3,243
30	1,477	3,267
40	1,602	3,284
50	1,699	3,296
75	1,875	3,317
100	2,000	3,332

Fonte: Acervo do Autor, 2022



Fonte: Acervo do Autor, 2022

A partir da equação obtida pelo gráfico 04 foi possível adquirir os parâmetros “log(k)” e “m” através seus coeficientes. De forma análoga foi obtido o parâmetro “n”, através do gráfico 03, como observado na Tabela 10.

Tabela 10 – Parâmetros

PARÂMETROS	
n	0,775
log(k)	3,0164
K	1038,48
m	0,1679
t0	13

Fonte: Acervo do Autor, 2022

Por fim, obteve-se a equação de chuvas intensas para o município de Curral Velho, válida para períodos de retornos entre 2 e 100 anos, conforme descrito na equação 14.

$$i = \frac{1038,48 \cdot T^{0,1679}}{(t+13)^{0,775}} \quad (\text{Eq 14})$$

## 4.2 Dimensionamento das Sarjetas

### 4.2.1 Perfis Longitudinais

Inicialmente, foram exportados os arquivos de delimitação da área de estudo e curvas de nível no software Qgis para formato tipo DWG aceito pelo AutoCAD

2020. No qual foi realizado estaqueamento das ruas dentro da delimitação da bacia ilustrada na “Figura 06 – Delimitação da bacia”, posteriormente gerados perfis longitudinais da mesma através interpolação dos dados de altimetria e da função “CONTATENAR” (Tabela 11)

Tabela 11 – Exemplo perfil da “Avenida Silvino Zuza”

Estacas	Cota M	Cota m	Dados Interpolação		Cota Final	Concatenar – Pontos do terreno
E00	334	333	9,66	18,42	333,476	0,3334,75570032573
E01	335	334	6,49	11,41	334,431	20,3344,31200701139
E02	336	335	10,26	12,76	335,196	40,3351,9592476489
E03	335	334	6,55	8,36	334,217	60,3342,16507177034
E04	334	333	0,95	6,45	333,853	80,3338,52713178295
E05	334	333	1,64	11,4	333,856	100,3338,56140350877
E06	335	334	4,96	11,05	334,551	120,3345,51131221719
E07	336	335	7,74	10,42	335,257	140,3352,57197696737
E08	336	335	4,74	6,68	335,290	160,3352,90419161677
E09	335	334	2,32	6,8	334,659	180,3346,58823529412
E10	334	333	3,21	15,97	333,799	200,3337,98998121478
E10+15.49	334	333	6,32	25,54	333,753	215,49,3337,52545027408

Fonte: Acervo do Autor, 2022

Em que:

Cota M: elevação da maior Cota (m)

Cota m: elevação da menor Cota (m)

Dados Interpolação: distâncias entre as cotas (m)

Cota Final: resultado da interpolação entre as distâncias e cotas (m)

Concatenar – Pontos do terreno: resultado da concatenação entre Cota Final e a distância da estaca.

No Anexo 01 é possível analisar a Tabela completa das ruas em questão, como também os seus perfis gerados pelo Autocad através do comando “PLINE” e os dados da coluna “Concatenar-Pontos do terreno”.

#### 4.2.2 Declividade Longitudinal da sarjeta

A declividade longitudinal da sarjeta segue conforme as ruas, assim obtidas as cotas pelos perfis longitudinais, foi possível encontrar a declividade de cada uma com a relação da diferença de cota e o comprimento dos trechos (Eq 15)

$$S = \frac{C_m - C_j}{L} \quad (\text{Eq 15})$$

Em que:

S: declividade longitudinal (m/m)

C<sub>m</sub>: cota montante (m)

C<sub>j</sub>: cota jusante (m)

L: comprimento do trecho (m)

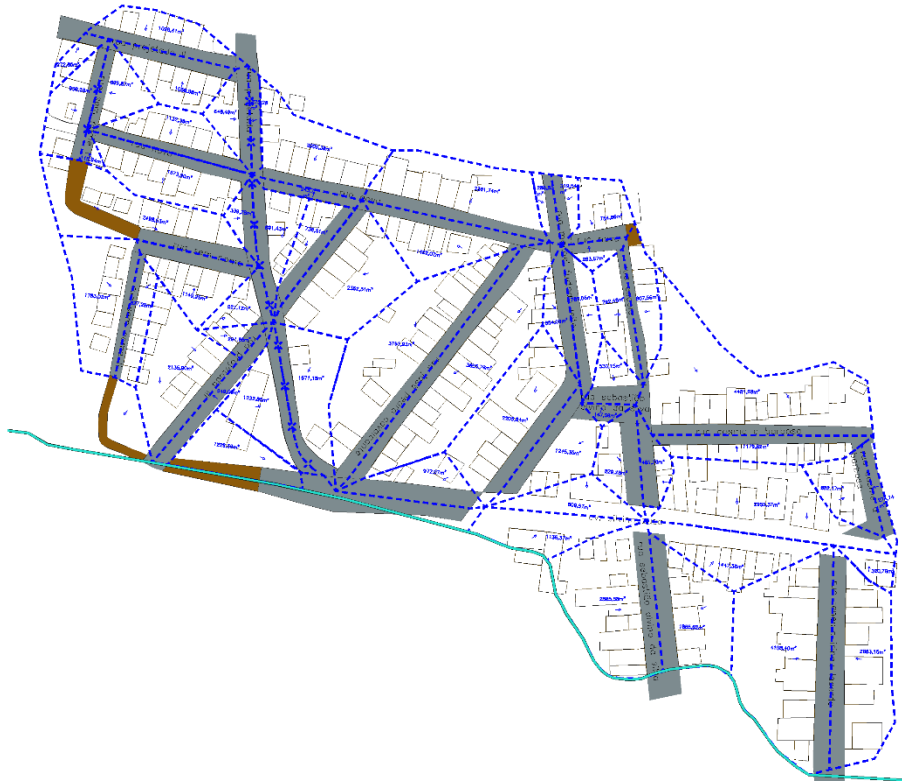
A partir da análise dos perfis e das declividades foi possível traçar os sentidos das ruas, apresentados no projeto em anexo 02

#### **4.2.3 Área de contribuição**

As áreas contribuintes foram traçadas de acordo com as curvas de nível geradas anteriormente, levando em consideração também o abaulamento das ruas, seguindo assim seu eixo longitudinal.

A Figura 12 representa as áreas de contribuição parciais, podendo ela ser analisada com mais clareza no projeto em Anexo 02, e seus dados são encontrados na Tabela 01 em Anexo 01. Para os cálculos de vazões foram utilizadas as áreas acumuladas, ou seja, quando a vazão não é captada, irá contribuir na próxima sarjeta, assim acumulando-as.

Figura 12 – Áreas de contribuição Parciais



Fonte: Acervo do Autor, 2022

#### 4.2.4 Vazão de contribuição

As vazões de contribuição, ou vazões teóricas, são calculadas por meio do método racional (equação 16), levando em consideração a intensidade de chuva calculada no tópico “5.1.3. Determinação da Equação IDF” e a área, calculada anteriormente, em que ela irá precipitar.

$$Q_c = \frac{C \cdot I \cdot A \cdot 10^{-4}}{360} \quad (\text{Eq 16})$$

Em que:

Q<sub>c</sub>: vazão de contribuição (m<sup>3</sup>/s)

C: coeficiente de Run off

I: intensidade da chuva (mm/h)

A: área de Contribuição (m<sup>2</sup>)

A intensidade de chuva utilizada foi de 134,573 mm/h, utilizando a Equação 01, onde o período de retorno (T) utilizado foi de 10 anos, e o tempo de concentração foi o mínimo de 10 minutos.

#### 4.2.5 Sarjeta adotada

Através de tentativas e erros foram adotados padrões de sarjeta que tornasse o projeto eficaz e econômico. Assim a sarjeta escolhida teve os seguintes parâmetros:

Tabela 11 – Exemplo perfil da

w	0,2
H	0,15
i	5%
L-w	25% · L

Fonte: Acervo do Autor, 2022

Em que:

w: comprimento da sarjeta (m)

H: altura do meio fio (m)

i: inclinação transversal da sarjeta (%)

L-w: faixa de alagamento, 25% da largura da via (m)

A partir dos parâmetros acima e propriedades geométricas (Tabela 12) foram calculadas as outras dimensões da sarjeta adotada.

Tabela 12 – cálculo dos parâmetros geométrico da sarjeta

h	z0	z1	y0	y1
$i \cdot w$	$\frac{1}{i}$	$\frac{1}{i_{rua}}$	$y1 + h$	$i_{rua} \cdot (L - w)$

Fonte: Acervo do Autor, 2022

Em que:

h: altura da sarjeta ( $y0 - y1$ ) (m)

z0: declividade transversal da sarjeta (m)

z1: declividade transversal da rua (m)

y0: lâmina d'água



y1: altura do triângulo formado pela declividade da rua (m)

w: comprimento da sarjeta (m)

i: inclinação transversal da sarjeta (%)

i<sub>rua</sub>: inclinação transversal da rua (%)

L-w: faixa de alagamento, 25% da largura da via (m)

#### 4.2.6 Vazão máxima suportada pela sarjeta

A vazão admissível que a sarjeta adotada suporta foi calculada pela fórmula de Manning a seguir:

$$Q_{\text{máx}} = \frac{A_m \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad (\text{Eq 17})$$

Em que:

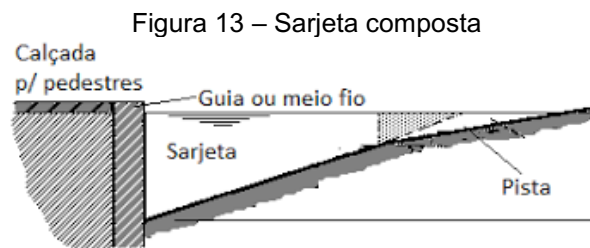
A<sub>m</sub>: área molhada (m<sup>2</sup>)

R<sub>h</sub>: raio hidráulico (m)

S: declividade (m/m)

n: coeficiente de rugosidade (0,013)

Desenvolvendo a equação anterior, e aplicando para sarjeta composta temos a equação 18, onde a vazão a ser retirada (Q<sub>2</sub>) está representada pela área hachurada da Figura 13.



Fonte: Drenagem Urbana, 2013

$$Q_{\text{máx}} = Q_1 - Q_2 + Q_3 = \frac{0,375}{n} \left[ \left( z_0 \cdot y_0^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \right) - \left( z_0 \cdot y_1^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \right) + \left( z_1 \cdot y_1^{\frac{8}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \right) \right] \quad (\text{Eq 18})$$

Em que:

z<sub>0</sub>: declividade transversal da sarjeta (m)

z1: declividade transversal da rua (m)

y0: lâmina d'água (m)

y1: altura do triângulo formado pela declividade da rua (m)

S: declividade longitudinal (m/m)

n: coeficiente de manning

Vale ressaltar que devido a declividade longitudinal da sarjeta é preciso aplicar o coeficiente de redução indicado pelo DAEE/CETESB, dado pela Tabela 13: Assim, por meio desta e por interpolação, a vazão máxima suportada foi diminuída pelo fator de redução.

Tabela 13 – Fatores de redução de escoamento das sarjetas

Declividade da sarjeta - S (%)	Fator de Redução
0,4	0,5
1 a 3	0,8
5,0	0,5
6,0	0,4
8,0	0,27
10,0	0,2

Fonte: DAEE/CETESB, 1980, adaptado

#### 4.2.7 Velocidade

Posteriormente, foi calculada a velocidade máxima dos trechos, através da equação da continuidade (equação 19)

$$v = \frac{Q_c}{A_m} \quad (\text{Eq 19})$$

Em que:

Qc: vazão de contribuição (m<sup>3</sup>/s)

Am: área molhada (m<sup>2</sup>)

Onde, a área molhada foi calculada a partir da soma das áreas triangulares da sarjeta. Ressaltando que a velocidade máxima de 4m/s e a mínima 0,75m/s foram respeitados.

#### 4.2.8 Verificações

Após calculados os parâmetros necessários para verificações da satisfação da sarjeta adotada, foi realizada a comparação entre as vazões de contribuição ( $Q_c$ ) e as vazões máximas ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) corrigidas pelo fator de redução.

Onde foi analisado pelas tabelas presente no anexo 01, foram verificadas as lâminas d'água ( $y_0$ ) das mesmas, utilizando a equação 18, e adotando valores para  $y_0$  entre 0,01m e 0,15m, após encontrado  $y_0$  foi calculada também a faixa de alagamento (Tabela 14)

Tabela 14 – Parâmetros das sarjetas para ruas com vazões maiores que as suportadas

NOME RUA	lado	L m	$Q_c$ m <sup>3</sup> /s	$Q_{adm}$ m <sup>3</sup> /s	$y_0$ m	$y_1$ m	(L-W) M	v m/s
RUA NOVA trecho 01	D	72,6	0,048	0,047	0,04	0,03	1,28	2,71
RUA NOVA trecho 03	D	102,6	0,057	0,052	0,05	0,04	1,74	1,69
RUA NOVA trecho 04	E	27,2	0,018	0,010	0,05	0,04	1,97	0,45
RUA PROJETADA I trecho 02	D	72,7	0,062	0,044	0,05	0,04	1,68	2,09
RUA PROJETADA I trecho 02	E	72,7	0,055	0,044	0,04	0,03	1,60	2,02
RUA SEM NOME	E	56,1	0,084	0,053	0,05	0,04	1,82	2,43
RUA SEM NOME II	D	61,7	0,043	0,018	0,04	0,03	1,35	2,23
RUA PROJETADA III trecho 01	E	58,9	0,084	0,056	0,06	0,05	2,05	1,92
RUA JOSÉ PEDRO CAVALCANTE	D	140,9	0,094	0,039	0,05	0,04	1,87	2,55
RUA JOSÉ PEDRO CAVALCANTE	E	140,9	0,092	0,039	0,05	0,04	1,85	2,53
RUA MANOEL FURTADO LEITE trecho 02	D	65,5	0,070	0,033	0,05	0,04	1,64	2,44
RUA MANOEL FURTADO LEITE trecho 02	E	65,5	0,038	0,033	0,04	0,03	1,30	2,10
RUA DA ESCOLA	D	66,7	0,019	0,015	0,03	0,02	1,05	1,57
RUA DA ESCOLA	E	66,7	0,020	0,015	0,03	0,02	1,06	1,58
RUA COSME A BARBOSA trecho 03	E	47,2	0,058	0,044	0,05	0,04	1,63	2,05

Fonte: Acervo do Autor, 2022

Observado que os parâmetros da lâmina da água e faixa de alagamento não ultrapassaram os limites para sarjeta calculada.

#### 4.3 Dimensionamento da Boca de Lobo

Por consequente, conferiu-se a necessidade ou não da boca de lobo conforme o critério de comparação entre as conforme explícito anteriormente, caso a

vazão de contribuição na rua seja maior que a suportada, deve-se adotar bocas de lobo.

Para padronização do projeto, os trechos em que somente um lado da rua necessitou de boca de lobo, optou-se por adotar em ambos os lados, visando facilitar e evitar erros na execução da mesma.

Por se tratar de boca de lobo simples com funcionamento livre, funcionando como vertedouro, para o cálculo das vazões de engolimento, foi utilizada a equação 20, onde a altura da lâmina d'água máxima adotada foi de 0,13m.

$$Q_{eng} = 1000 \cdot 1,7 \cdot x \cdot y^{\frac{1}{2}} \cdot FR \quad (\text{Eq 20})$$

Em que:

$Q_{eng}$ : vazão de engolimento (l/s)

x: comprimento da boca de lobo adotada (m)

y: altura da lâmina d'água (m)

FR: fator de redução para boca de lobo (0,8)

Para padronização, houve a adoção do comprimento único para BL de 1 (um) metro, onde sua vazão de engolimento é de 63,75 l/s. Nos trechos em que a vazão de contribuição é maior do que a suportada pelo dispositivo, foram adotadas bocas de lobo duplas, mantendo o padrão único. Seu cálculo está disposto no anexo 01

## **4.4 Dimensionamento da Galeria**

### **4.4.1 Poços de Visita e Caixa de Ligação**

Para iniciar o dimensionamento das galerias, é necessário primeiramente definir os fluxos d'água de acordo com os perfis levantados e posicionar os poços de visita, em mudanças de direção e de maneira estratégica para receber as vazões das bocas de lobo (BL). Em pontos em que seria inviável a execução de um novo poço de visita somente para receber as ligações com BL, foram utilizadas caixas de ligação.

### **4.4.2 Galerias**

Após o posicionamento dos poços de visita e definição dos fluxos d'água, calcula-se as distâncias entre os poços de visita, bem como as vazões das bocas de lobo direcionadas para cada trecho da galeria, levando em consideração que o tempo de concentração mínimo de 10 minutos é maior do que o tempo de concentração acumulado nos trechos, assim as vazões das BL são utilizadas diretamente.

Após calcular a vazão Q para todos os trechos, anotou-se as cotas montantes e jusantes de cada um dos trechos para o cálculo das declividades dos trechos S (m/m). Com as declividades calculadas procede-se para o cálculo dos diâmetros, que é dado pela seguinte equação:

$$D = 1,55 \cdot \left( \frac{Q \cdot n}{S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (\text{Eq 21})$$

Em que:

Q: vazão recebida das bocas de lobo (m<sup>3</sup>/s)

n: coeficiente de manning (0,013)

S: declividade do trecho (m/m)

Com todos os diâmetros calculados, são adotados diâmetros comerciais, para padronização do projeto em questão foi utilizado D<sub>mín</sub>=400mm, e então se procedeu para 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 21.

$$FH = \frac{Q \cdot n}{D^{8/3} \cdot S^{1/2}} \quad (\text{Eq 21})$$

Onde:

Q: vazão recebida das bocas de lobo (m<sup>3</sup>/s)

n: coeficiente de manning

D: diâmetro comercial adotado;

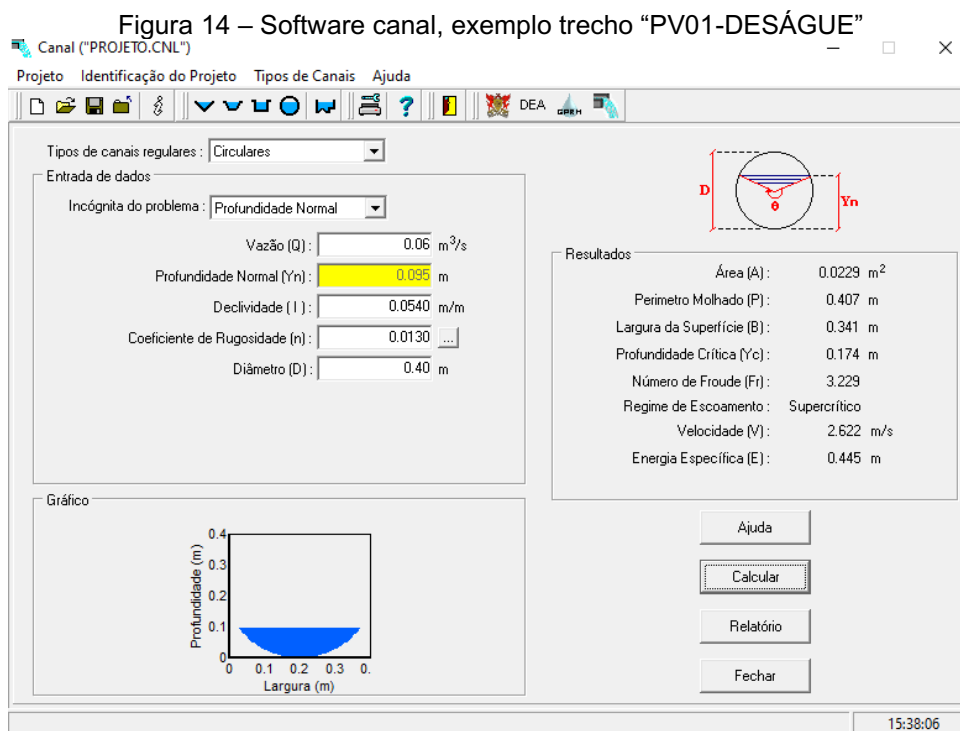
S: declividade do trecho (m/m)

Com os Fatores Hidráulicos de cada trecho determinados, pode-se calcular os  $y/D$ , sabendo que:

Se,  $FH < 0.061$ , então:

$$\frac{y}{D} = 1,14 \cdot FH^{0,482} \quad (\text{Eq 22})$$

Em seguida, para determinação da velocidade foi utilizado o software “canal – sistema para o dimensionamento de canais” pelo grupo de pesquisa em recursos hídricos DEA-UFV, onde os dados de entrada são os parâmetros apresentados na Figura 14. Assim, foi realizado procedimento de entrada para cada trecho entre poços de visita e, ou caixa de lobo, posteriormente comparados os resultados com os dados calculados acima, o único fator retirado do software foi a velocidade.



Fonte: Acervo do Autor, 2022

Conforme a lâmina d'água e a necessidade de diminuir a velocidade entre os trechos (segundo abaixo de 5m/s), foram ajustados os diâmetros e as inclinações das tubulações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABTC – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubo de Concreto. Recomendações Gerais para Tubos de Concreto. Disponível em: <<https://www.abtc.com.br/vantagens-competitivas>> Acesso em: 05/08/2022

AESA. Meteorologia - Chuvas. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesawebsite/meteorologia-chuvas/>> Acesso em 10/06/2022.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. Hidroweb. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/publico/apresentacao.jsf>. Acesso em: 10/06/2022.

ALMEIDA, Jean Carlos. Drenagem Urbana. Curitiba: Contentus, 2020.

ÁLVARES, M. L. P.; ÁLVARES, D.; ÁLVARES, H. S.; MORAES, L. R. S.; SANTOS, M. E. P. dos. Delimitação das Bacias Hidrográficas e de Drenagem Natural da Cidade de Salvador. Revista Interdisciplinar de Gestão Social, [S. l.], v. 1, n. 1, 2012. DOI: 10.9771/23172428rigs.v1i1.10192. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/rigs/article/view/10192>. Acesso em: 5 ago. 2022.

AMARAL, C. B.; ROSALEN, D. L.. Avaliação entre diferentes métodos para determinação da declividade. In: XXI Congresso de Iniciação Científica da UNESP, 2009, São José do Rio Preto. XXI Congresso de Iniciação Científica da UNESP. São José do Rio Preto: UNESP, 2009.

ANDRADE, Leila de; ABREU Tatiane Aparecida de. Análise Comparativa entre Tubos de Concreto e Tubos de PEAD para Drenagem Pluvial. Universidade do Sul de Santa Catarina, 2017. [Online]. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/4545/4/TCC%20-%20Leila%20e%20Tatiane%2010.07.2017.pdf>. Acesso em:09/08/2022.

ARAUJO, Deividy Kaik de Lima. Avaliação Hidrológica e estimativa de vazão de Projeto para macrodrenagem Urbana. Universidade federal de Campina Grande. Pombal, 2021.

ARAÚJO, P.R.; GOLDENFUM, J.A.; TUCCI, C.E.M. Avaliação dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. In: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.5.n.3.p.21-29.2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8890: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários – requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2007.

BASSO, Raviel Eurico, Allasia, Daniel Gustavo e Tassi, Rutinéia. Vazão de projeto na microdrenagem em locais sem dados de precipitação: estudo para o Rio Grande do Sul. Ambiente Construído [online]. 2019, v. 19, n. 3 [Acessado 24 Julho 2022], pp. 233-247. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000300335>>.

Epub 10 Jun 2019. ISSN 1678-8621. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000300335>.

BIER, Felipe Bublitz. Caracterização morfológica e hidrológica da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição, Florianópolis – SC. Felipe Bublitz Bier – Florianópolis, 2013.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BONNECARRE, Joaquin. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Notas de aula microdrenagem. Disponível em:  
<[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4040922/mod\\_resource/content/1/PHA%203337%20-%20Aula%203%20-%20Microdrenagem.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4040922/mod_resource/content/1/PHA%203337%20-%20Aula%203%20-%20Microdrenagem.pdf)> Acesso em: 19/07/2022.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

CAVALLARI, R. L. A importância de um Sistema de Informação Geográfica no Estudo de Microbacias Hidrográficas. Revista Científica Eletrônica de Agronomia, v. 6, n. 11, 2007.

COELHO, Márcia Maria Lara Pinto; LIMA, José Geraldo de Araújo. Eficiência Hidráulica de Bocas de Lobo Situadas em Sarjetas de Greide Contínuo. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 16 n.2 - Abr/Jun 2011, 133-143

CORDERO, A. Apostila de Hidrologia. Universidade Regional de Blumenau. Centro de Ciências Tecnológicas. Departamento de Engenharia Civil. Blumenau/SC, 2013.

CRUZ, Marcus A. S.; SOUZA, Chistopher Freire Souza; TUCCI, Carlos E.M.. Controle da Drenagem Urbana no Brasil: Avanços e Mecanismos para sua Sustentabilidade. XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 2017.

DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica. Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas. Secretaria de Estado de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento. São Paulo, 2005.

DER - Departamento De Estradas De Rodagem. Especificação técnica, meio-fio, sarjetas e sarjetões. São Paulo, 2006.

DNIT. Manual de projeto geométrico de travessias urbanas. Ministério dos transportes, departamento nacional de infraestrutura de transportes. Rio de Janeiro, 2010.

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.

IBGE. Cidades e Estados. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/curral-velho.html> > Acesso em: 07/05/2022



LIMA, Raul Sampaio de; HANAI, Frederico Yuri. Abrangência do conceito de ciclo hidrológico e abordagens das relações humanas com a água na pesquisa científica. *Revista Espacios*. Vol. 38 (Nº 09) Año 2017. Pág. 7.

MAMÉDIO, Felipe Maciel; CASTRO, Paulo Nilza Maria dos Reis; CORSEIU, Cláudia Weber. Tempo de concentração para Bacias Rurais Monitoradas na Região do Planalto Basáltico no Sul do Brasil

MIRANDA, Ricardo Augusto Caheiros de; OLIVEIRA, Marcus Vinícius Siqueira de; SILVA, Danielle Ferreira da. Ciclo Hidrológico Planetário: Abordagens e Conceitos. ISSN 1981-9021 - *Geo UERJ* - Ano 12, v.1, no .21, 1º semestre de 2010.

PASCHOAL, Renan da Silva. Usos da água e Necessidades de tratamento para Consumo Humano. Universidade Federal de Juiz de Fora. Juiz de Fora. 2012.

PEREIRA, Daniela Carneiro; DUARTE, Letícia Rodrigues, SARMENTO, Antover Panazzolo DETERMINAÇÃO DA CURVA DE INTENSIDADE, DURAÇÃO E FREQUÊNCIA DO MUNICÍPIO DE IPAMERI – GOIÁS. REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil Vol 13 - nº 2 (2017)

PORTO, Monica F. A. e Porto, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados* [online]. 2008, v. 22, n. 63 [Acessado 9 Agosto 2022] , pp. 43-60. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>>. Epub 12 Maio 2009. ISSN 1806-9592. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>.

SANTOS, Ana Carolina Nogueira; CARVALHO, Luiz Eugênio Pereira. *Revista GeoSertões (Unageo/CFP-UFCG)*. vol. 2, nº 3, jan./jun. 2017  
<http://revistas.ufcg.edu.br/cfp/index.php/geosertoes/index>

SILVA, Talita Lourenço da. Análise da implantação de um sistema de microdrenagem em uma área no bairro Anatólia, João Pessoa/PB / Talita Lourenço da Silva. - João Pessoa, 2019. 50f.

SECRETÁRIA, PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO. Manual de Drenagem Urbana: Região Metropolitana de Toledo-PR. Versão 1.0, ago, 2017

SILVA, Tarciso Cabral da et al. Diagnóstico e hierarquização de problemas de drenagem urbana da zona costeira sul do estado da Paraíba. *Engenharia Sanitaria e Ambiental* [online]. 2008, v. 13, n. 2 [Acessado 9 Agosto 2022] , pp. 144-152. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522008000200004>>. Epub 30 Jun 2008. ISSN 1809-4457. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522008000200004>.

SOUZA, Renato Barros de; SOUZA, Jucélio de Barros; GOLDFARB, Maurício Costa. Determinação e análise do perfil longitudinal do Rio Uná. XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos[Online] 2011.. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/124962/TCC%20II%20-%20Felipe%20Bier.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em:08/08/2022.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. *Cienc. Cult.*, São Paulo , v. 55, n. 4, p. 31-33, Dec. 2003 . Available from <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252003000400018&lng=en&nrm=iso](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400018&lng=en&nrm=iso)>. access on 04 Aug. 2022.

TUCCI, C. E. M. Coeficiente de escoamento e vazão máxima das bacias urbanas. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.5, n.1, p.61-68, 2000.

TUCCI, C. E. M. ÁGUA NO MEIO URBANO. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Cap.14, dez, 1997.

TUCCI, C. E. M. Gestão de Águas Pluviais Urbanas. Ministério das Cidades – Global Water Partnership – World Bank – UNESCO 2005.

# ANEXOS

## TABELA 01 – DIMENSIONAMENTO DE SARJETAS

RUA	lado	Largura	L	Cotas		S	Área Parcial	Área Ac.	Tc	Tc mínimo	i	y0-y1	z0	z1	y0	y1	Qc	Qadm	Fr	Q máx	v	VERIFICAÇÕES	
				J	M																	m/m	m <sup>2</sup>
RUA PROJETADA II	D	11,0	88,3	358,000	346,162	13,41%	1058,6	-	1,334	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,0788	0,0688	0,0257	0,413	0,20	0,083	2,218	Ok	Dispensa
RUA PROJETADA II	E	11,0	88,3	358,000	346,162	13,41%	1096,4	-	1,334	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,0788	0,0688	0,027	0,413	0,20	0,083	2,238	Ok	Dispensa
RUA SEM NOME I	D	8,5	55,7	358,000	353,577	7,94%	958,2	-	1,145	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,063	0,053	0,023	0,170	0,28	0,047	1,778	Ok	Dispensa
RUA SEM NOME I	E	8,5	55,7	358,000	353,577	7,94%	815,5	-	1,145	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,063	0,053	0,020	0,170	0,28	0,047	1,708	Ok	Dispensa
RUA NOVA	D	8,5	72,6	355,773	344,809	15,10%	1573,9	1981,7	2,241	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,063	0,053	0,048	0,234	0,20	0,047	2,713	Ok	CAPTAR
RUA NOVA	E	8,5	72,6	355,773	344,809	15,10%	1132,4	1540,1	2,241	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,063	0,053	0,037	0,234	0,20	0,047	2,547	Ok	Dispensa
RUA NOVA	D	8,5	48,9	343,000	342,197	1,64%	213,7	-	1,900	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,063	0,053	0,005	0,077	0,76	0,059	0,677	Ok	Dispensa
RUA NOVA	E	8,5	48,9	343,000	342,197	1,64%	2000,4	-	1,900	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,063	0,053	0,049	0,077	0,76	0,059	1,183	Ok	Dispensa
RUA NOVA	D	9	102,6	346,102	342,197	3,81%	2361,7	-	2,432	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,055	0,045	0,057	0,079	0,66	0,052	1,691	Ok	CAPTAR
RUA NOVA	E	9	102,6	346,102	342,197	3,81%	1462,0	1792,5	2,432	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,055	0,045	0,044	0,079	0,66	0,052	1,578	Ok	Dispensa
RUA NOVA	D	9	27,2	345,701	345,635	0,24%	263,7	-	2,528	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,055	0,045	0,006	0,020	0,50	0,010	0,348	Ok	Dispensa
RUA NOVA	E	9	27,2	345,701	345,635	0,24%	754,9	-	2,528	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,055	0,045	0,018	0,020	0,50	0,010	0,453	Ok	CAPTAR
RUA PROJETADA I	D	9,5	51,4	345,606	343,930	3,26%	648,5	1707,1	2,850	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,058	0,048	0,041	0,083	0,70	0,058	1,471	Ok	Dispensa
RUA PROJETADA I	E	9,5	51,4	345,606	343,930	3,26%	275,3	1371,7	2,850	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,058	0,048	0,033	0,083	0,70	0,058	1,393	Ok	Dispensa
RUA PROJETADA I	D	9,5	72,7	343,930	339,331	6,32%	860,4	2567,5	1,535	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,058	0,048	0,062	0,116	0,38	0,044	2,088	Ok	CAPTAR
RUA PROJETADA I	E	9,5	72,7	343,930	339,331	6,32%	891,4	2263,1	1,535	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,058	0,048	0,055	0,116	0,38	0,044	2,023	Ok	CAPTAR
RUA PROJETADA I	D	9,5	81,5	339,331	335,315	4,93%	1566,3	1771,8	1,843	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,058	0,048	0,043	0,102	0,50	0,051	1,734	Ok	Dispensa
RUA PROJETADA I	E	9,5	81,5	339,331	335,315	4,93%	1571,2	1776,7	1,843	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,058	0,048	0,043	0,102	0,50	0,051	1,735	Ok	Dispensa
RUA SEM NOME	D	11	56,1	346,598	342,245	7,76%	1150,0	-	1,162	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,065	0,055	0,028	0,182	0,29	0,053	1,844	Ok	Dispensa
RUA SEM NOME	E	11	56,1	346,598	342,245	7,76%	2498,0	3456,2	2,306	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,065	0,055	0,084	0,182	0,29	0,053	2,429	Ok	CAPTAR
RUA SEM NOME II	D	7	61,7	346,000	340,063	9,63%	1783,0	-	1,150	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,045	0,035	0,043	0,070	0,25	0,018	2,232	Ok	CAPTAR
RUA SEM NOME II	E	7	61,7	346,000	340,063	9,63%	627,3	-	1,150	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,045	0,035	0,015	0,070	0,25	0,018	1,719	Ok	Dispensa
RUA PROJETADA III	D	10	58,9	342,029	339,585	4,15%	738,5	1845,6	1,533	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,060	0,050	0,045	0,106	0,53	0,056	1,642	Ok	Dispensa
RUA PROJETADA III	E	10	58,9	342,029	339,585	4,15%	2362,3	3469,4	1,533	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,060	0,050	0,084	0,106	0,53	0,056	1,923	Ok	CAPTAR
RUA PROJETADA III	D	9	20,0	339,780	339,342	2,19%	119,3	-	0,854	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,055	0,045	0,003	0,060	0,80	0,048	0,651	Ok	Dispensa
RUA PROJETADA III	E	9	20,0	339,780	339,342	2,19%	291,7	-	0,854	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,055	0,045	0,007	0,060	0,80	0,048	0,815	Ok	Dispensa
RUA PROJETADA III	D	9	64,8	339,780	338,023	2,71%	2135,9	-	1,944	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,055	0,045	0,052	0,067	0,80	0,053	1,452	Ok	Dispensa
RUA PROJETADA III	E	9	64,8	339,780	338,023	2,71%	411,7	-	1,944	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,055	0,045	0,010	0,067	0,80	0,053	0,962	Ok	Dispensa

Em que:

Lado: Lado Direito ou Esquerdo da rua

Largura: largura da rua (m)

L: comprimento da rua (m)

Cotas J: elevação à jusante da rua (m)

Cotas M: elevação à montante da rua (m)

S: declividade da rua (m/m)

Área Parcial: área de contribuição para cada trecho (m<sup>2</sup>)

Área Acumulada: área de contribuição acumulada para cada trecho (m<sup>2</sup>)

Tc: tempo de concentração (minutos)

Tc mínimo : tempo de concentração acumulado, onde Tc<sub>mín</sub> = 10 minutos

i: intensidade da chuva (mm/h)

y0 – y1: altura do triângulo formado pela declividade da sarjeta (m)

z0: declividade transversal da sarjeta (m)

z1: declividade transversal da rua (m)

y0: lâmina d'água (m)

y1: altura do triângulo formado pela declividade da rua (m)

Qc: vazão de contribuição (m<sup>3</sup>/s)

Qadm: vazão admissível pela sarjeta (m<sup>3</sup>/s)

FR: Fator de Redução para sarjeta

Qmáx: vazão máxima admissível pela sarjeta (m<sup>3</sup>/s)

v: velocidade (m/s)

BL: boca de lobo

CONTINUAÇÃO TABELA 01 – DIMENSIONAMENTO DE SARJETAS

RUA	lado	Largura		L	Cotas		S	Área Parcial	Área Ac.	Tc		i	y0-y1					Q c	Qadm	Fr	Q máx	v	VERIFICAÇÕES	
		M	m		J	M				m/m	m <sup>2</sup>		m <sup>2</sup>	min	min	m	m						m	m
RUA JOSÉ PEDRO CAVALCANTE	D	10	140,9	345,556	334,000	8,20%	3761,9	3855,9	2,311	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,060	0,050	0,094	0,149	0,26	0,039	2,548	Ok	CAPTAR	
RUA JOSÉ PEDRO CAVALCANTE	E	10	140,9	345,556	334,000	8,20%	3655,8	3765,9	2,311	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,060	0,050	0,092	0,149	0,26	0,039	2,533	Ok	CAPTAR	
RUA MANOEL FURTADO LEITE	D	9,5	102,9	348,000	341,025	6,78%	939,9	-	1,952	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,058	0,048	0,023	0,120	0,35	0,042	1,667	Ok	Dispensa	
RUA MANOEL FURTADO LEITE	E	9,5	102,9	348,000	341,025	6,78%	1101,6	-	1,952	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,058	0,048	0,027	0,120	0,35	0,042	1,735	Ok	Dispensa	
RUA MANOEL FURTADO LEITE	D	9,5	65,5	341,025	335,197	8,90%	2205,8	2863,8	1,241	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,058	0,048	0,070	0,137	0,24	0,033	2,440	Ok	CAPTAR	
RUA MANOEL FURTADO LEITE	E	9,5	65,5	341,025	335,197	8,90%	1245,4	1575,8	1,241	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,058	0,048	0,038	0,137	0,24	0,033	2,101	Ok	CAPTAR	
RUA DA ESCOLA	D	6	66,7	345,000	340,698	6,45%	792,5	-	1,426	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,040	0,030	0,019	0,041	0,37	0,015	1,568	Ok	CAPTAR	
RUA DA ESCOLA	E	6	66,7	345,000	340,698	6,45%	807,6	-	1,426	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,040	0,030	0,020	0,041	0,37	0,015	1,575	Ok	CAPTAR	
RUA SEBASTIÃO ALVINO DA SILVA	D	15	26,7	340,283	339,341	3,53%	147,6	-	0,887	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,085	0,075	0,004	0,263	0,76	0,200	0,822	Ok	Dispensa	
RUA SEBASTIÃO ALVINO DA SILVA	E	15	26,7	340,283	339,341	3,53%	530,2	-	0,887	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,085	0,075	0,013	0,263	0,76	0,200	1,131	Ok	Dispensa	
RUA SEBASTIÃO ALVINO DA SILVA	D	15	49,3	339,341	334,422	9,97%	829,3	2321,3	0,955	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,085	0,075	0,056	0,441	0,20	0,088	2,416	Ok	Dispensa	
RUA SEBASTIÃO ALVINO DA SILVA	E	15	49,3	339,341	334,422	9,97%	481,8	2356,3	0,955	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,085	0,075	0,057	0,441	0,20	0,088	2,425	Ok	Dispensa	
RUA SEBASTIÃO ALVINO DA SILVA	D	15	67,6	333,347	331,000	3,47%	2885,6	5206,8	1,826	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,085	0,075	0,127	0,260	0,76	0,198	1,991	Ok	Dispensa	
RUA SEBASTIÃO ALVINO DA SILVA	E	15	67,6	333,347	331,000	3,47%	1885,6	4241,9	1,826	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,085	0,075	0,103	0,260	0,76	0,198	1,891	Ok	Dispensa	
AV SILVINO ZUZA	D	12	40,0	335,196	333,476	4,30%	262,6	-	1,124	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,070	0,060	0,006	0,167	0,63	0,106	1,022	Ok	Dispensa	
AV SILVINO ZUZA	E	12	40,0	335,196	333,476	4,30%	409,4	-	1,124	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,070	0,060	0,010	0,167	0,63	0,106	1,142	Ok	Dispensa	
AV SILVINO ZUZA	D	12	40,0	335,196	333,853	3,36%	718,7	-	1,236	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,070	0,060	0,017	0,148	0,77	0,114	1,198	Ok	Dispensa	
AV SILVINO ZUZA	E	12	40,0	335,196	333,853	3,36%	482,8	-	1,236	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,070	0,060	0,012	0,148	0,77	0,114	1,084	Ok	Dispensa	
AV SILVINO ZUZA	D	12	80,0	335,290	333,853	1,80%	2062,8	2545,5	2,681	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,070	0,060	0,062	0,108	0,80	0,087	1,300	Ok	Dispensa	
AV SILVINO ZUZA	E	12	80,0	335,290	333,853	1,80%	1304,6	2023,3	2,681	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,070	0,060	0,049	0,108	0,80	0,087	1,227	Ok	Dispensa	
AV SILVINO ZUZA	D	12	55,5	335,290	333,753	2,77%	526,6	-	1,712	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,070	0,060	0,013	0,134	0,80	0,108	1,031	Ok	Dispensa	
AV SILVINO ZUZA	E	12	55,5	335,290	333,753	2,77%	955,4	-	1,712	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,070	0,060	0,023	0,134	0,80	0,108	1,197	Ok	Dispensa	
RUA COSME A BARBOSA	D	10	40,0	338,539	337,526	2,53%	2283,6	-	1,378	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,060	0,050	0,055	0,083	0,80	0,066	1,439	Ok	Dispensa	
RUA COSME A BARBOSA	E	10	40,0	338,539	337,526	2,53%	405,2	-	1,378	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,060	0,050	0,010	0,083	0,80	0,066	0,934	Ok	Dispensa	
RUA COSME A BARBOSA	D	10	67,5	338,539	337,000	2,28%	774,7	-	2,145	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,060	0,050	0,019	0,079	0,80	0,063	1,056	Ok	Dispensa	
RUA COSME A BARBOSA	E	10	67,5	338,539	337,000	2,28%	2199,0	-	2,145	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,060	0,050	0,053	0,079	0,80	0,063	1,371	Ok	Dispensa	
RUA COSME A BARBOSA	D	9,5	47,2	337,154	334,186	6,29%	773,2	1547,9	1,103	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,058	0,048	0,038	0,116	0,38	0,044	1,836	Ok	Dispensa	
RUA COSME A BARBOSA	E	9,5	47,2	337,154	334,186	6,29%	188,9	2387,8	1,103	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,058	0,048	0,058	0,116	0,38	0,044	2,046	Ok	CAPTAR	
RUA TENENTE IRINEU LACERDA	D	15	105,2	333,798	329,605	3,99%	4108,4	4635,0	2,436	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,085	0,075	0,113	0,279	0,70	0,195	2,036	Ok	Dispensa	
RUA TENENTE IRINEU LACERDA	E	15	105,2	333,798	329,605	3,99%	2663,2	3618,5	2,436	10,0	134,573	0,010	20,00	40,00	0,085	0,075	0,088	0,279	0,70	0,195	1,914	Ok	Dispensa	

Em que:

Lado: Lado Direito ou Esquerdo da rua

Largura: largura da rua (m)

L: comprimento da rua (m)

Cotas J: elevação à jusante da rua (m)

Cotas M: elevação à montante da rua (m)

S: declividade da rua (m/m)

Área Parcial: área de contribuição para cada trecho (m<sup>2</sup>)Área Acumulada: área de contribuição acumulada para cada trecho (m<sup>2</sup>)

Tc: tempo de concentração (minutos)

Tc mínimo : tempo de concentração acumulada, onde Tc<sub>mín</sub> = 10 minutos

y0 – y1: altura do triângulo formado pela declividade da sarjeta (m)

z0: declividade transversal da sarjeta (m)

z1: declividade transversal da rua (m)

y0: lâmina d'água (m)

y1: altura do triângulo formado pela declividade da rua (m)

Qc: vazão de contribuição (m<sup>3</sup>/s)Qadm: vazão admissível pela sarjeta (m<sup>3</sup>/s)

FR: Fator de Redução para sarjeta

Qmáx: vazão máxima admissível pela sarjeta (m<sup>3</sup>/s)

v: velocidade (m/s)

BL: boca de lobo

TABELA 02 – DIMENSIONAMENTO BOCA DE LOBO

RUA	lado	Largura M	L m	S m/m	Qc m³/s	Qadm m³/s	FR	Qmáx m³/s	y0 m	Y1 M	(L-W) M	v m/s	BOCA DE LOBO				
													L	H	Q eng	Q c	Quant
RUA NOVA	D	8,5	72,6	0,151	0,048	0,234	0,20	0,047	0,0369	0,0269	1,28	2,713	1,00	0,13	63,75	48,15	1
RUA NOVA	E	8,5	72,6	0,151	0,037	0,234	0,20	0,047	0,0339	0,0239	1,15	2,547	1,00	0,13	63,75	37,42	1
RUA NOVA	D	9	102,6	0,038	0,057	0,079	0,66	0,052	0,0486	0,0386	1,74	1,691	1,00	0,13	63,75	57,39	1
RUA NOVA	E	9	102,6	0,038	0,044	0,079	0,66	0,052	0,0442	0,0342	1,57	1,578	1,00	0,13	63,75	43,55	1
RUA NOVA	D	9	27,2	0,002	0,006	0,020	0,50	0,010	0,0378	0,028	1,31	0,348	1,00	0,13	63,75	6,41	1
RUA NOVA	E	9	27,2	0,002	0,018	0,020	0,50	0,010	0,0543	0,044	1,97	0,453	1,00	0,13	63,75	18,34	1
RUA PROJETADA I	D	9,5	72,7	0,063	0,062	0,116	0,38	0,044	0,047	0,037	1,68	2,088	1,00	0,13	63,75	62,38	1
RUA PROJETADA I	E	9,5	72,7	0,063	0,055	0,116	0,38	0,044	0,045	0,035	1,60	2,023	1,00	0,13	63,75	54,99	1
RUA SEM NOME	D	11	56,1	0,078	0,028	0,182	0,29	0,053	0,035	0,025	1,18	1,844	1,00	0,13	63,75	27,94	2
RUA SEM NOME	E	11	56,1	0,078	0,084	0,182	0,29	0,053	0,051	0,041	1,82	2,429	1,00	0,13	63,75	83,98	2
RUA SEM NOME II	D	7	61,7	0,096	0,043	0,070	0,25	0,018	0,039	0,029	1,35	2,232	1,00	0,13	63,75	43,32	1
RUA SEM NOME II	E	7	61,7	0,096	0,015	0,070	0,25	0,018	0,027	0,017	0,88	1,719	1,00	0,13	63,75	15,24	1
RUA PROJETADA III	D	10	58,9	0,042	0,045	0,106	0,53	0,056	0,045	0,035	1,61	1,642	1,00	0,13	63,75	44,84	2
RUA PROJETADA III	E	10	58,9	0,042	0,084	0,106	0,53	0,056	0,056	0,046	2,05	1,923	1,00	0,13	63,75	84,30	2
RUA JOSÉ PEDRO CAVALCANTE	D	10	140,9	0,082	0,094	0,149	0,26	0,039	0,052	0,042	1,87	2,548	1,00	0,13	63,75	93,69	2
RUA JOSÉ PEDRO CAVALCANTE	E	10	140,9	0,082	0,092	0,149	0,26	0,039	0,051	0,041	1,85	2,533	1,00	0,13	63,75	91,50	2
RUA MANOEL FURTADO LEITE	D	9,5	65,5	0,089	0,070	0,137	0,24	0,033	0,046	0,036	1,64	2,440	1,00	0,13	63,75	69,58	2
RUA MANOEL FURTADO LEITE	E	9,5	65,5	0,089	0,038	0,137	0,24	0,033	0,037	0,027	1,30	2,101	1,00	0,13	63,75	38,29	2
RUA DA ESCOLA	D	6	66,7	0,064	0,019	0,041	0,37	0,015	0,031	0,021	1,05	1,568	1,00	0,13	63,75	19,26	1
RUA DA ESCOLA	E	6	66,7	0,064	0,020	0,041	0,37	0,015	0,031	0,021	1,06	1,575	1,00	0,13	63,75	19,62	1
RUA COSME A BARBOSA	D	9,5	47,2	0,063	0,038	0,116	0,38	0,044	0,039	0,029	1,38	1,836	1,00	0,13	63,75	37,61	1
RUA COSME A BARBOSA	E	9,5	47,2	0,063	0,058	0,116	0,38	0,044	0,046	0,036	1,63	2,046	1,00	0,13	63,75	58,02	1

Em que:

Lado: Lado Direito ou Esquerdo da rua

Largura: largura da rua (m)

L: comprimento da rua (m)

Cotas J: elevação à jusante da rua (m)

Cotas M: elevação à montante da rua (m)

S: declividade da rua (m/m)

Qc: vazão de contribuição (m³/s)

Qadm: vazão admissível pela sarjeta (m³/s)

FR: Fator de Redução para sarjeta

Qmáx: vazão máxima admissível pela sarjeta (m³/s)

y0: lâmina d'água (m)

y1: altura do triângulo formado pela declividade da rua (m)

(L – w): faixa de alagamento (m)

v: velocidade (m/s)

L: comprimento de abertura da boca de lobo (m)

H: abertura máxima da boca de lobo (m)

Q eng: vazão de engolimento suportada pela BL (l/s)

Qc: vazão de contribuição em l/s

Quant: quantidade de boca de lobo adotada

TABELA 03 – DIMENSIONAMENTO GALERIAS

Pontos		L (m)	Cotas terreno (m)		Cotas (m)		Tubulação				Q (m³/s)		D (m)	Dadotado (m)	FH	Y/D	Yn (m)	v (m/s)
Montante	Jusante		Jusante	Montante	Jusante	Montante	Prof.	Cota j. (m)	Cota m. (m)	S	jusante	montante						
PV01	DESÁGUE	38,0	340,063	338,000	340,063	338,000	1,50	338,56	336,50	5,43%	0,059	0,059	0,18	0,40	0,038	23%	0,094	2,622
PV02	CL01	43,8	343,890	341,672	343,890	341,672	1,50	342,39	340,17	5,06%	0,086	0,197	0,21	0,40	0,057	29%	0,115	2,885
CL01	PV03	23,8	341,672	339,639	341,672	339,639	1,50	340,17	338,14	8,54%	0,197	0,545	0,26	0,40	0,101	38%	0,151	4,334
PV03	PV04	71,2	339,639	335,685	339,500	335,685	1,60	337,90	334,09	5,36%	0,545	0,545	0,42	0,50	0,194	52%	0,259	4,420
PV04	PV05	26,4	335,685	334,950	335,685	334,950	1,60	334,09	333,35	2,78%	0,545	0,730	0,47	0,50	0,270	61%	0,303	3,625
PV05	DESÁGUE	7,5	334,950	335,540	334,950	334,700	0,76	334,19	333,94	3,33%	0,730	0,730	0,51	0,50	0,330	67%	0,334	3,932
PV06	CL02	69,3	342,197	339,585	342,197	339,585	1,50	340,70	338,09	3,77%	0,101	0,230	0,24	0,40	0,078	33%	0,133	2,673
CL02	PV03	5,5	339,585	339,639	339,585	339,500	1,40	338,19	338,10	1,54%	0,230	0,230	0,38	0,40	0,277	61%	0,246	2,298
PV07	PV08	66,7	345,570	340,698	345,570	340,698	1,50	344,07	339,20	7,30%	0,025	0,064	0,12	0,40	0,014	14%	0,058	2,376
PV08	PV09	62,2	340,698	333,898	340,698	333,898	1,50	339,20	332,40	10,93%	0,064	0,064	0,16	0,40	0,029	21%	0,083	3,362
PV09	CL03	14,5	333,898	333,853	333,898	333,853	1,50	332,40	332,35	0,31%	0,064	0,126	0,32	0,40	0,171	49%	0,195	0,920
CL03	E02	39,2	333,853	335,196	333,853	333,700	1,35	332,50	332,35	0,39%	0,126	0,126	0,40	0,40	0,301	64%	0,256	1,195
E02	PV10	24,0	335,196	334,178	333,700	333,500	1,35	332,35	332,15	0,83%	0,126	0,126	0,34	0,40	0,206	53%	0,213	1,603
PV10	DESÁGUE	12,9	334,178	333,476	333,500	333,400	1,35	332,15	332,05	0,77%	0,126	0,126	0,35	0,40	0,214	54%	0,217	1,603
PV11	PV12	27,0	334,741	333,790	334,741	333,790	1,50	333,24	332,29	3,52%	0,096	0,096	0,24	0,40	0,076	33%	0,132	2,595
PV12	E02	40,0	333,790	330,850	333,790	330,850	1,50	332,29	329,35	7,35%	0,096	0,096	0,21	0,40	0,053	28%	0,110	3,379
E02	DESÁGUE	64,0	330,850	329,605	330,850	329,605	1,50	329,35	328,11	1,95%	0,096	0,096	0,26	0,40	0,103	38%	0,152	2,081

Em que:

Ponto Montante: ponto à montante do trecho

Ponto Jusante: ponto à jusante do trecho

Cotas do terreno Jusante: elevação do terreno à jusante (m)

Cotas do terreno Montante: elevação do terreno à jusante (m)

Cotas Jusante: elevação máxima à jusante (m)

Cotas Montante: elevação máxima à montante (m)

Tubulação Prof: profundidade da tubulação (m)

Tubulação Cota j.: cota fundo da tubulação à jusante (m)

Tubulação Cota m.: cota fundo da tubulação à montante (m)

Tubulação S: declividade do trecho(m/m)

Q jusante: vazão à jusante do trecho (m³/s)

Q montante: : vazão à montante do trecho (m³/s)

D: diâmetro calculado (m)

Dadotado: diâmetro adotado (m)

FH: fator hidráulico

Y/D: porcentagem da lâmina

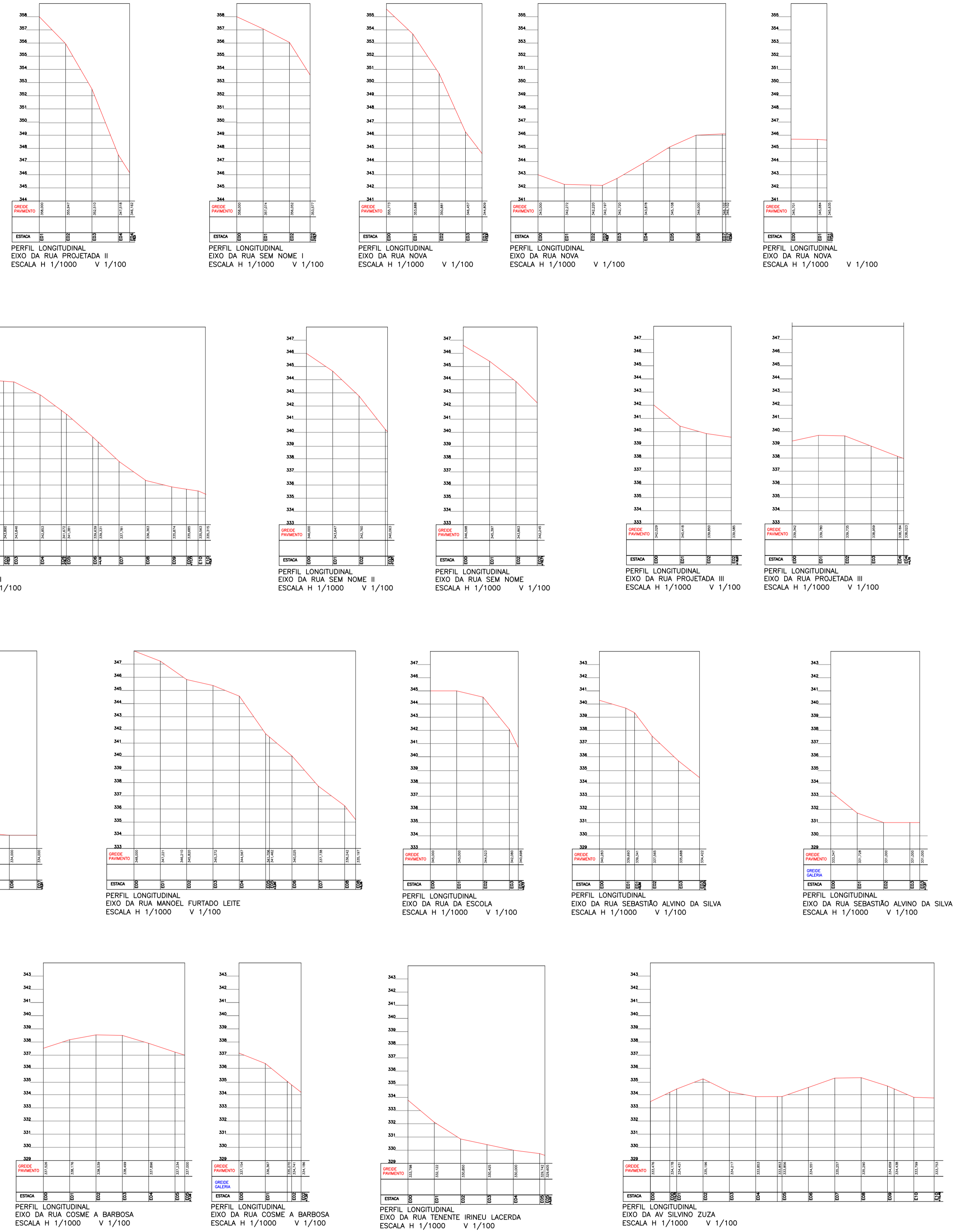
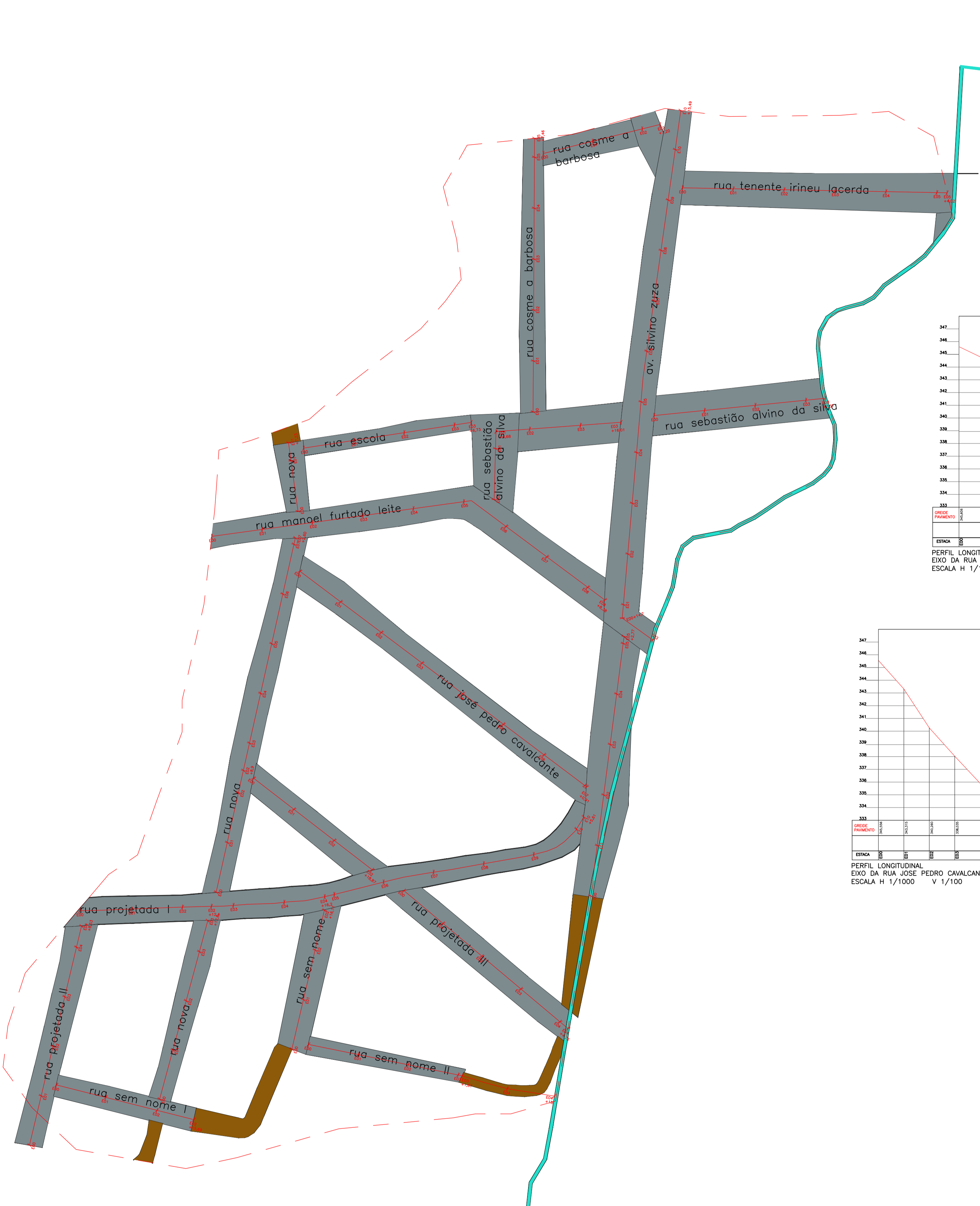
Yn: lâmina d'água (m)



- CANAL EXISTENTE
- - - BACIA DE CONTRIBUIÇÃO
- CURVAS DE NÍVEL

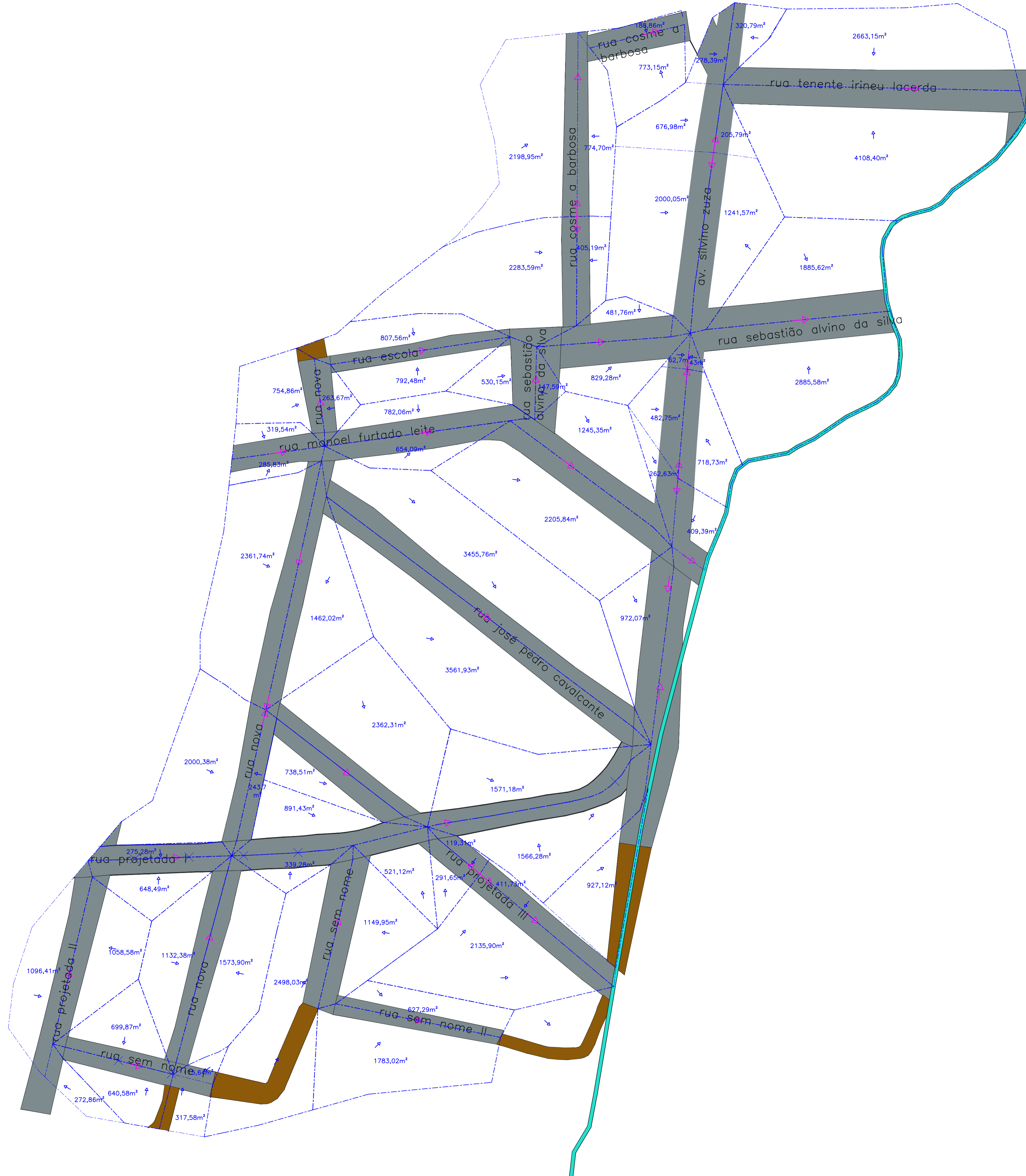
- RUA PROJETADA II
- RUA SEM NOME I
- RUA NOVA
- RUA PROJETADA I
- RUA SEM NOME
- RUA SEM NOME II
- RUA PROJETADA III
- RUA JOSÉ PEDRO CAVALCANTE
- RUA MANOEL FURTADO LEITE
- RUA DA ESCOLA
- RUA SEBASTIÃO ALVINO DA SILVA
- AV SILVINO ZUZA
- RUA COSME A BARBOSA
- RUA TENENTE IRINEU LACERDA

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE-UFCA		
CAMPOS POMBAL		
MICRODRENAGEM		Cidade:
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA		CURRAL VELHO PB
Projeto:	Copia:	Desenho Nº: 01/04
M. CELINA S. DINIZ		
Calculo:	Visto:	Escala:
M. CELINA S. DINIZ	M. MOISES F. QUEIROZ	1:2500
Desenho:	Arquivo:	Data:
M. CELINA S. DINIZ	.PDF	AGOSTO/2022




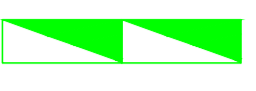




UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE-UFCG		
CAMPOS POMBAL		
MICRODRENAGEM		Cidade:
PERFIS E ESTAQUEAMENTO		CURRAL VELHO PB
Projeto: M. CELINA S. DINIZ	Copia:	Desenho Nº: 02/04
Calculo: M. CELINA S. DINIZ	Visto: M. MOISES F. QUEIROZ	Escala: 1:2500
Desenho: M. CELINA S. DINIZ	Arquivo: .PDF	Data: AGOSTO/2022

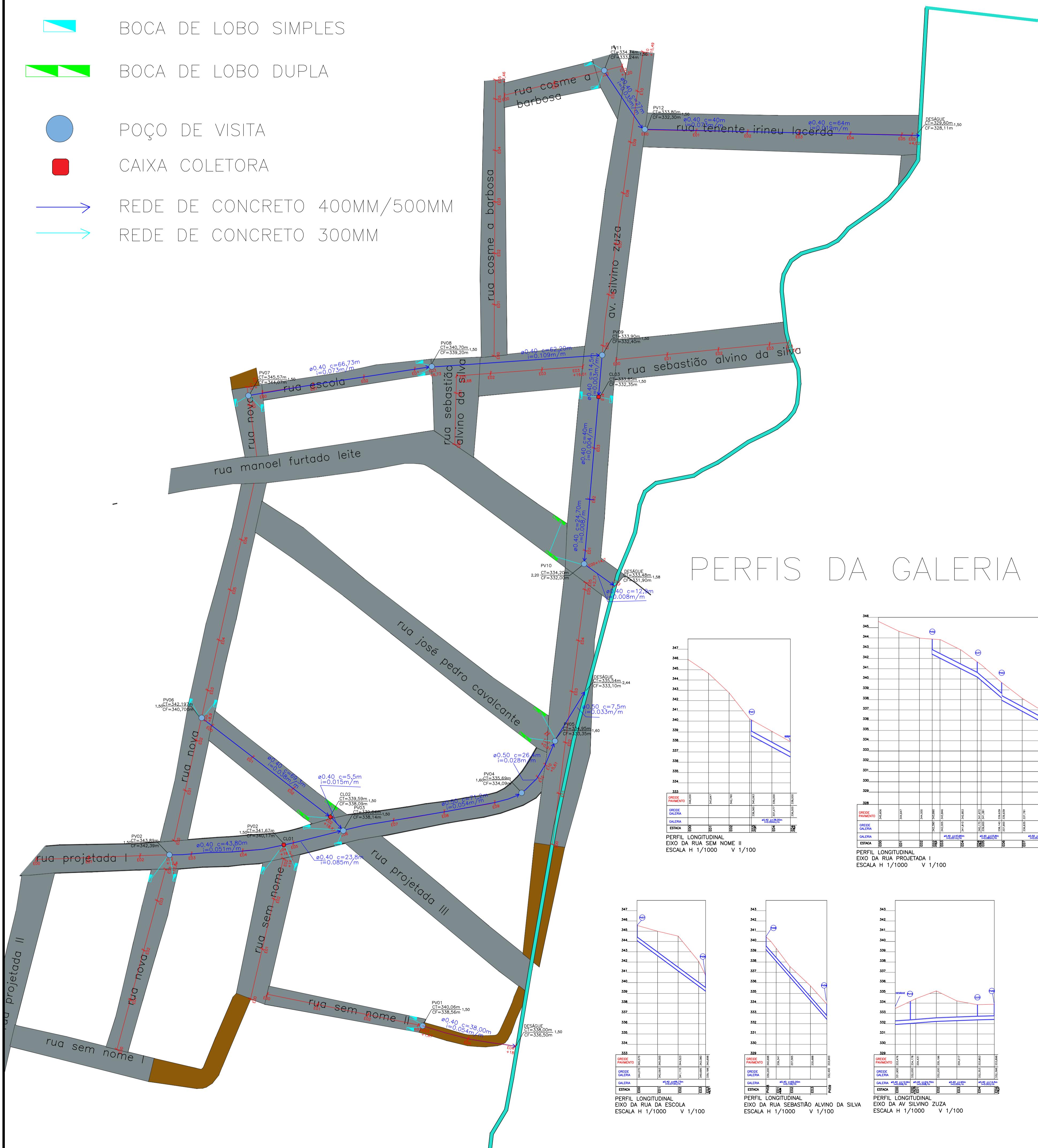




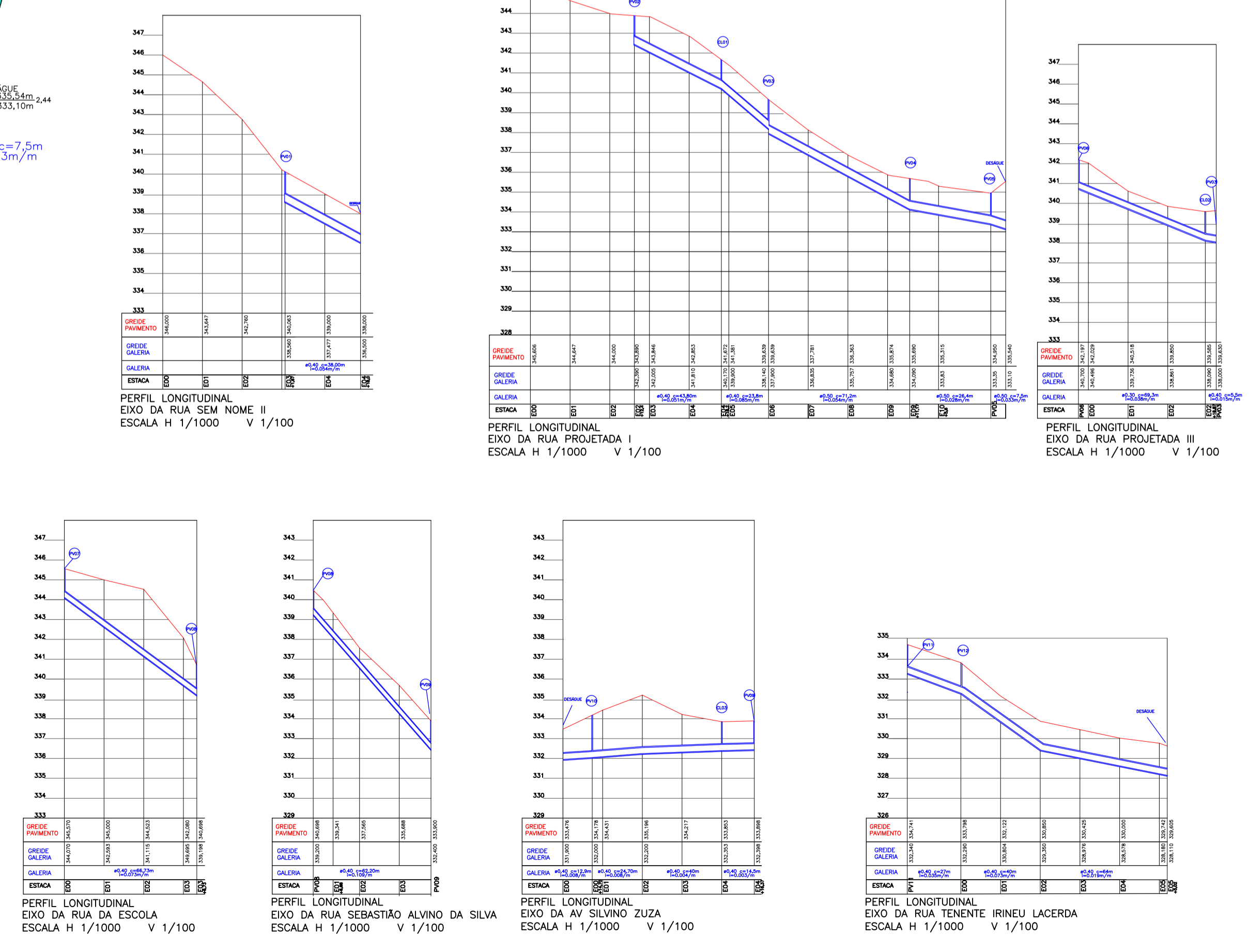
- ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO
- SENTIDO DA CONTRIBUIÇÃO
- SENTIDO DAS RUAS
- CANAL EXISTENTE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE-UFCC			Cidade: CURRAL VELHO PB		
MICRODRENAGEM			Cidade: CURRAL VELHO PB		
ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO			Cidade: CURRAL VELHO PB		
Projeto: M. CELINA S. DINIZ	Copia:	Desenho Nº: 03/04			
Calculo: M. CELINA S. DINIZ	Visto: M. MOISES F. QUEIROZ	Escala: 1:2000			
Desenho: M. CELINA S. DINIZ	Arquivo: PDF	Data: AGOSTO/2022			

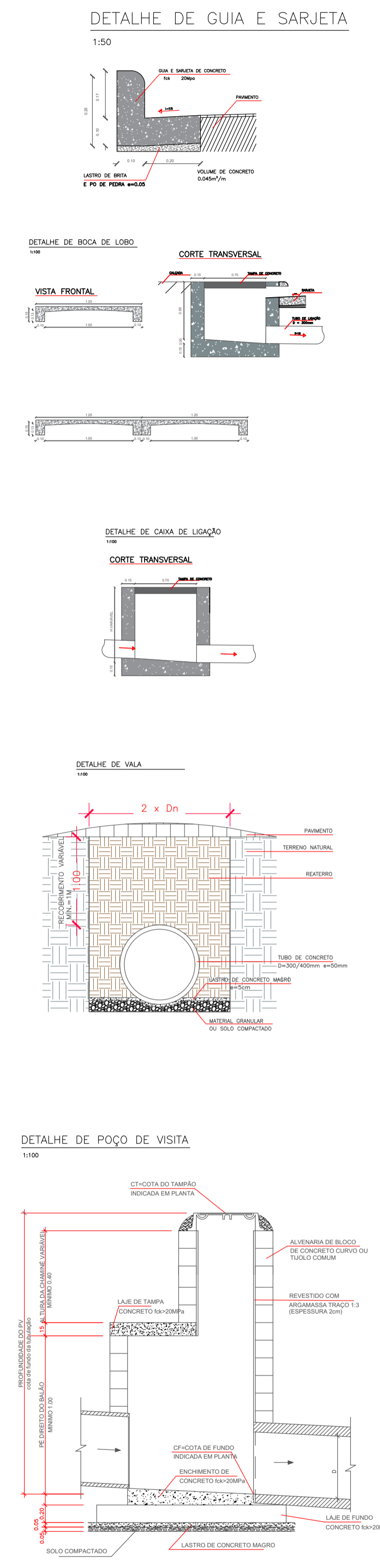
-  BOCA DE LOBO SIMPLES
-  BOCA DE LOBO DUPLA
-  POÇO DE VISITA
-  CAIXA COLETORA
-  REDE DE CONCRETO 400MM/500MM
-  REDE DE CONCRETO 300MM



## PERFIS DA GALERIA



## DETALHES



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE-UFCG			CAMPOS POMBAL		
MICRODRENAGEM			Cidade:		
DISPOSITIVOS E GALERIA			CURRAL VELHO PB		
Projeto:	M. CELINA S. DINIZ	Cópia:		Desenho N°:	04/04
Calculo:	M. CELINA S. DINIZ	Visto:	M. MOISES F. QUEIROZ	Escala:	1:2000 / DISPOSTO
Desenho:	M. CELINA S. DINIZ	Arquivo:	.PDF	Data:	AGOSTO/2022